



HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

XXXVIII. évfolyam

BUDAPEST

1987

4

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

XXXVIII. évfolyam 1987. 4. szám

BHG ORION TERTA MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXXIII. évfolyam 1987. 4. szám

MEV REMIX TKI MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

V. évfolyam 1987. 4. szám

Felelős szerkesztő:

DR. TÓFALVI GYULA

Szerkeszti a szerkesztő bizottság

A szerkesztő bizottság elnöke:

HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:

ANGYAL LÁSZLÓ

MÉREY IMRÉNÉ

SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ

*

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

HTE

Rovatvezető: Mérey Imréné

Csepregi-Horváth Kázmér

Dr. Flesch István

Forintos György

Gál Ferenc

Dr. Prónay Gábor

BHG

Rovatvezető: Angyal László

Tudományos szerkesztő: dr. Frajka Béla

Bernhardt Richard, dr. Eisler Péter,

Fazekas László, dr. Gosztony Géza,

dr. Kerpán István, Klug Miklós,

Laczkó Endre, Sztaiics Ákos

MEV

Rovatvezető: Kászonyi László

Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,

Balogh Albert, Csorna László,

Czermann Mihály, Hidas György,

Huszka Zoltán, dr. Ligeti Róbertné,

dr. Mátrai Géza, dr. Motál György,

Schödl Ervin

ORION

Rovatvezető: Dr. Somogyi András

Tudományos szerkesztő: dr. Frigyes István,

Denk Attila, Froemel Károly,

Nóvik Lajos, Szász Gerő

REMIX

Rovatvezető: Rippel Géza

Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,

Balanyi Szilveszter, Bodnár László,

Kovács Gyula, Mészáros Sándor,

Molnár László

TKI

Rovatvezető: dr. Baranyi András

Tudományos szerkesztő: dr. Lajtha György,

dr. Henk Tamás, dr. Kása István,

Megyesi Csaba, dr. Sárkány Tamás,

dr. Simonyi Ernő

TERTA

Rovatvezető: Bánsághi Pál

Tudományos szerkesztő: dr. Gordos Géza,

Baján Tibor, Benedek Elek, Kovács Oszkár,

Schnürmacher Tamás, Márik Zoltán

*

Szerkesztőségi ügyekben
és kéziratokkal kapcsolatban
felvilágosítást ad: Szöllősi Györgyné.
Telefon: 495-098

ROVATOK

Egyesületi élet
Rendszertechnika
Kapcsolástechnika
Vezetékes technika
Fénytvádközlés
Vezeték nélküli technika
Adástechnika
Vételtechnika
Mikroelektronika
Alkatrésztechnika
Hálózatelmélet
Elektromágneses problémák

ROVATGAZDÁK ROVATTÁRSÁK

HTE	(H)	BEAG	HTV
TKI	(□)	BME	KONTAKTA
BHG	(#)	BRG	KŐPORC
TERTA	(↔)	EMO	KFKI
ORION	(*)	El. Szöv.	M. Posta
MEV	(↑)	FMV	ML
REMIX	(△)	GAMMA	MM
		HTSZ	MFKI
		HAGY	TUNGSRAM

TARTALOM

DR. TÓFALVI GYULA: Úgy gondolom	145
HANS RAINER SCHUCHMANN: Információtechnika — a fejlesztés perspektívái és ennek kihatása a gazdaságra és a társadalomra.....	146
PETER BOCKER: Kommunikációs és információs technika az ISDN- ben, a jövő hírközlési hálózatában.....	151
H. BAUER: A 64 kbit/s-os ISDN-től a szélessávú ISDN-ig	157
JOACHIM CLAUS: A Német Szövetségi Posta (DBP) útja a kísérleti üzemen át a 64 kbit/s-os ISDN-hez és a szélessávú ISDN-hez.....	160
HANS MARKO: Képfeldolgozás többdimenziós rendszerelmélet segít- ségével	167
DR. JOHANN BÖHME: Integrált CORDIC-bázisú jelprocesszorok és al- kalmazásuk	172
ERNST LÜDER: Áramkörök gyártási kihatásának és jellemzőinek optimalizálása toleranciaközpontosítás segítségével.....	178
DIETRICH BECKER: Az ISDN megvalósítása és alkalmazása	184
Tartalmi összefoglalások.....	190

Úgy gondolom



Úgy gondolom, hogy ma már, közös ünnepnek számít minden

VDE—HTE—MEE

találkozó, mind a német, mind a magyar szakemberek számára, tekintet nélkül arra, hogy azt valamelyik német városban, vagy Budapesten rendezik.

A több évtizedes kapcsolat, különösen az utóbbi tíz esztendőben fejlődött és reméljük, hogy a Budapesten, 1987. májusában sorra kerülő VDE-napok is tovább gazdagítják ezt a kapcsolatot.

Tudományos Egyesületünk VDE-kapcsolatának fejlődése Dr. Almásy György professzor főtítkárságának idején bontakozott ki igazán és fejlődött arra a szintre, amelyen a szakemberek már kölcsönösen megtalálják a közös gondolatot és amelyben hosszútávra szóló emberi kapcsolatok születhetnek.

Ezt a tradíciót szeretnénk folytatni és tovább fejleszteni. Ezért Szerkesztőbizottságunk úgy döntött, hogy HÍRADÁSTECHNIKA című tudományos folyóiratunk mostani számát, teljes terjedelemben a VDE-napokon elhangzó előadások tartalmának közreadására szánja azzal a reménnyel, hogy ezzel is sikeresen tudjuk segíteni azt a közös ügyet, amely a tudományt és a népek közötti barátságot szolgálja.

Dr. Tófalvi Gyula
főszerkesztő

Ich denke so

Ich denke so, dass die Veranstaltungen

VDE—HTE—MEE

gemeinsamen Fester gelten, sowohl die deutschen, als die ungarischen Fachleuten, unabhängig davon, dass es in der Bundesrepublik Deutschland, oder in Budapest organisiert wird.

Die seit mehreren Jahrzehnten bestehenden Beziehungen entwickelten sich — besonders im letzten zehn Jahren und wir sind in der Hoffnung, dass die in Budapest in Mai, 1987 kommende

VDE-Tagung

wird auch diese Beziehungen weiter bereichern.

Die Entwicklung der VDE Beziehung unserer Wissenschaftlicher Vereinigung hat sich während der Tätigkeit von Generalsekretär Prof. Dr. Gy. Almásy emporgebracht, und entwickelte sich auf dem Niveau, wo die Fachleute schon die gemeinsamen Gedanken finden und wo anhaltende menschliche Verbindungen geboren können.

Wir möchten diese Tradition fortsetzen und weiterentwickeln. Darum hat unser Redaktionsausschuss auf die Entscheidung gekommen, dass die gegenwärtige Nummer unserer Fachzeitschrift „HÍRADÁSTECHNIKA“ („NACHRICHTENTECHNIK“) wird im ganzen Volumen die Vorträge der VDE -Tagung enthalten mit der Hoffnung, dass wir unsere gemeinsame Angelegenheit fördern können. — So wird es doch den Wissenschaft und der Völker-Freundschaft auch dienen.

Dr. Gy. Tófalvi
Chefredakteur

Információtechnika — a fejlesztés perspektívái és ennek kihatása a gazdaságra és a társadalomra

HANS-RAINER SCHUCHMANN
Siemens AG, München



Összefoglalás:

Jelenleg két, mindeddig távoli és különálló műszaki fejlesztési irányvonal fut össze: az adatfeldolgozás és a híradástechnika. Szintézisükből egy új, átfogó terület keletkezik, amelyet „információtechnika” elnevezéssel fogunk illetni. Ennek alapvető technológiai, rendszertechnikai koncepciói és alkalmazásai kapcsolatban állnak mindkét származási területtel. Ma kiindulhatunk abból, hogy az információtechnika messzemenően rá fogja nyomni a bélyegét a jövő ipari társadalmára. Az előadás áttekintést ad a jövő elképzelt „információs társadalmának” műszaki, gazdasági és szociális vonatkozásairól.

A jelenben tanúi lehetünk két, egyelőre messzemenőleg sajátos fejlesztési vonal összefutásának: az egyik az adatfeldolgozás, a másik a híradástechnika. Szintézisükből egy új, átfogó terület áll elő, amelyet „információtechnika” megjelöléssel kívánunk illetni. Ennek alaptechnológiai, rendszertechnikai koncepciói és alkalmazásai magukon viselik mindkét származási terület jellemvonásait. Ma kiindulhatunk abból, hogy az információtechnika messzemenően rá fogja nyomni a bélyegét a jövő ipari társadalmára. Az előadás áttekintést ad egy perspektívájában elképzelt „információs társadalom” műszaki, gazdasági és társadalmi vonatkozásairól.

1. Az információtechnika mérföldkövei

A mai információtechnika gyakorlati kezdetei a korai 60-as évekre nyúlnak vissza. A második világháború vége felé megjelenő első számológépekből, amelyek igen megbízhatatlan, rendkívül drága műszaki monstrumok voltak, folyamatos fejlődéssel megbízható, kereskedelmileg eladható termékek alakultak ki. Ehhez járult még, hogy a tiszta „számológépekből”, amelyek csak számokkal tudtak bánni, kialakult a „számítógép” (computer) mint univerzális jelfeldolgozó gép. Ezzel egyidejűleg az a kérdés, vajon a jövő az analóg vagy a digitális számítógépeké lesz-e, egyértelműen az utóbbiak javára dőlt el.

Arra az időre a berendezéseken túlmenően még a lényeges elvi alapokat is kidolgozták: megszületett az operációs rendszer gondolata, létrejöttek az első használható programnyelvek, és az ezeken megírt programokat gépi úton le lehetett fordítani; közkeletűvé váltak az olyan fogalmak, mint

Hans-Rainer Schuchmann a Münchener Műszaki Egyetemen végzett. Tanulmányainak 1963-ban történt befejezése óta a Siemens cégnél dolgozik. Itt először folyamattípusú számítógépek periféria-vezérlésének fejlesztésével, majd kommersziális rendszer-szoftver fejlesztéssel foglalkozott, többek között egy PL/1 fordítóval kapcsolatban. Közreműködött a PL/1 szabványosításában is az ECMA keretében. A továbbiakban szoft-

ver-mérnöki munkát végzett. 1975 óta tevékenységének súlypontját a modern számítógép-architektúrák kutatása képezi a nagy- és legnagyobb számítógépektől egészen a decentralizált munkahelyekig és a személyi számítógépekig. 1983 eleje óta a kutatási és műszaki terület vezetésének tanácsadójaként tevékenykedik. Tagja az ACM-nek, az IEEE-nek, a Computer Society-nek, a GI-nek; tisztségeket visel az IFIP-nél.

az adatrendszer és az adatbank. Ehhez járult még a számítógépek legfontosabb architektúra-elemeinek feltalálása — a „virtuális címzés”, a „cache” mint gyors átmeneti tároló, valamint a mikroprogramozás. Végül azt is belátták, hogy a mindig újonnan kialakított egyedi gépek helyére hosszú távra kidolgozott kompatibilis számítógép-családoknak kell lépniük, hogy ezáltal a folyamatosan és robbanásszerűen növekvő szoftverigényekkel lépést lehessen tartani.

Mindez azonban még csak adattechnika volt. Az információtechnikához vezető utat az jelezte, amikor a 70-es évek vége felé elkezdődött az adattechnika és a híradástechnika összeolvadása. A híradástechnika már száz esztendővel ezelőtt kezdetét vette a távíróval. Ehhez jött később a telefon, a telex, a facsimile-átvitel, a rádió és a televízió, az átviteltechnika és a többi. A híradástechnikára az volt a jellemző, hogy különböző megjelenési formái messzemenően eltérő sajátosságokkal rendelkeztek, valamint egymás mellett fejlődtek ki. Ennek az volt a következménye, hogy bár — önmagában véve — sok jó, egyedi műszaki megoldás alakult ki, ezek azonban alig kombinálhatók egymással. Az adattechnika lehetővé tette, hogy ezeket a történelmileg kialakult fejlődési vonalakat egy új technológiai szinten egyesítsék, s emellett az adattechnika és a híradástechnika mindegyikének sajátos világából származó műszaki-mérnöki jellegű tudásból teljesen különböző jellegű hozzájárulások keletkezzenek.

Az adattechnikából erednek mindenekelőtt az információ tárolásának, szervezésének és feldolgozásának eljárásai. Technológiai újdonság elsősorban a szoftver közege mint olyan, amely az elektronikus kapcsolásokkal — a hardverrel —

*Fordította: dr. Molnár László
Elhangzott az 1987. V. 6—7-én tartott VDE-konferencián.*

kombinálva minden információtechnikai rendszer realizálásának alapjait képezi. Egyenrangúságuk, sőt a szoftver és a hardver egymás közötti kölcsönös kicserélhetősége újdonságot jelent az elektronikában. A hagyományos képzettséggel rendelkező mérnök számára eleinte ez nagyon idegenül hatott, elsősorban a szoftver sajátos törvényszerűségei miatt. Itt keresendő az adattechnika, illetőleg az információtechnika bizonyos mértékű megtorpanásának háttere. A kommunikációs oldal az információtechnika mindenekelőtt a nagy hálózatok felépítésének elvével és gyakorlatával járult hozzá. Ehhez jönnek még azok az eljárások, amelyek az ilyen hálózatokban való hatékony és biztonságos továbbításra szolgálnak. Továbbá még annak ismerete is, mennyire elkerülhetetlen a hosszú távú és világméretű összhang egy információs rendszer alapelvei és összetevői között. A műszaki szabványok érvényesítése itt kezdettől fogva meghatározó szerepet játszott.

2. A technológiai bázis

Felmerül a kérdés, hogy két ilyen, egymástól olyannyira különböző terület szintézisének mi volt a hajtóereje, vagyis az információtechnika kialakulásának alapja, mindenekelőtt a számítógép és a számítógép környezetének fejlesztése. Jelenti ez egyrészt magát a számítógéptechnikát, másrészt a digitális jelfeldolgozási technikát, a mikroelektronikát, továbbá újabban az optikai híradástechnikát — mindezeket egymással szoros kölcsönhatásban.

Mérnöki értelemben a számítógéptechnikának mindenekelőtt két gyökere van. Az első programozható számológépet a világon — amint azt jelenleg általánosan elfogadják — 1941-ben állították üzembe a Német Légiközlekedési Kutató Intézetnél. Ezzel kísérletképpen repülőgépek szárnyprofilját akarták számítani. A gép konstruktőre és üzemeltetője Konrad Zuse volt, aki ma 77 évesen Bad Hersfeld környékén él. Úttörő fejlesztésével azonban Zuse alig talált annak idején megértésre és visszhangra. A számítógéptechnika másik gyökere Neumann Jánosig nyúlik vissza, aki Budapesten született, később Németországban, majd a 30-as évektől kezdve az USA-ban élt. Az ő széles látókörének, a technikai alapelvek általa történt világos kifejtésének, valamint az ő befolyásának, — mint tudományos tanácsadónak az 1945 utáni amerikai kutatási politikára — volt köszönhető, hogy a programozható számítógép olyan gyorsan érvényesülhetett, a kezdeti években felmerült óriási technológiai problémák ellenére. A számítógép alapvető újdonsága a régebbi automatákkal szemben abban áll, hogy adatokat képes tárolni és ezeket előírt program szerint feldolgozni. Az ilyen adatok eleinte csupán számértékek voltak: innen származik a „számológép” fogalma is. Mindenesetre már Zuse felismerte, hogy a számértékek tulajdonképpen csupán egy különleges esetét képezik a jelek egészen általánosan vett fajtáinak. A digitális jelátvitelt a kommunikációtechnika mára XIX. századi kezdeteinél, az elektromos távírónál is ismeri. Emellett azonban a

távbeszélő rendszer teljesen más: analóg módon keletkezett, aminek megvolt a maga jó oka. Ugyancsak analóg módon működik még ma is a műsorszórás, tehát a rádió és a televízió, bár időközben a különlegesen értékes zenei felvételeknél már digitális technikát szoktak alkalmazni. Az adattechnikában az analóg és a digitális gépek kezdeti egymásmellettisége után viszonylag hamar a digitális technika túlsúlyba kerül. Ennek oka nem csupán a digitális számolóeszközök nagyobb — elvileg korlátlan — számítási pontosságában rejlik. A digitális adattechnika mindenekelőtt lehetőséget ad arra, hogy a programokat ugyanolyan módon tápláljuk be a számítógépbe és ott ugyanolyan módon kezeljük, mint az adatokat. Ez megint csak előfeltétele annak, hogy programokat gépi úton állíthassunk elő és futtathassunk, amin végső soron az egész szoftvertechnika alapul.

A digitális technika mindenesetre költséges, és ennél fogva még hosszú ideig sok elképzelhető felhasználása költségokok miatt nem jöhet tekintetbe. Az áttörést a mikroelektronika hozta magával: egész kapcsolási komplexumoknak messzemenően automatizált tervezési és kivitelezési folyamatok keretében történő miniatürizálásának és igen olcsó előállításának lehetőségével. Ilyen, „chip”-nek nevezett nagy integráltságú építőelemek ma például fél négyzetcentiméternyi aktív felületen negyedmillió bitet képesek tárolni — ez kerekén 15 teleírt gépelt oldalnak felel meg —; rövidesen pedig ennél valamivel nagyobb chipfelületen már 60 oldalnak lesz helye.

Egy chipnek azonban semmiképpen nem kell mindig feltétlenül egy tároló építőelemének lennie. Így a 70-es évek közepe óta mikroprocesszorok valósággal robbanásszerű mennyiségben kerültek piacra. A mikroprocesszor mindenekelőtt két területen képez határozottan mérföldkövet a digitális technika alkalmazásában, amelyek végül is a mai információtechnika magját képezik. Az adattechnikában mindez a személyi számítógépekhez vezetett, tehát az információfeldolgozás decentralizálásához és népszerűsítéséhez. A kommunikációtechnika a mikroprocesszorok tömeges alkalmazásával sikerült a költségkorlátot áttörni, és ettől kezdve a digitális átviteli és elosztó rendszerek gazdaságossá váltak.

Amellett, hogy ezek az építőelemek időközben szabványosítva lettek, a nagy integráltságú kapcsolóáramkörök az alkalmazás-specifikus építőelemek területén különösképpen a jövő szempontjából jelentősek, mindenekelőtt a digitális kommunikációtechnika vezető irányzatán keresztül. A digitális kommunikáció rendelkezik azzal a nagy előnnyel, hogy a formalizálható információ minden fajtáját egységesen lehet előállítani, feldolgozni és továbbítani: a vezérlőjeleket és a számértékeket, az írott szöveget és a vonalas ábrákat (grafikát), a beszélt nyelvet és a zenét, az álló- és mozgóképeket.

A mikroelektronika az információtechnika újabbán még egy másik helyen is új és növekvő szerepet játszik: az elektronika és az optika met-

széspontját képezi. Ismeretes, hogy az átvitel-technikában hosszú távon a fényvezetők nagymértékben alkalmazhatók. A rézkábelekkel szemben előnyük a csekélyebb térfogat nagyobb sáv szélesség mellett, párosulva kiemelkedő átviteli tulajdonságokkal és elhanyagolható zavarhatóságokkal, valamint az illetéktelen „lehallgatók” elleni sokkal nagyobb biztonsággal. Az optikai jeleknek mindazonáltal megvan az a szépséghibájuk, hogy ma még sem közvetlenül erősíteni, sem feldolgozni nem lehet őket. Ehhez az optikai közegről elektromos közegre kell áttérni. Az optoelektronikai építőelemek a mikroelektronikának egyik részterületét képezik. Ezeknél nem a logika bonyolultsága, hanem a kapcsolási sebesség (bit-rate) áll az előtérben. Itt — az optoelektronikai sajátosságok miatt — a szilícium helyén más anyagok, mindenekelőtt a galliumarzenid játssza az uralkodó szerepet.

A mikroelektronika egyes vonatkozásait fő alkalmazási területének, az információtechnikanak a szempontjából világítottam meg. Emellett a digitális technika mindig csekélyebb villamos teljesítményfelvétellel jár. A mikroelektronika teljes spektruma természetesen ennél sokkal szélesebb: ide tartoznak a teljesítmény-felvezetők, az analóg mikroelektronika, és nem utolsósorban az érzékelő (szenzor) építőelemek, valamint a mikromechanikus építőelemek. Az előállítás technológiája azonban elvben mindig azonos.

Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy az információtechnika említett négy technológiája — a számítógéptechnika, a digitális jelfeldolgozási technika, a mikroelektronika és az optikai hírközlélmélet — nagyfokú érettséget ért el az alkalmazásokban; anélkül, hogy továbbfejlesztésük határainak jelei mutatkoznának. A számítógéptechnikában a további teljesítménynövelés érdekében újfajta, nagymértékben párhuzamos gépek kifejlesztésén dolgoznak. A programok feldolgozása tekintetében, architektúrájukban lerögzített új stratégiák képezik az ún. „nem Neumann-típusú gépek” magját. A digitális jelfeldolgozási technikanak lényeges súlypontja van a kódolási eljárásoknál az átviteli sáv szélesség jobb kihasználása érdekében, például a képátvitelnél. A mikroelektronikában közelítenek az egy mikrométer alatti struktúrafinomsághoz, ami százszor nagyobb finomságot jelent egy emberi hajszálnál — ami által egy adott chipen a funkciók még nagyobb fokú integrációja érhető el. Az optikai híradástechnika mindenekelőtt szélessávú elektro-optikai erősítőkön dolgozik. Mindentösszevéve a következő években nem csupán bizonyos mértékű innovációval lehet számolni, hanem a dinamikus növekedés ütemének fennmaradásával — ha ugyan nem további emelkedésével — az alkalmazások és a piac területén.

3. Az információtechnika forrásvidéke

Az információtechnika hatása a gazdaságra, továbbá hosszabb távon társadalombefolyásoló hatása is szoros összefüggésben van a benne kirajzolódó három fő alkalmazási területtel. Ezek a

következők: először is egy egységes és nyilvános távközlési hálózat megteremtése és kiépítése („a jövő hálózata” — „network of the future”). Másodszor: új integrációs és hálózattá szervezési lehetőségek a gyártásban — jelszó: „a jövő gyára” („factory of the future”). Végül és harmadszor a tevékenységek széles spektrumának integrációja az irodai munkában — jelszó: „a jövő irodája” („office of the future”).

Az ISDN műszaki alapelveivel a VDE Napok más előadásai során már foglalkoztak, itt ezért csupán két címszót kell megemlíteni, amelyek körül a tulajdonképpeni innováció lejátszódik. Az ISDN egy tisztán digitális hálózat lesz, és ezen a technológiai alapon valósul majd meg a különböző hírhordozók — vagyis a beszéd, az adatok, a kép és a vezérlő információk — integrációja. A tiszta transzportfunkciókon kívül az ISDN további ún. többletszolgáltatásokat is rendelkezésre bocsát, illetőleg közvetít. Széles skálája adódik itt az elvileg elképzelhető lehetőségeknek, egészen az automatikus beszéd fordításig (tolmácsolásig) a nemzetközi telefonhálózatban. Mindazonáltal elsősorban a tényleges piaci kereslettől függ, miképpen valósul majd meg a fejlesztés.

„A jövő gyára” dolgában egy rendkívül széles körű és igen rugalmas gyártástechnológia koncepciójáról van szó. A rugalmas gyártástechnológia célkitűzése: egy gyár tervezési és irányítási folyamatait egymással lehetőség szerint megszakításmentesen összekapcsolni. Amiről itt szó van, az mindenekelőtt a „gyártás-érett” termékfejlesztés, a megrendelés-feldolgozás, valamint az üzemirányítás „folyamat-lánccá” történő összekapcsolása. Mindezek együttesen viselik ma a „számítógéppel integrált gyártás” („computer integrated manufacturing” — CIM) elnevezést, illetve rövidítést. Ezen integráció által a termelés rugalmasságának magasabb fokát kell elérni, még rövidebb átfutási idővel, valamint változatlanul maradó gyártási minőséggel egyidejűleg. Dacára annak, hogy a robotok alkalmazását a nyilvános vitákban különösen sűrűn ki szokták hangsúlyozni, ez csupán részaspektusát jelenti valamely gyártási folyamat teljes komplexitásának.

Az információtechnika harmadik nagy felhasználási területén, az irodatechnikában jelenleg egy rendkívül heterogén területtel állunk szemben, ahol az egyedi készülékek legkülönbözőbb típusai fordulnak elő. Ezeket sokszor csak kevéssé hatékonyan lehet összekapcsolni, amennyiben ilyen összekapcsolás egyáltalán lehetséges. A jövőben ezek helyett többfunkciójú munkahelyi állomásokot fognak alkalmazni, amelyek házon belüli („inhouse”) hálózatokon keresztül lesznek egymással összekapcsolva. A Siemens által kifejlesztett HICOM kommunikációs rendszer egy példát ad a legkülönbözőbb fajta készülékek változatos összekapcsolási lehetőségeire. Az ilyen irodai architektúra különleges ismertetőjegye a funkcionális kompatibilitás: egyrészt kifelé az ISDN-en át, másrészt befelé busz-hálózatok — helyi hálózatok, LAN („local area network”) — és hálózatba kapcsolt számítógépek segítségével.

4. Információtechnika mint gazdasági tényező

Amennyiben megkíséreljük az információtechnika fogalmának ilyesfajta körülhatárolását a piacméretek és a piac növekedése számszerű adatainak segítségével, akkor nagyjából a következő kép alakul ki. Az egész nyugati világ elektronikus piaca 1984 és 1994 között nagyjából 1000 milliárd nyugatnémet márkáról 2000 milliárd nyugatnémet márkára fog megkétszereződni. Ezen belül az információtechnika eredeti 50%-os részaránya 75%-ra fog emelkedni. Ez annyit jelent, hogy az információtechnika piaci volumene önmagában véve körülbelül megháromszorozódik. Ez a drámai fejlődés kétségkívül nagy kihívás az elektronikus ipar felé.

Ennek a kihívásnak egy egészen lényeges aspektusa abban áll, hogy az információtechnika forrásvidékének minőségi és mennyiségi kiszélesedésével együtt a szoftver iránti igény tetemesen növekedni fog. A szoftver összpiaça (a nyugati világban) jelenleg körülbelül 60 milliárd nyugatnémet márkát tesz ki, amiből a Német Szövetségi Köztársaságra 4—5 milliárd esik. A 2000-ik esztendőig az összpiaçnak több mint 10-szeresére történő emelkedése várható, hasonló érvényes a [nyugat] német szoftverpiaçra is. Emellett figyelembe kell venni, hogy ez csupán a piaci jellegzetességgel bíró (piaçon forgalmazott) szoftvervolumen jelent. Ehhez járul még a nagyobb felhasználók és nagyobb gyártók által saját igényeik kielégítése céljából kifejlesztett hányad. Ezt a „fogyasztói piacot” („*captive market*”) az előbbinek 2—3-szorosára becsülik. Ennélfogva például egyedül a Német Szövetségi Köztársaságban jelenleg a valóságos szoftverigény 20 milliárd márka nagyságrendbe esik. Ami itt szoftverként papír és mágneses adathordozókon rögzítve rendelkezésre áll, az a bruttó belföldi nemzeti termék csaknem 2%-ának felel meg. Ebben az összehasonlításban világos, hogy a kiváltképp az anyagi javakra vonatkozó index-számok, amelyekkel a múltban egy népgazdaság potenciálját értékelték, időközben nem maradtak teljes mértékben érvényesek.

Manapság a szoftver tervezése, előállítás és karbantartása — dacára a jelentékeny módszertani fejlődésnek és teljesítőképes segédeszközök használatának — az eddigiekhez hasonlóan sokkal inkább kézműves, semmint ipari módszerekkel folyik. Ez nem annyira a szakemberek korlátozott képességeinek tulajdonítható, mint az anyag — a szoftver — sajátos törvényszerűségeinek. A szoftver tehát belátható ideig drága termék marad.

A mikroelektronikával egyidejűleg a felhasználói szoftver területén valósággal robbanásszerű diverzifikálás játszódik le. Minden folyamatirányító mikroprocesszor, minden munkahelyi (asztali) számítógép vagy személyi számítógép, minden többfunkciójú terminál — felhasználó-specifikus szoftvert igényel. A gyakorlatban egyetlen alkalmazás sem teljesen azonos egy másikkal — a végfelhasználó szempontjából semmi esetre sem. Ez azt jelenti, hogy a rendszerszoftvertől eltérően az alkalmazói szoftver csak nagyon korlátozott

módon használható fel többszörösen. Itt ezért fokozott mértékben kell a szakértelmet esetspecifikusan bevetni.

Csupán mellékesen említendő meg, hogy a szoftver egyre nagyobb jelentőségével egy sor jogi kérdés merül fel, melyek túlmutatnak a műszaki kérdéseken. Itt van a tulajdonjog nehéz kérdése, mind a programokra, mind az adatokra vonatkozóan. Az anyagi javakra érvényes jogi normák nem alkalmazhatók itt megfelelőképpen, és azok a normák sem, amelyek a nyomdai termékekre vonatkoznak. Egy másik jogi probléma a szoftver végleges átvételének kötelezettsége. Ugyanolyan nehéz valamely szoftver teljesítőképességének ismeretőjegyeit precízen és tökéletesen előírni, mint a későbbiek során a teljesítményelőírások betartásának felülvizsgálatát végrehajtani. Végül is lényegében a szoftvernél a számítógéprendszerekhez való engedély nélküli hozzáférés elleni védelemről van szó, tehát arról, amit adat- és programbiztonságnak lehet nevezni. A hitelbiztosító részvénytársaság nemrégiben megjelent közleménye szerint a számítógépes bűncselekményekből származó kár összege időközben milliókra emelkedett. A készpénz nélküli fizetési forgalom emelkedése, valamint a pénzautomaták használata nagy biztonsági követelményeket állít a műszaki berendezések elé. A számítógép biztonságának problémája a jövőben még sokkal intenzívebben fog bennünket foglalkoztatni, mint az eddigiekben.

Anélkül, hogy ezekben a kérdésekben mélyebben elmerülnénk, mindez elvezet bennünket az információtechnika általánosabb társadalmi összefüggéseire és következményeire.

5. Az információs társadalomhoz vezető úton

1970 körül sok szó esett a Harvard Egyetemen működő szociológus, Daniel Bell könyvéről. Ebben alakította ki a hosszú távon elvárható ipari társadalom struktúrájára az „*ipar utáni társadalom*” („*post-industrial society*”) — vagy „*iparosítás utáni társadalom*” — fogalmát. Ebben — Bell szerint — a gazdaság másodlagos tartománya folyamatosan veszít jelentőségéből egy új, axiális elvű társadalmi szervezet javára, amelyre elsősorban már nem a „*termelés*” tényezője, hanem az „*információ és tudás*” tényezője nyomja rá bélyegét. A tudás mint az irányítás eleme, a tudás mint a kereskedelmi forgalom tárgya, a tudás mint tulajdon, a tudás, amely gyárt, közvetít, átalakít és amelyet fogyasztanak és amelynek ezen momentumok által kialakul szabályos árujellege. Mindezek — mondja Bell —, bár alapvetően nem újdonságok, azonban minőségileg új dimenziót nyernek. A társadalmi szerkezetből — tehát a gazdaság, a technológia és a szakmai tagozódás által — fog egy új átalakító a politikai rendszerre kihatni, és így végül is egy „*ipar utáni kultúrát*” létrehozni.

Daniel Bellnél olvasva ezeket a gondolatokat, mindez még igen elvontnak és akadémikusnak látszik. Mégis, egy fél évtizeddel később — gyorsabban, mintsem várni lehetett volna — az újonnan kibontakozó „*ipar utáni társadalmat*” mint „*infor-*

mációs társadalmat" lehet pontosabban diagnosztizálni. Mindazonáltal nem szabad félreérteni az ilyen szociológiai szóhasználatot. Itt semmi esetre sem vetítenek előre egy olyan jövőbeli társadalmat, amelyben az ipar túlélte volna magát. Éppen ellenkezőleg, alapos okunk van azt feltételezni, hogy társadalmunk iparosítása tovább fog gyorsulni.

Egy ilyen magas termelékenységű társadalmat szalagszerű és tömeggyártás nélkül elképzelni, amint azt két másik amerikai, Michael Piore és Charles Sabel egy MIT-tanulmányban megfogalmazták — nem más, mint messzemenő képzelgés. Amit ezzel szemben nagy biztonsággal várhatunk, az abban áll, hogy az emberi munka súlypontja és összgazdasági jelentősége áthelyeződik a szolgáltatás területére, tehát a harmadlagos (tercier) szektorba.

Ezen tényállás számszerűsítésére a Német Gazdaságkutató Intézet (DIW) nemrégiben számadatokat ismertetett, amelyek tekintetbe veszik az információtechnika termékeinek az ipar élenjáró területeire való behatolását, valamint az ennek a technikának az alkalmazásából eredő gazdasági változásokat is. A DIW tanulmányából adódóan a Német Szövetségi Köztársaság teljes bruttó nemzeti termékének 41%-át tette ki az információtechnika részaránya és ez inkább egy alsó határt jelent. Előrelátható az az időpont is, amikor az értéktermelés felét az információs szektorban fogják előállítani. Ennek a szektornak a növekvő jelentősége a foglalkoztatási struktúrában is megfigyelhető. A DIW tanulmánya szerint az információs szakmák részaránya — tehát azok az emberek, akik hivatásszerűen állítanak elő, dolgoznak fel és osztanak el információt, továbbá azok, akiknek dolguk van az információs javakkal és az információs struktúrával — az összes keresőknek mintegy harmadrészét teszi ki; a szolgáltatási szektorban ez a részarány körülbelül kereken 50%-kal magasabb.

Mindez számos vonatkozásban visszahat mind az egyénre, mind a társadalom egészére. Végezetül három aspektust kell röviden megemlíteni.

A jövőben egyre több ember fog a saját szakmájában inkább a dolgokra vonatkozó információkkal foglalkozni, semmint hogy magukkal a dolgokkal foglalkozna. Hozzá fogunk szokni egy új „közvetett valósághoz”, amely írott szövegből áll és amely írástudást kíván meg. Ez közvetlen összefüggésben van a számítógépnek mint jelfeldolgozó gépnek a műszaki alapelvével. Egy ilyen géppel csupán jelek közvetítésével tudunk kapcsolatba lépni. A nyomógombok, kézikerek, kapcsolók, tolózárak, műszerek számlapmutatói és jelzőlámpák sokoldalúsága helyébe a jövőben a meg lehetőségen sztereotíp billentyűzet (tasztatúra) és képernyő fog lépni. A gépeket mind kevésbé fogják közvetlenül beállítani. Ehelyett elő kell írni, hogy a gépek miképp állítsák be saját magukat, és ezt nagyon pontosan és hibátlanul kell csinálni. Így lesz ez majd az ipar és a műszaki élet széles

területén. A fejlesztő laboratóriumban, a tervezőirodában, a kezelőszemélyzetnél és a munkahelyen egyre inkább csak a beszéden mint kommunikációs közegen keresztül lehet intézkedni. Ez kétfajta szempontból érvényes: a vezérlő beavatkozásnál ugyanúgy, mint a megfigyelő ellenőrzésnél. Így tekintve a dolgokat, egyes kultúrfilozófusok rémálmai a „tv-fogyasztás” és a családi számítógépek következményeképpen előálló új írástudatlanságról — alaptalannak bizonyulnak.

Mindenesetre — és ez a második szempont — az egész képzési rendszernek erőteljesen el kell fogadnia az információtechnika témáit. A számítógépes alapismeretek a jövőben részét fogják alkotni az általános képzésnek. Az iskolák és főiskolák minden szintjén szakmai vonatkozású információtechnikai készülékeket fognak beállítani. Amint az a Német Szövetségi Köztársaságban már ma is részlegesen megvalósult — egy bizonyos minimális mértékű szolid informatikai képzés mindenfajta mérnökképzés tantervébe be kell épüljön. Nem utolsósorban magát az információs szakágazatot kell hatékonyabban bevonni az ipari gyakorlatba. Így például nagyintegráltságú áramkörök tervezését lehetetlen megtanulni anélkül, hogy professzionális CAD-rendszerek rendelkezésre ne állnának, és a hallgatók által elkészített gyakorló terveket egy ipari gyártósoron elő ne állítanák. A Siemens jelenleg — egy kb. 15 főiskolával és egyetemmel folytatott kooperációs projekt keretében — kereken 20 millió nyugatnémet márkát fordít erre. Az információtechnika — és különösképpen a CAD — azonban nem vezet ahhoz, hogy az ipari társadalomban megszűnjön a munka.

Minden erre vonatkozó tanulmány nyilvánvalóvá teszi, hogy a technológizálás, a termelésnövekedés és a munkahelyfejlesztés sokkal komplexebb módon függenek össze egymással, mint ahogy azt mostanáig feltételezték. Mindazonáltal egy „információs társadalom” munkaerőpiacának struktúrája másképpen fog alakulni, mint a mai „termelő társadalomé”.

Végére és harmadjára érvényes az a meggondolás, hogy az információtechnika nem más, mint egy infrastruktúra-technika. Az infrastruktúrák egy társadalomnak nem csupán belső életét befolyásolják, hanem a társadalmak egymás mellettiségére és együttélésére is tartósan hatással vannak. Az iparosítás XIX. századi története ezt nagyon nyilvánvalóvá tette. A távíró és mindenekelőtt a vasút nem csupán távolságokat hidaltak át, hanem lehetlenné tették olyan hagyományos intézményeket is, mint például az út- és a hídvár; kiszélesítették a tudás horizontját, és együttműködést követeltek az addig áthághatatlan tartott határokon át. A mai helyzetre átfordítva ez annyit jelent, hogy például az ISDN-nek csupán akkor van értelme, ha az egész világra kiterjed, vagyis ha a határokon átlépve működik. Tehát mindnyájan — a vasút, a telefon és a repülőgép után — az információtechnika következményeképpen újfent szorosabban fogunk összekapcsolódni.

Kommunikációs és információs technika az ISDN-ben, a jövő hírközlési hálózatában

PETER BOCKER
Siemens AG



Összefoglalás:

A jövő kommunikációs hálózata az alábbi jellegzetességekkel rendelkezik:

- teljesen digitális
- integrált szolgáltatású
- alkalmas a nyílt kommunikáció számára.

A jövő kommunikációs hálózatának műszaki koncepcióit a CCITT és más nemzetközi szabványügyi szervezetek rögzítették. Az alapot az ISDN, az integrált szolgáltatású digitális hálózat képezi, a szolgáltatások definíciójával, együtt. A cikk a jövő kommunikációs hálózatának műszaki jellemzőit, irodai és otthoni alkalmazási lehetőségeit tárgyalja.

1. Felhasználók követelményei a kommunikációs és információstechnikában

Társadalmunk egyre inkább egy hatékony, a világot átfogó információcserére törekszik, a követelmények pedig a kommunikációs és információs technikával szemben állandóan emelkednek: A technikának lehetővé kell tennie az egyéni kommunikációt az emberek közötti különböző kommunikációs formákban, mint beszéd, szöveg, kép, egészen a mozgóképig, valamint az embereknek központokban tárolt információkhoz való hozzáférését. A technikai rendszerek közötti információcsere (pl. információ-feldolgozó berendezések között) is a kommunikációs technika feladata.

A kommunikációs és információs technika, azaz az információ-átvitel és -feldolgozás egyre inkább összeforrnak. Annak a feltétele, hogy a jövő távközlési hálózata és ennek szolgáltatásai sikeresen megvalósuljanak az, hogy mind a kommunikációs technika, mind az információs technika mindinkább figyelembe vegye az összes információfajtát, azaz az adatokon és szövegen kívül a beszédet és a képeket is. Erre az igény elsősorban az irodagépesítésből és a hozzákapcsolódó irodai kommunikációból származik. A munkahelyeken a dokumentumok integrált továbbítását és feldolgozását, ideértve szövegeken kívül grafikákat, fényképes ábrázolást és beszédet, sokfunkciójú adatvégberendezések vagy személyi számítógépek nyújtják, ésszerű költségek mellett. A későbbiekben ezekhez társulnak a magán szféra hasonló igényei.

Egy áttekinthető, a felhasználó számára barátságos, alkalmazásorientált és — a nagyon különböző alkalmazások ellenére — egységes előfizetői interfész nagy figyelmet igényel. A szolgáltatások

PETER BOCKER
Okleveles fizikus, a természettudományok doktora. 1960-tól a SIEMENS AG Híradástechnikai Központ Laboratóriumában dolgozik, 1970-től az Adatátviteli osztály veze-

tője. 1980 óta a Tervezési Szakosztály vezetője. 1963 óta az NTG tagja, 1984 óta az ISDN alkalmazások szakbizottság vezetője, 1984 óta az NTG elnökségének tagja. IEEE senior tag 1986 óta.

széles körű kínálata mellett különösen alapvető és fontos feladat ez az új kommunikációs és információs technika lehetőségei kihasználásának az elterjesztésében, mindenek előtt az „alkalmi” felhasználók csoportjában.

A társadalom követelményeit a jövő kommunikációs és információs technikájával szemben csak akkor lehet hatékonyan és gazdaságosan teljesíteni:

- ha a felhasználó számára „nyílt kommunikációt” tűzünk ki célul, azaz minden kommunikációfajtában kötetlen és problémamentes távközlést;
- ha szükségletorientált szolgáltatások kapcsolják a távközlést a felhasználók messzemenően specializált csoportjaihoz;
- ha a teljes szolgáltatás részét képezik a járulékos szolgáltatások (*added values*), melyek a kényelmet növelik, a kommunikációs lehetőséget javítják és kiterjesztik;
- ha a szolgáltatások és járulékos elemek nemzetközi és nemzeti szabványosítása megteremti az előfeltételt a kitűzött nyílt kommunikációhoz és
- ha a távközlési hatóságok a jövő távközlési infrastruktúráját a szolgáltatásokat integráló, digitális hírközlési hálózat, az ISDN alapján való-sítják meg.

Csak így lehet a kommunikációs és információs technika lehetőségeit a nagy felhasználók mellett a kis és közepes felhasználóknak is elérhetővé tenni, és ez hozza az eszközök és szolgáltatások valódi versenyt.

2. Nyílt kommunikáció célja

A kommunikációs és információs technika alkalmazói egyre inkább kötetlen és problémamentes távközlést követelnek minden kommunikációfajtában. Nem elég, hogy mindenki elérhesse a másikat, hanem mindenki mindenkivel kommunikálni is akar. Így nem csak egy teljesítőképes távközlési hálózatnak kell rendelkezésre állnia a különböző kommunikációfajtákban, hanem ezen kívül a végberendezéseknek is kompatibiliseknek kell lenniük, azaz ugyanannak kell lennie a „nyelvnek”, melyen

Fordította: Koutny Ilona
Elhangzott az 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián.

Világszintű távbeszélőhálózat

650 millió	távbeszélőállomás
12 millió	mellékállomás
210 000	helyi kapcsolóközpont
25 000	helyközi kapcsoló központ
5 milliárd	vonalkilométer földi-, légi- és tengeri kábeleken, valamint rádió-irányokon
20	távközlési műhold és
200	antennaberendezés földi közvetítő állomásokon a nemzetközi kapcsolat céljaira (Intelsat)

ezek a berendezések érintkeznek. Ez a feltétele a „nyílt kommunikációnak”. Különben a hálózatban kommunikációs szigetek jönnek létre — bábeli zűrzavart okozva —, melyek összekötése egyáltalán nem vagy csak nagy ráfordítások árán lehetséges [1].

Nyílt kommunikáció alatt a beszéd-, szöveg-, adat-, képkommunikációs berendezések közötti világszintű, kötetlen kapcsolatot értjük. Ennek az alapját semleges — tehát nem cég- vagy felhasználás-specifikus — csatlakozók és szabályok képezik, melyek meghatározzák a felhasználók hozzáférését a hálózathoz és a hálózati felhasználók közötti kommunikáció formáját. A számítógépek hálózatosításának jelenlegi állapota még nem éri el a létező nyilvános távközlési hálózatokét, ahol a kezdettől fogva megcélzott nyílt kommunikáció következtében, az egész világon több mint 600 millió telefonelőfizető és mintegy 1,6 millió telexelőfizető tud egymással közvetlenül kommunikálni (1. táblázat).

Ez azonban nem elég! A végberendezésekben és azokban a privát hálózatokban, melyekkel a nyilvános hálózatok együttműködnek, a kommunikációs rendszereket értelemszerűen ki kell egészíteni, nem csak nemzeti szinten, hanem az országhatárokon túl is. Ehhez az kell, hogy az összes érintett, azaz hálózatüzemeltetők, előállítók és felhasználók, a „nyílt kommunikáció” közös célját kövessék, és intenzíven dolgozzanak a megvalósításán. Jóllehet az egy igen becsvágyó célkitűzés, de nincs más út, hogy kilépjünk az adatfeldolgozó és -közlő, előállító-orientált speciális rendszerek jelenlegi sokféleségéből, és hogy a kommunikációs és információs technika lehetőségeit, amelyek eddig csak a „nagyoknak” álltak rendelkezésre, a kis és közepes felhasználóknak is elérhetővé tegyük. Az adatállományok legyenek problémamentesen kicserélhetőek a számítógépek között, „üzeneteket” lehessen továbbítani irodai munkahelyek között. Ezenkívül áttekinthető eljárások szükségesek dokumentumok ábrázolására, leolvasására, elérésére stb.; [1].

A nyílt kommunikáció előnyei kézenfekvőek, és megéri, hogy megvalósításukhoz megtegyük a szükséges erőfeszítéseket.

3. Igényeknek megfelelő távközlési szolgálatok

Az igényeknek megfelelő szolgálatokkal a távközlésnek el kell jutni a felhasználók specializált csoportjaihoz, és minden előfizetőnek rendelkezé-

sére kell bocsátani a nyilvános kommunikációs hálózatokon keresztül az alkalmazások sokaságát: beszéd-, szöveg-, adat-, állókép- és később mozgókép-kommunikációt, információlekérdezést is egy „elektronikus telefonkönyvből” vagy „elektronikus szakmai jegyzékből”; a hálózat segítségével lehessen repülőgépre, színházba, étterembe helyet foglalni; hálózatokon keresztül könnyebben lehessen alkatrészeket rendelni; végül ilyen hálózatokon keresztül számlákat le lehessen kérdezni és átutalásokat végrehajtani (1. ábra).

A nagymennyiségű és sokféle alkalmazás ellenére a legtöbb felhasználó számára, aki a szolgálatokat ugyan viszonylag ritkán, főleg mint nem „profi” veszi igénybe, a kezelésnek egyszerűnek kell lennie, a hozzáférésnek és a szolgálatok elszámolásának áttekinthetőnek kell maradni.

A hírközlő hálózatoknak tehát nemcsak az a feladata, hogy a felhasználók között létrehozza a kívánt kapcsolatot, hanem — és ez nagyon fontos — problémamentes kommunikációt kell lehetővé tenniük a felhasználók között, a mindenkori szükségletüktől függően.

Az úgynevezett távszolgálatok, mint az interkontinentális tárcsázással elérhető telefon, telex, teletex, telefax, stb., melyek működéséhez a legkülönbözőbb hálózat-üzemeltetők és -előállítók hálózatai és berendezései járulnak hozzá, csak ilyen megállapodások alapján nyújthatók (2. táblázat). Ezek a megállapodások kiterjednek a végberendezések néhány funkciójára. A későbbiekben további távszolgáltatások jönnek ezekhez, mint például a hangminőség javulása a telefonnál és nem utolsósorban egyszer majd a képtelevon.

Ezen kívül vannak az ún. hordozószolgálatok, ahol a hálózat működése meghatározott hálózatfelhasználók közötti pusztán információ-átvitelre korlátozódik; ide kapcsolódnak a felhasználó — ez esetben alkalmazás-specifikus — végberendezései. Ezek zökkenőmentes együttműködéséért (kompatibilitásáért) a felelősség a felhasználókat terheli. A hordozószolgálatokhoz tartoznak például a Német Szövetségi Posta Integrált Szöveg- és Adathálózatában (IDN) működő Datex-L és Datex-P.

4. Járulékos szolgáltatások

Az eddig megtárgyalt szolgálatoknál a kommunikációs technika felhasználói egyre több szolgáltatást igényelnek. Az ilyen járulékos szolgáltatásoknak (2. táblázat) a már felkínált szolgálatokat kell kényelmesebbé tenniük, például híváskönyvitésekkel, járulékos utalásokkal stb. Máskor egy hírt kell automatikusan egy másik állomásra átkapcsolni vagy egy bizonyos elosztókörzetben „körbepötyöztetni”.

További fontos követelmény a kompatibilitás: átalakítókra van szükség a különböző hálózatokban és szolgálatoknál; kódokat és formátumokat is kell tudni változtatni, hogy egy információt el lehessen küldeni például egy teletex-állomásról egy telefax-állomásra. Igény van arra, hogy lehessen az információt időben eltolva továbbítani — az-

Hozzáférés további információ-feldolgozáshoz

Speciális alkalmazások

Megrendelés, foglalás, átutalás

Nyilvános távközlési szolgálatok

Információ-lekérdezés

- nyilvános hálózatokon keresztül
- általános alkalmazások számára
- messzemenő nemzetközi szabványosítás

Hírtárolás (Mailbox)

Távbeszélés, távírás, távmásolás, adatkommunikáció, képtovábbítás stb.

Nem-beszéd szolgálatok térnyerése

25 millió magán háztartás

2 millió félprofesszionális felhasználó

1 millió kis- és középüzem

500 000 központ nagy szervezeteknél

5000 nagyvállalat és hatóság

1. ábra. A távközlési szolgálatok felhasználásai és felhasználó csoportjai (NSZK adatok)

2. táblázat
Szabványosított távközlési szolgálatok és járulékos szolgáltatások

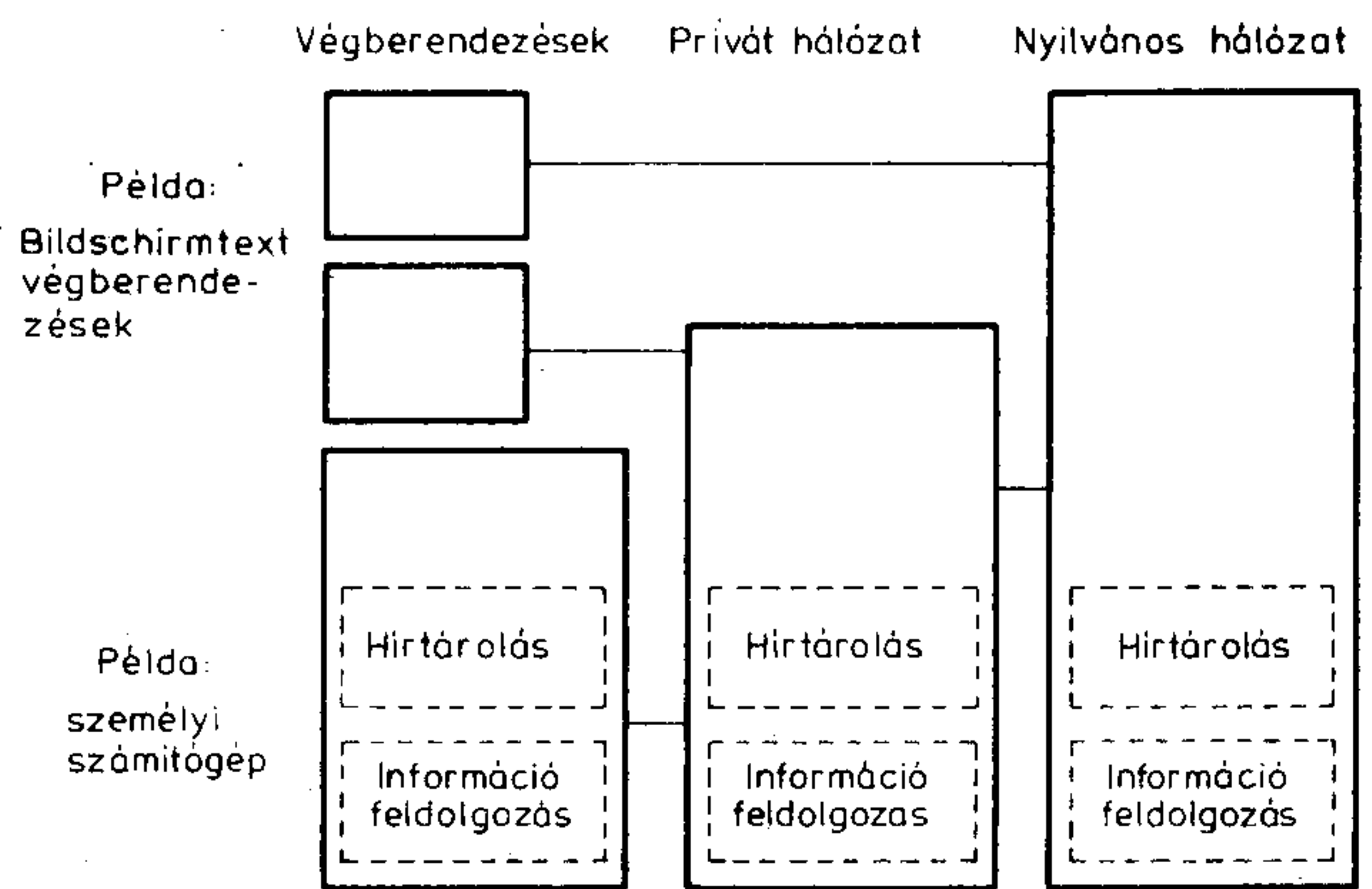
Távközlési szolgálatok

Távszolgálatok:

- telefon
- távírás (telex)
- irodai távírás (teletex)
- távmásolás (telefax)
- textfax („Mixed Mode”)
- adatátvitel (vonalkapcsolás)
- adatátvitel (csomagkapcsolás)

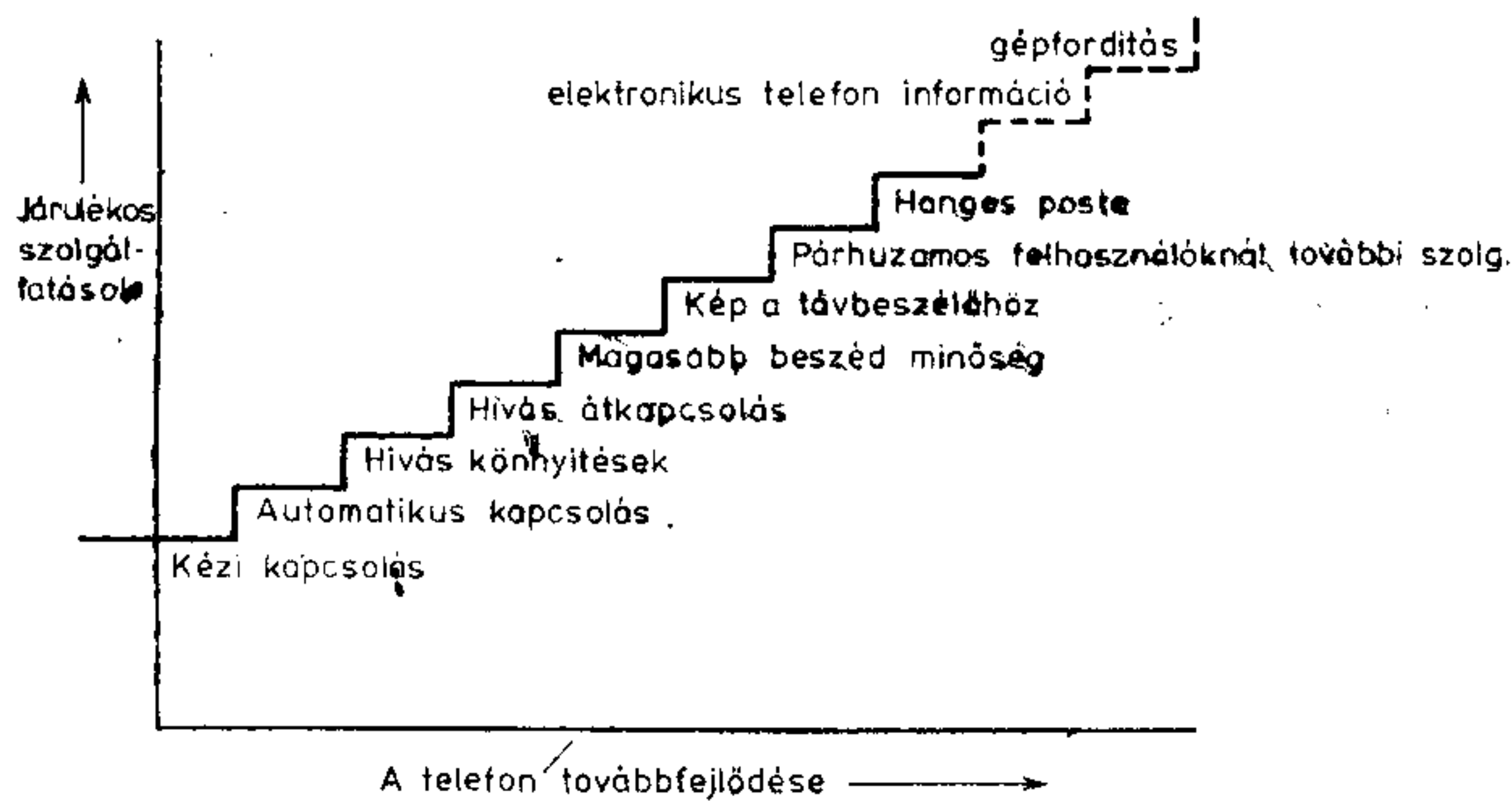
Hordozószolgálatok:

- Járulékos szolgáltatások („Added values”)
- híváskönnyítések (rövid hívás, közvetlen hívás stb.)
- utalások (a felhívandó személy száma, díjak)
- hívásátkapcsolás, hívásátadás, körözvény és hasonlók
- zárt felhasználói csoportok képzése
- hírek átmeneti tárolása (hangos posta, szövegposta, képposta)
- információ-lekérdezés (felvilágosítás stb.)
- információ-feldolgozáshoz hozzáférés



H299-3

3. ábra. Hírtárolás és információ-feldolgozás elhelyezése és megvalósítása



H299-2

2. ábra. Egy szolgálat igényeknek megfelelő továbbfejlesztése járulékos szolgáltatásokkal (a telefon példáján)

az kedvező díjszabású időben; ezenkívül le lehet bonyolítani kommunikációt két felhasználó között az „elektronikus postaláda” (mailbox) segítségével időtől és helytől függetlenül, azaz rendeltetés helyett személyre irányítottan; ez egy olyan feladat, amelyre a titkárnők ma sok időt fordítanak.

Végül pedig támogatni kell az információk, illetve az információ-feldolgozó szolgálatok elérését a hálózatban vagy a hálózaton keresztül. A személyi számítógépek gyorsan növekvő számát tekintve, megoldásként az információ-feldolgozás decentralizációja kínálkozik, ami megfelelően kiegészített szolgáltatásokkal, egyre szélesebb körben válik használhatóvá.

Az említett járulékos szolgáltatásokat, mint híváskönnyítések, hívásátkapcsolás, hírek köztes tárolása, információ-lekérdezés, stb. úgy lehet tekinteni, mint a fennálló hálózatok közeli kiegészítését. Az ilyen szolgáltatások megvalósítása információ-tárolást és -feldolgozást tesz szükségessé. Ezekre külföldön a „Value Added Services” vagy „Enhanced Services” kifejezések terjedtek el [2]. Ezt nem tartjuk szerencsés kifejezésnek. Ugyanis itt nem új szolgálatokról van szó, hanem a szolgálatokon belül járulékos jellemzőkről, szolgáltatásokról (azaz „added values”). A CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) már rögzítette a kompatibilitásban nyújtott segítséget és az elektronikus posta funkcióit. Ezzel telje-

sült egy fontos feltétel nyilvános hálózatokban nyújtott ilyenfajta szolgáltatások általános kínálatához.

A 2. ábra a telefon példáján keresztül mutatja be a szolgálatok továbbfejlesztését nyilvános hálózatokban a növekvő igények és a technikai lehetőségek fejlődésével. Hasonló érvényes a szövegek, képek és adatok kommunikációjára is.

Természetesen különbözőképpen lehet technikailag elhelyezni és megvalósítani a járulékos szolgáltatások által kívánt tároló és feldolgozó műveleteket. Belekerülnek a nyilvános hálózatokba „Servern” formájában, de alapvetően magán hálózatokban vagy többé-kevésbé bonyolult végberendezésekben jelennek meg (3. ábra). Itt végül is a gazdasági megfontolások és a felhasználóval szembeni barátságosság kérdése a döntőek.

Általános felhasználói szolgáltatásoknál annak a feltétele, hogy ezeket tömegesen vegyék igénybe az alkalomszerű, növekvő kommunikációs igényű és egyszerű végberendezéssel rendelkező felhasználók (főleg kisvállalatok, félprofesszionális és magán felhasználók) az, hogy a nyilvános hálózatban ténylegesen rendelkezésre álljanak a lehetőségek. Különösen a kisüzemeknek van nagy szükségük a külső kapcsolatokra, részben azért, mert kicsik, és ezért külső forrásokra, kell bevonniuk. Így az információ és információ-feldolgozó szolgáltatások felkínálói csekély ráfordítással nagy célcsoportokat érhetnek el az általános, nyilvános, szabványosított szolgálatok révén (ld. 1. ábra). A korlátozott, szervezeten vagy szakmailag behatárolt felhasználói csoportok speciális alkalmazásait illetően ellenben célszerű a nyilvános hálózatok és szolgáltatások kínálatát a privát végberendezéseken járulékos funkciókkal kiegészíteni.

A Bildschirmtext („képkönyvtár”, tervezett magyar megfelelője: teledata) példája mutatja, hogy egy rendkívül egyszerű végberendezéssel — ami lényegében egy képernyőből és egy tasztatúrából áll — sokoldalú, kényelmes, mindamelllett áttekinthető szolgáltatást lehet nyújtani. Különösen figyelemre méltó, hogy ezzel a terminállal mindenfajta szolgáltatást lehet nyújtani. Különösen figyelemre méltó, hogy ezzel a terminállal mindenfajta szolgáltatást lehet nyújtani. Különösen figyelemre méltó, hogy ezzel a terminállal mindenfajta szolgáltatást lehet nyújtani. Különösen figyelemre méltó, hogy ezzel a terminállal mindenfajta szolgáltatást lehet nyújtani.

5. Nemzetközi és nemzeti szabványosítás

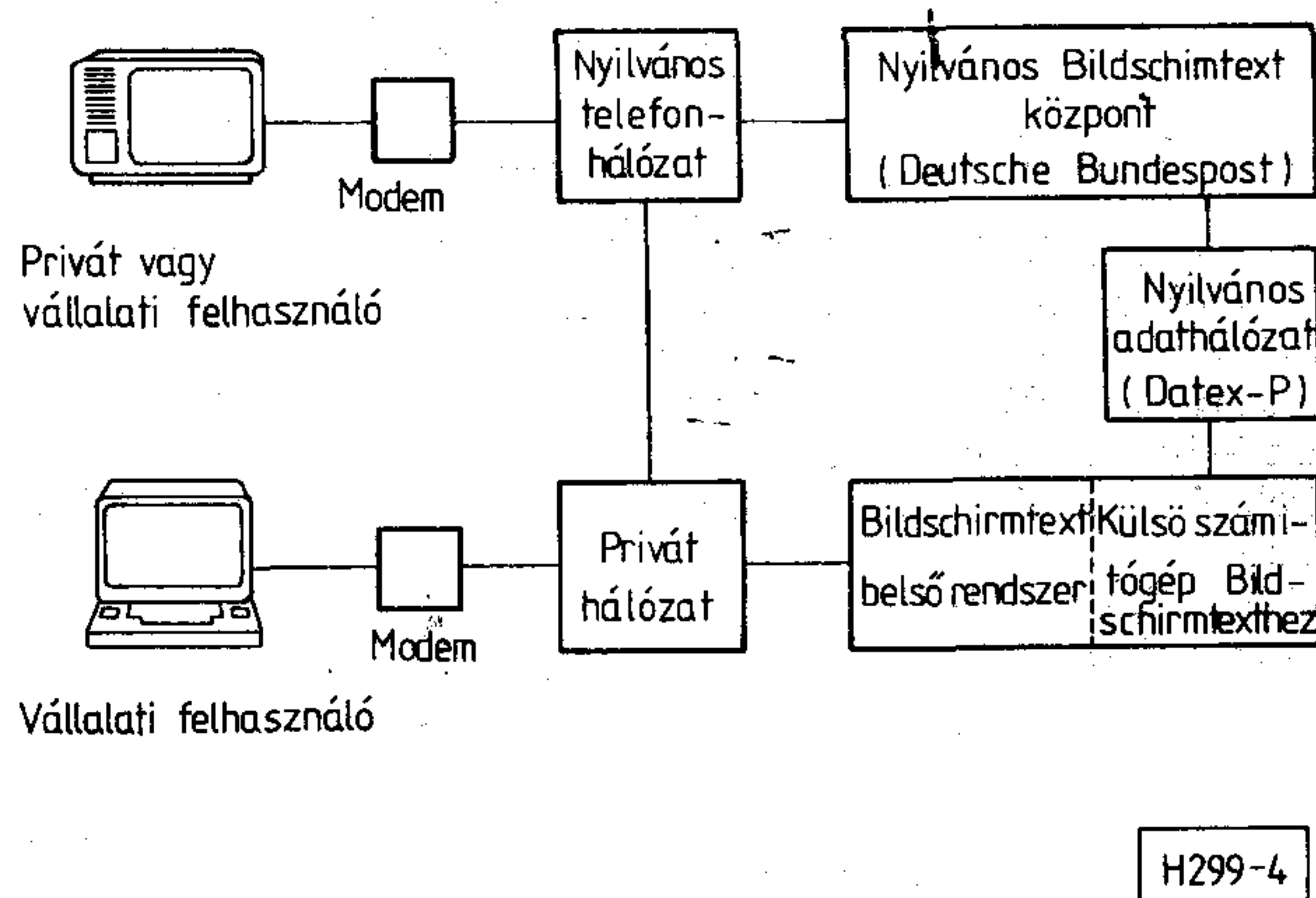
Csak a szolgálatok és a járulékos jellemzők nemzetközi és nemzeti szabványosítása teremti meg a „mindenki mindenkivel” típusú nyílt kommunikáció feltételét. Ennek a szabványosításnak ki kell terjednie — a hálózati jellemzőkön kívül — a végberendezések kommunikációs funkcióira is (felhasználói protokollok), valamint az általános felhasználású távszolgálatokra.

A nemzetközi szabványok előkészítésének és megállapításának fontos szervezetei a CCITT, a hálózatüzemeltetők szabványosítási szerve és az ISO (International Standardization Organization), az előállítók és a felhasználók szabványosítási szer-

ve. Ezek és más szervezetek egyetértenek abban, hogy a fennálló normákat — az adat-, szöveg-, álló- és mozgókép-kommunikáció esetében is — szisztematikusan kidolgozzák egyszerű és gazdaságilag nyílt kommunikációt tűzve ki célul. Nem utolsósorban fontos egy jól definiált, egységes, a felhasználóhoz barátságos kezelőegység.

Most kerül arra sor, hogy a meglévő és létrejövő szabványokat bevezessék és alkalmazzák. A távközlési szervekre itt külön feladat hárul, különösen a „nem beszéd” terminálok növekvő elterjedése miatt. A távközlési szerveken múlik a kommunikációs lehetőség és a szolgáltatási javak. Különösen érvényes ez a sokféle új szolgáltatásnál és a hatékony járulékos szolgáltatásoknál. A távközlési szerveknek kell ezeket felkínálni szabványosított formában a széles körű általános igények kielégítésére.

Hosszú távon az előrehaladást és a racionalizálási potenciált inkább a hosszú élettartamú, időben állandó tulajdonságú távközlési szolgálatok alapozzák meg, mint a versenyben álló, rövid gyártási ciklusú végberendezések. Evvel lehetne a kis és közép vállalatoknál az irodai munka célszerű újjászervezésében megfigyelhető gyakori elbizonytalanodást felszámolni. Ezen kívül egy távközlési



4. ábra. Bildschirmtext ma az NSZK-ban

szerv egységes országos hatóköre megkönnyíti az új kommunikációs hálózatok és szolgáltatások bevezetendő terminusaira és kivitelezési formáira vonatkozó nemzetek fölötti megegyezést.

Az európai adatfeldolgozó cégek ugyanúgy tudatában vannak, mint a távközlő szervek, hogy termékeikben a nemzetközi szabványokra alapuló nyílt kommunikációt kell elősegíteniük, ha azt akarják, hogy a vásárlók rögtön hasznosítani tudják a kínálatukat, 12 európai cég egyesült ez ügyben [1].

6. Út a szolgálatokat integráló hírközlő hálózathoz

A mai kommunikációs hálózatok egy digitális, a szolgálatokat integráló hírközlő hálózat, az ISDN felé fejlődnek [3]. Ez a leírt széles körű követelményekhez ideális alapot nyújt, egyrészt mivel

mindenfajta információt egységes, digitális formában kezel, azaz szállít, tárol, feldolgoz, másrészt, a hatékony és viszonylag alacsony költségű technikának köszönhetően — több speciális hálózattal összehasonlítva — gazdaságilag meg-alapozott igényeket kielégítő megoldást kínál. Az ISDN-nél a felhasználónak megvan az a lehetősége, hogy partnereivel különböző kommunikációs formákban kommunikáljon egy univerzális csatlakozón keresztül, ill. a hálózatban és a hálózaton keresztül információs, illetve információ-feldolgozó szolgáltatásokat vegyen igénybe. Az ISDN különösen kedvező feltételeket kínál a jövőbeli, célul kitűzött kommunikációs infrastruktúrához azzal, hogy nyílt kommunikációt valósít meg.

Ma az ISDN általános bevezetése küszöbén állunk. A Német Szövetségi Köztársaságban már ebben az évben elindítjuk a kísérleti tervet; gyakorlatilag az Európai Gazdasági Közösség minden országában, az USA-ban és Japánban is tervezik az ISDN bevezetését a CCITT ajánlásai alapján (5. ábra) [4].

Az elkövetkezőkben az ISDN-nel egy sor új és javított „keskenysávú” szolgálat, valamint járulékos szolgáltatás kerül a kínálatba, sőt a különböző szolgáltatások kombinálódhatnak egymással. Erre már többfunkciós végberendezéseket fejlesztettek ki. Későbbre tervezik a szabványosított „szélessávú” szolgálatok kiegészítését, mint pl. a színes képtelefont, videokonferenciát, gyors adat-átvitelt, stb.

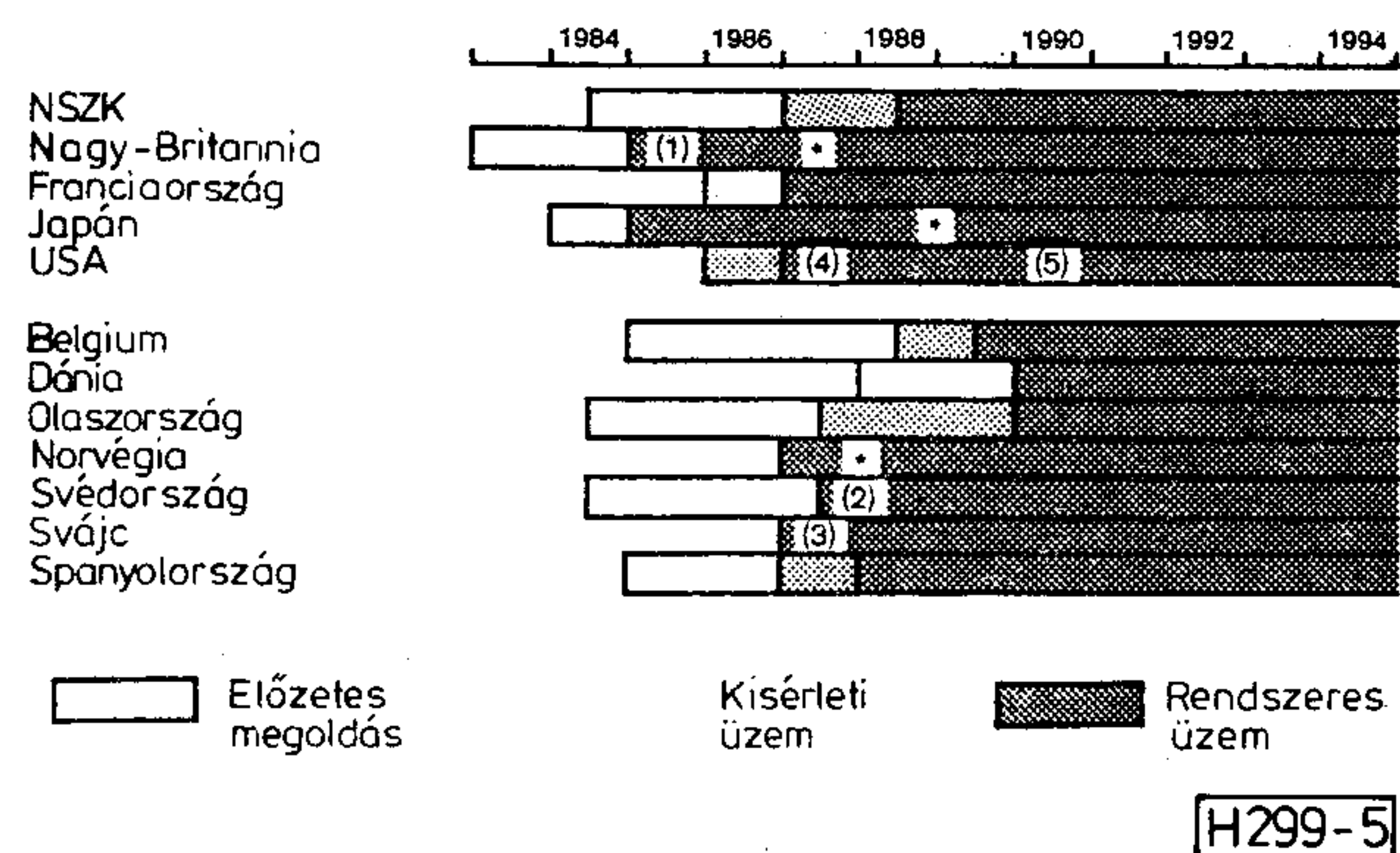
Mind az USA, mind Japán további terveket hozott nyilvánosságra és intézkedéseket vezetett be, hogy kielégítse a kommunikációs technikának azokat a követelményeit, melyek egy hatékony hálózat, mint az ISDN, rendelkezésre állásához szükségesek.

Úgy tűnik, hogy az ATET az „UIS-Vision”-jában (*UIS: Universal Information Services*) — lényegében ugyanolyan technikai komponensekkel, mint az ISDN — a hangsúlyt a több, rugalmasabb, a felhasználó által vezérelt funkció hálózatba építésére fekteti [5]. Sajátos továbbkapcsolásos technikával („Fast Packet Switching”), nagyon hatékony jelzőrendszerrel ellátott megfelelő adatbankokkal, röviden szólva „a hálózatba épített több intelligenciával” különleges szolgáltatásokat kínálnak, mint pl.:

— a Virtual Corporate Network (tárcsázható hálózat) magán számozási tervvel, rugalmas, állomáshoz rendelhető szolgáltatás-igénybevételi jogosítvánnyal;

— a Customer Controlled Reconfiguration (bérelt vonal), melynek sajátosága a távvezérelhetőség, ill. a felhasználó által történő konfigurálhatóság (Service Management System).

A Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) Information Network System (INS) nevű rendszeréről megemlítjük a kommunikáció feldolgozását könnyítő elemeket; a tároló funkciók lehetővé teszik a körözvényadást, időzített kézbesítést, az elektronikus postát és feldolgozó funkciók segítségével a protokoll-átalakításokat (teletex — fakszimile, adatbank — telefon, adatbank — fakszimile stb.).



5. ábra. Az ISDN bevezetése kiválasztott országokban A + B + C + D (64 + 64 + 16 kbit/s) bevezetése a CCITT ajánlásai szerint

(1) kísérleti üzem a szolgálatok kereskedelmi alkalmazásában (2) rendszeres üzem kezdete a szükséglettől függően, (3) döntés gyakoribb rendszeres használatról, (4) egyes Bell Operating Company-k (BOC) (5) az összes BOC

Itt is világosan megmutatkozik, hogy:

— az USA-ban és Japánban is teljes mértékben elismerték a felhasználók igényeit a kommunikációs technikában;

— mindkét országban a létrejövő funkciókat a nyilvános hálózatok jelentős bevonásával, hacsak nem kizárólagosan ezekben valósítják meg mégpedig gazdasági (egyszerű felhasználói berendezések), az egységes kiszolgálás miatti és technikai okokból.

A szabványosított szolgálatok széles körű bevezetése és a hozzá tartozó igényeket lefedő kínálat, szerviz, egyezményes tarifák éppen a felhasználók érdeke, akik ma megfelelő és kedvező árú rendszer hiányában csak a telefont használhatják kommunikációs eszközként üzleti kapcsolataikban vagy a magánéletükben. Az általános felhasználású, szabványosított szolgálatokat és a járulékos szolgáltatásokat — a távközlő hálózat és az átviteli szolgáltatások mellett —, növekvő népgazdasági és társadalmi jelentőségük miatt, egy ország „telekommunikációs infrastruktúrája” részének tekintjük.

A telekommunikációs infrastruktúra felépítése nemcsak nagy beruházó erőt és készséget igényel, hanem erőfeszítést az új szolgálatok és a járulékos szolgáltatások korai felismerésére, szabványosítására és bevezetésére az elterjedt alkalmazásokban [7]. Itt az ISDN-nek minden felhasználó kör számára elérhetővé kell tennie az igények szerinti modern kommunikációs és információs technika kínáló lehetőségeit. Az igényeket lefedő kommunikáció kielégítése mellett — a személyi számítógépek növekvő jelentősége miatt — egyre nagyobb szerepet játszik az előállítóktól független szabványok alapján történő, az igényeket lefedő információ-ellátás, és ez terjeszkedő piacot nyit meg mindenki számára: az üzleti és magán felhasználónak, a hálózatok és végberendezések üzemeltetőinek, a nagy, közepes és kis előállítóknak és szolgáltatóknak. A szabványosítás keresztülvitele a hálózati elemek és a végberendezések előállítói, valamint az információt és információ-feldolgozást szolgáltatók közötti versenyben egyenlő esélyeket teremt.

Ezért a távközlési infrastruktúra felépítése az „információs társadalom” kialakuló korszakának fontos feladata. A távközlési szervek a legjobb előfeltételekkel rendelkeznek, hogy ezt a központi feladatot sikerre vigyék.

7. Következtetések

— A kommunikációs és információs technika felhasználói egyre inkább követlen és probléma-mentes távközlést igényelnek minden kommunikációs formában. Ezért a hálózatüzemeltetők és a gyártók közös célja a nyílt kommunikáció megvalósítása.

— Az igényeknek megfelelő szolgálatoknak a felhasználók messzemenően specializált csoportjai számára kell elérhetővé tenni a távközlést. Az ilyen szolgálatok először a távközlő hálózaton keresztüli telefon, szöveg- és adatkommunikáció, stb. előfeltételét teremti meg.

— A járulékos szolgáltatások (added values), mint a híváskönnyítések, hívásátkapcsolás, hírek ideiglenes tárolása, információ-lekérdezés és még mások a szolgálathoz tartoznak és a kényelmet szolgálják, javítják és kibővítik a kommunikáció lehetőségeit.

— Csak az ilyen szolgálatok és járulékos szolgáltatások (valamint hálózatjellemzők) nemzetközi és nemzeti szabványosítása teremti meg a célul kitűzött, „mindenki mindenkivel” típusú nyílt kommunikáció előfeltételét. A szabványosításnak ki kell terjednie a végberendezések kommunikációs funkcióira is, amennyiben általános felhasználásúak. Különösen fontos egy jól definiált, a felhasználóhoz barátságos, egységes, mindamellettsokoldalúan alkalmazható előfizetői interfész.

— A szolgálatokat integráló digitális hírközlő hálózat, az ISDN a nyílt kommunikáció elvén univerzális alapot nyújt a jövő távközlési infrastruk-

túrájának, emellett széles teret hagy a felhasználó igényeinek megfelelő differenciált kiépítésre. Egy ilyen infrastruktúra megvalósítása és bevezetése magas követelményeket támaszt a beruházókkal szemben és az előállítóktól függetlenül kell történnie. A szükséges előfeltételeket a távközlő szervek teljesítik.

Ily módon nem csak az információs és kommunikációs technika bővülő szolgálatai válnak a nagy, közepes és kis felhasználók számára elérhetővé, hanem ez a helyzet egyúttal elősegíti a valódi versenyt a berendezések gyártói és az információk és szolgáltatások felkínálói között a kompatibilis szolgálatok, a hálózatok és a végberendezések területén.

I R O D A L O M

- [1] Donner, H.; Poschenrieder, W.: Offen für alle — OSI erschließt die weltweite Kommunikation. Siemens-Magazin COM 2/1986, S. 10 bis 14.
- [2] Schön, H.; Neumann, K.-H.: Mehrwertdienste (Value Added Services) in der ordnungspolitischen Diskussion. Jahrbuch der Deutschen Bundespost 1985. Bad Windsheim: Verlag für Wissenschaft und Leben, 1985.
- [3] Bocker, P.: ISDN — Das diensteintegrierende digitale Nachrichtennetz. Konzept, Verfahren, Systeme. In Zusammenarbeit mit G. Arndt, V. Frantzen O. Fundneider, L. Hagenhaus, L. Schweizer. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1986.
- [4] Mittelfristiges Programm für den Ausbau der technischen Kommunikationssysteme. Bonn: Der Bundesminister für das Post- und Fernmeldewesen, 1985.
- [5] Villiere, P.: A Framework for Network Solutions. Telephone Engineer & Management, May 1, 1986, S. 5 bis 8.
- [6] Kuwabara, M.: Basic Plan for INS. JTR January 1986, 2 bis 15.
- [7] Armbrüster, H.: Breitband-ISDN erfüllt die wachsenden Telekommunikationswünsche — Ein leistungsstarkes und wirtschaftliches Universalnetz für jedermann. Telcom Report 9 (1986) Heft 3, S. 168 bis 175.

Lapunk példányonként is megvásárolható:

az V., Váci utca 10. és

az V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. sz. alatti

hírlapboltokban

A 64 kbit/s-os ISDN-től a szélessávú ISDN-ig

H. BAUER

Philips Kommunikations Industrie AG, Nürnberg



Összefoglalás:

A 64 kbit/s-os ISDN-ben előfizetőként egyetlen szimmetrikus érpár elegendő az összes, 64 kbit/s-ot meg nem haladó bitsebességű szolgálathoz. Lépcsőzetes megoldás vezet a 64 kbit/s-os ISDN-től a szélessávú, 150 Mbit/s-os, fényvezetős ISDN-hez, amelynek főbb mozzanatai a fényvezetős előfizetői hálózat kiépítése és a kapcsolómezők átalakítása.

1. Bevezetés

Amennyiben digitális távbeszélőhálózat működik valahol, tulajdonképpen csak az előfizetői hálózat digitalizált a 64 kbit/s-os ISDN formájában. Az ilyen 64 kbit/s-os ISDN — számos országban vezetnek be ilyet a következő években — nagyon hatékony: a transzparens 64 kbit/s-os összeköttetésen nemcsak telefonálni lehet, hanem 64 kbit/s-os adatátvitelt is meg lehet valósítani. Az egzisztáló hálózatok 2,4 kbit/s, 4,8 kbit/s illetve 9,6 kbit/s-os adatátviteli sebességei számára a 64 kbit/s már eléggé „szélessávú”-nak számít, így a hálózat felhasználóinak igényei teljesíthetőkké válnak.

A szélessávú ISDN már régóta az érdeklődés előterében van technikai különlegessége miatt. Megtartva az egzisztáló hálózatok gerincét alkotó pár vagy négyes sodrású vonalakat, a szélessávú ISDN elsősorban fényvezetős vonalakat fog használni, ilyen módon, a szolgálatok számára elérhető bitsebesség kb. a 2000-szeresére fog növekedni; 64 kbit/s-ról kb. 140 Mbit/s-ra.

Mivel a 64 kbit/s-os ISDN és a szélessávú ISDN között sok a különbség, a szélessávú ISDN megjelenése a távoli jövőben várható.

Valójában az átmenet több olyan lépésben fog megtörténni, mint az eddig már megtett első lépés.

2. A kezdet — 64 kbit/s-os ISDN alap-interfészekkel

Az alap-interfészekkel (BA) kiépített 64 kbit/s-os ISDN a lépcsőzetes hálózatfejlesztés kiinduló pontja a szélessávú ISDN (B-ISDN) fejlesztésének útján (1. ábra). (A német rövidítések magyar megfelelőit az ábraalírásokban közöljük.) A két 64 kbit/s-os csatornát működtető alap-interfész igazán leleményes megoldás. Az egzisztáló (rézvezetékes) vonalakat használja, és egyetlen érpáron, amelyen korábban az analóg beszédjelet vitték át, most egy 160 kbit/s-os digitális jelfolyam átvitelét oldják meg.

Fordította: Bárányné dr. Sülle Gabriella
Elhangzott az 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián.

H. BAUER
Fizikatanulmányokat végzett Tübingenben. 1952 óta a híradástechnikai iparban dolgozik, 1961 óta az

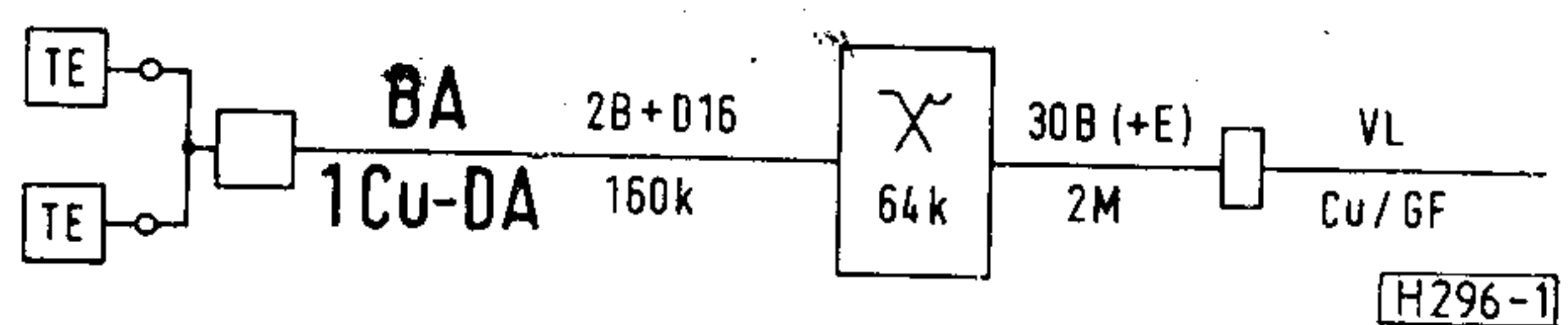
FGF Nürnberg cégnél: Jelenleg a Philips Kommunikations Industrie Nürnbergnél a rendszer-és hálózat-tervezés vezetője.

Az interfész digitális kapocspárjai egyetlen analóg telefoncsatlakozót használnak. Ilyen módon az érpárok átviteli képessége jól kihasználtnak mondható, mivel csak az extrém hosszú vonalak esetében (az összes vonalak kevesebb, mint 1%-ában) szükséges közbenső regenerátor.

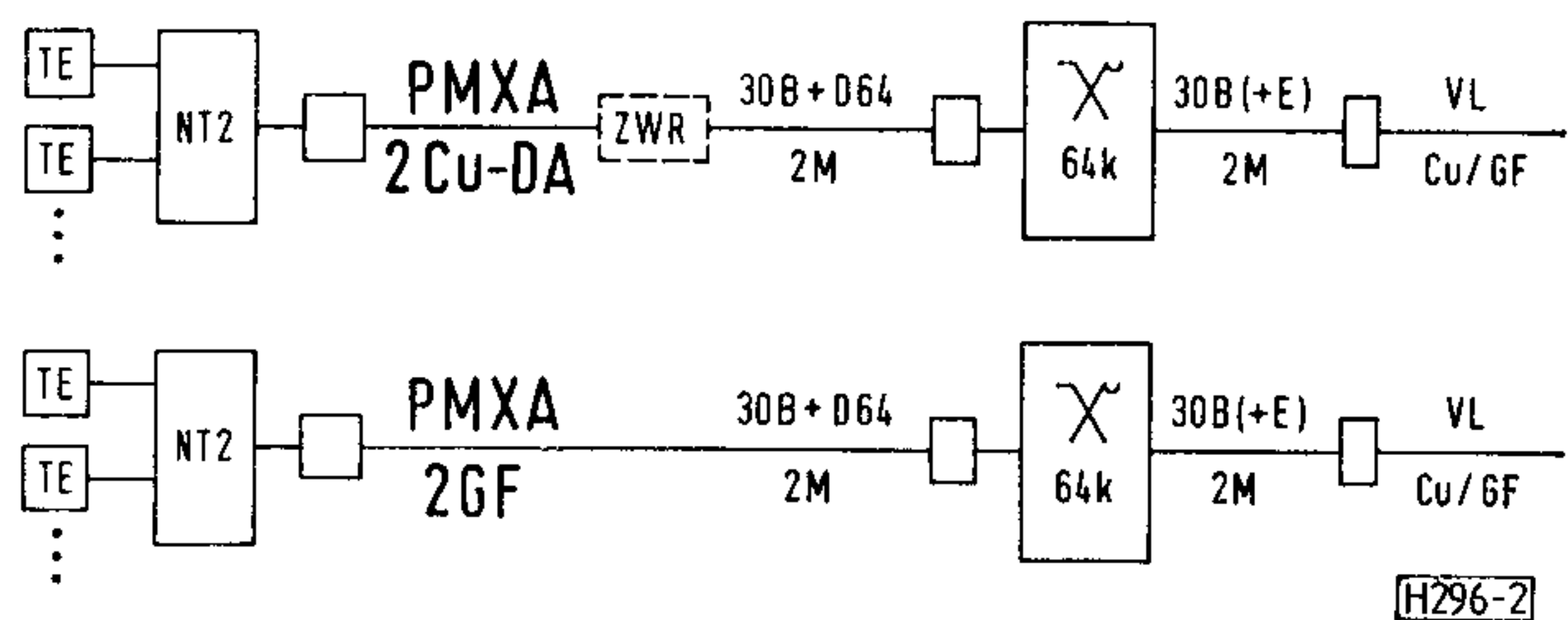
A 64 kbit/s-os ISDN szolgálatok korlátját a legfeljebb 64 kbit/s-os kapcsolómezők jelentik. Kivételt az olyan szolgálat jelent, amely két független 64 bit/s-os összeköttetést igényel. Példa lehet az ilyen szolgálatra a „Bildtelefon” képtelefon-szolgálat. A kapcsoló központok közötti trónkhálózat rézvezetékes (Cu), vagy újabban egyre növekvő mértékben fényvezetős (GF) vonalakkal áll.

3. A rézvezetékes vonaltól a fényvezetőig

Természetes igény, hogy egy vállalati előfizetői állomás több alap-interfészen át kapcsolódhasson a nyilvános 64 kbit/s-os ISDN-hez. Az ilyen előfizetők számára egy másik interfész-konfiguráció, az



1. ábra. 64 kbit/s-os ISDN alap-interfészekkel.
TE: terminál; BA: alap-interfész; VL: trónkvonal;
Cu-DA: sodrott érpár (réz); GF: fényvezető;
64k: 64 kbit/s-os kapcsolómező; B-Kanal: 64 kbit/s-os B csatorna; D16: 16 kbit/s-os D csatorna;
E-Kanal: 64 kbit/s-os E csatorna a No. 7. jelzésrendszerhez; 160 k, 2M: 160 kbit/s, 2 Mbit/s



2. ábra. 64 kbit/s-os ISDN-primer multiplex interfésszel
NT2: hálózat-végződés; PMXA: primer multiplex interfész; ZWR: közbenső regenerátor

úgynevezett primer multiplex interfész (*PMXA*) áll rendelkezésre, amely 30 *B* csatornát támogat 2,048 Mbit/s multiplex sebességen (2. ábra).

A *PMXA* vonali rendszere két érpárat használ és természetesen számos közbenső regenerátort tartalmaz. A Német Szövetségi Posta hálózatában a 2 Mbit/s-os vonali rendszerek kevesebb, mint 50%-a közbenső regenerátor nélkül megvalósítható és kb. 20%-ához legalább két közbenső regenerátor szükséges.

Mivel a közbenső regenerátorok használata az előfizetői hálózatban nem célszerű, a primer multiplex interfészek rézvezetős bekötése nem lehet általános megoldás. Erre a célra a fényvezetők alkalmazhatók.

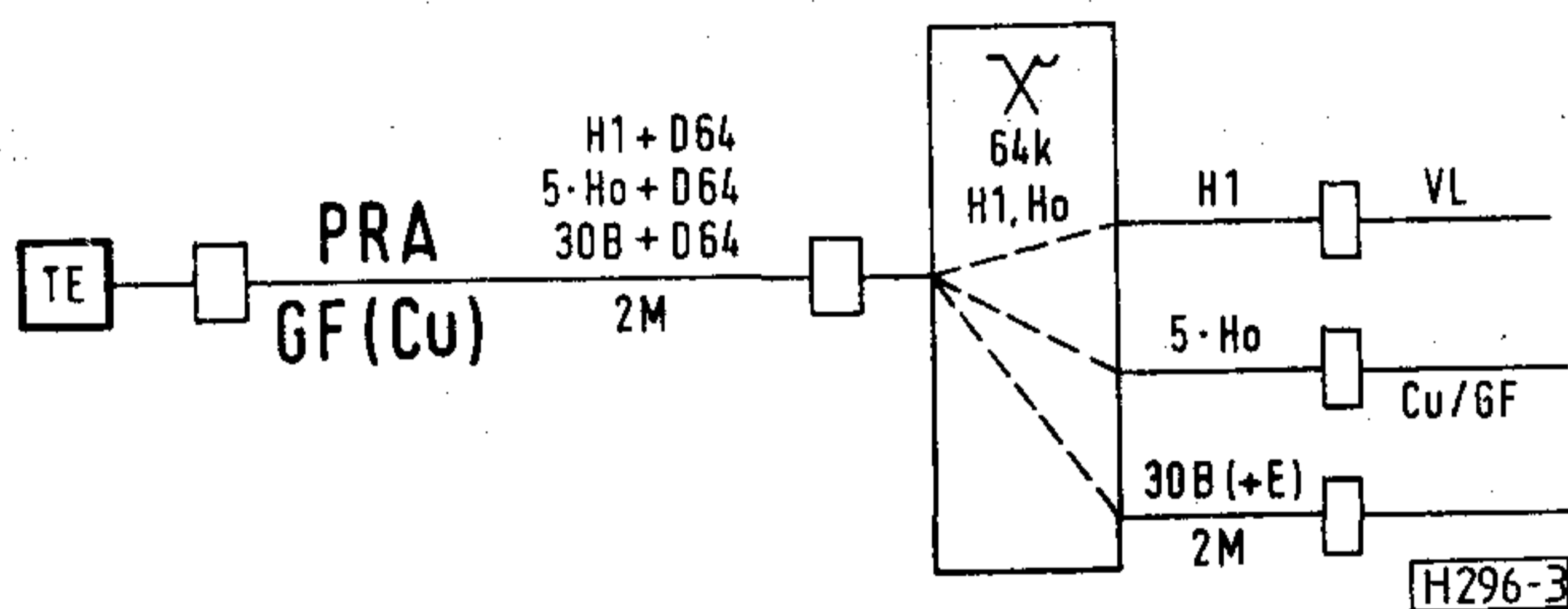
A fényvezetős hálózat kiépítése — ami a 64 kbit/s-os ISDN megvalósításának csak kis részét alkotja — egyúttal az első lépés lesz a **B-ISDN** felé is.

4. A 64 kbit/s-os ISDN-től a 2 Mbit/s-os ISDN-ig

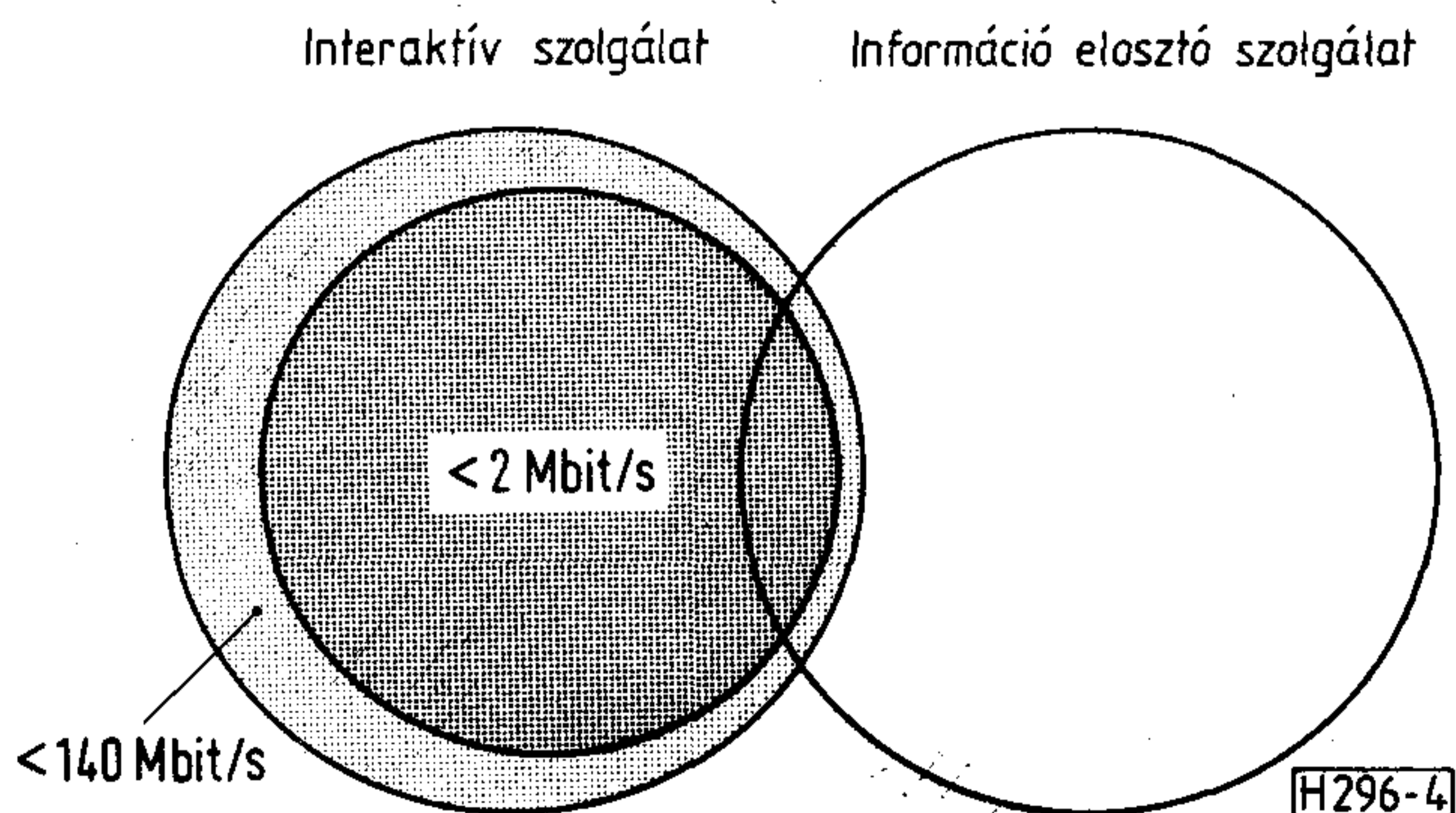
A primer multiplex interfészek alkalmazásának előfeltétele a 2 Mbit/s-os vonalak megléte. Az ilyen vonalon a *PMXA* maximum 30 db 64 kbit/s *B* csatornát, illetve egy vagy több ún. szélessávú csatorna működését támogatja. Egyezményes szélessávú csatornák:

- *H0*: 384 kbit/s és a
- *H1*: 1920 kbit/s sebességű

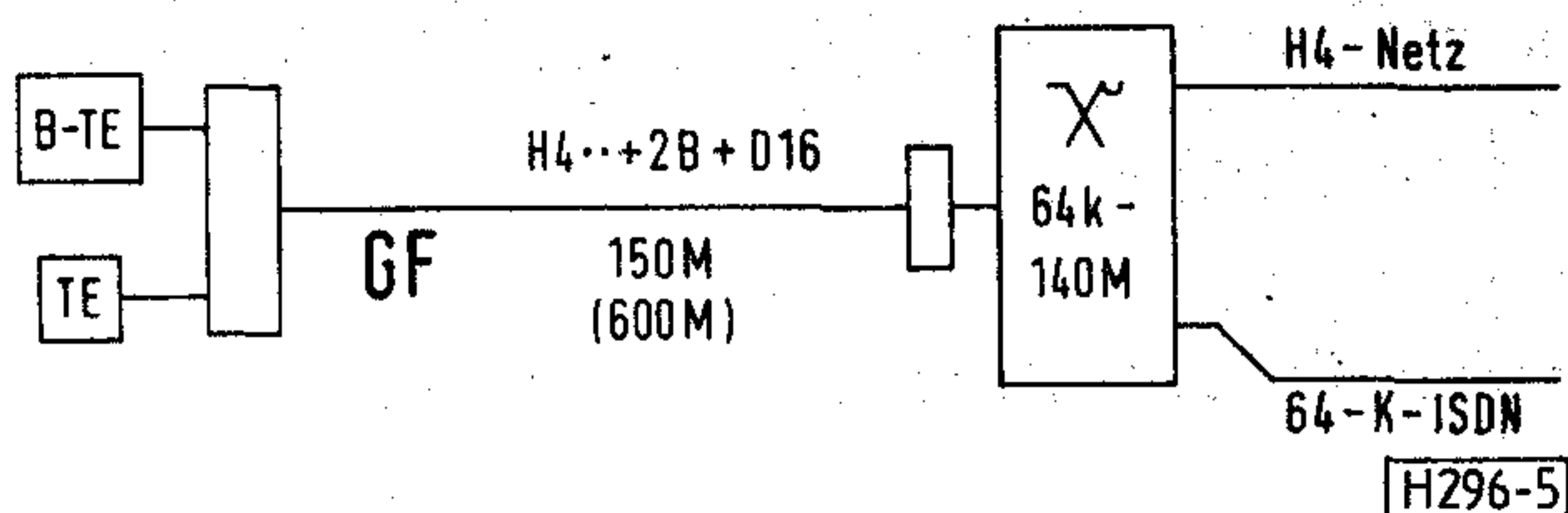
Ilyen bitsebességeken megvalósíthatóvá válnak a képtelefon és a videokonferencia szolgáltatások, amelyek iránt már mutatkozik érdeklődés. A redundanciacsökkentő képkódolásban folyó intenzív munka eredményeként ugyanis figyelemre méltó mozgóképminőséget lehet elérni 2 Mbit/s-on.



3. ábra. ISDN — primer sebességű interfészek
PRA: primer sebességű interfész; 64k, *H1*, *H0*:
kapcsolómező 64 kbit/s, *H1* és *H0* csatornákra
(1920 és 384 kbit/s)

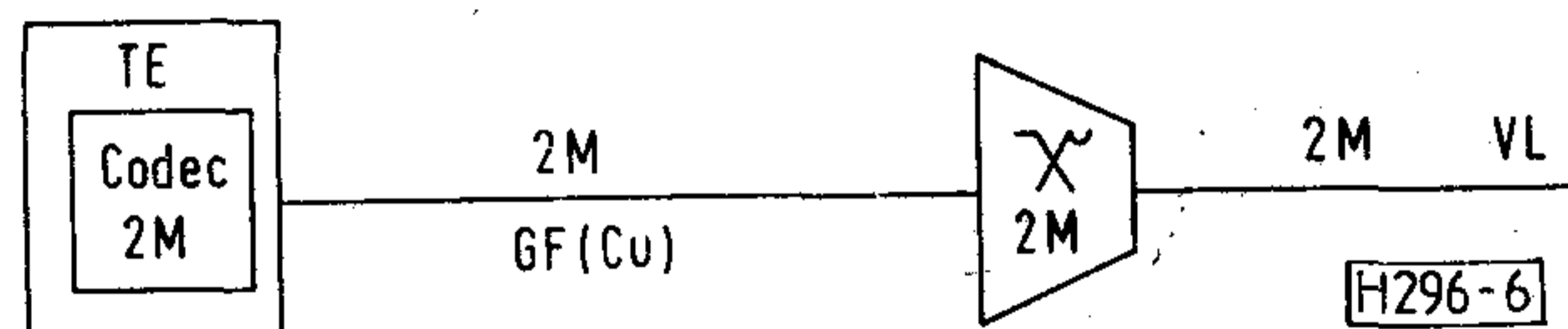
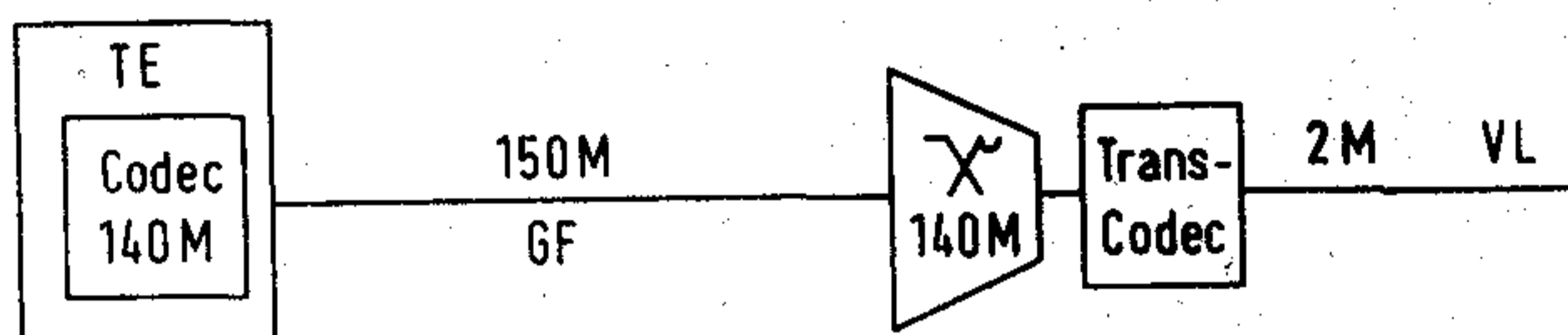


4. ábra. A szélessávú előfizetői kategóriák és igények



5. ábra. Interaktív szolgálatok ISDN-je 140 Mbit/s-ig.

B-TE: B-ISDN terminál; *H4*-Kanal: 137 Mbit/s-os csatorna; 64k-140M: kapcsolómező 64 kbit/s-tól kb. 140 Mbit/s-ig



6. ábra. 2 Mbit/s-os szolgálat az ISDN-ben 140/2 Mbit/s-os átkódolású hálózat, illetve transzparens 2 Mbit/s-os összeköttetés

Az a trónkhálózati átviteltechnika, ami a 64 kbit/s-os ISDN alapjául szolgál, minden további nélkül alkalmazható a 2 Mbit/s-os vonalakhoz.

A kapcsolómezők a maximum 2 Mbit/s-os szolgálatok számára oly módon fejlődnek tovább, hogy a 64 kbit/s-os csatornákon kívül a *H0* és *H1* csatornák kapcsolására is alkalmasak legyenek. A *H* csatornák kapcsolását mindeddig nem valószínűsítették meg; magára a technikai feladatra sincs még nemzetközi érvényű megállapodás.

Amint a kapcsolómezők az előbbi értelemben átalakulnak, a 64 kbit/s-os ISDN alap-interfész és a primer multiplex interfész mellett megjelenhet egy további interfész (*PRA*), amelynek nemzetközi ajánlása van már (3. ábra).

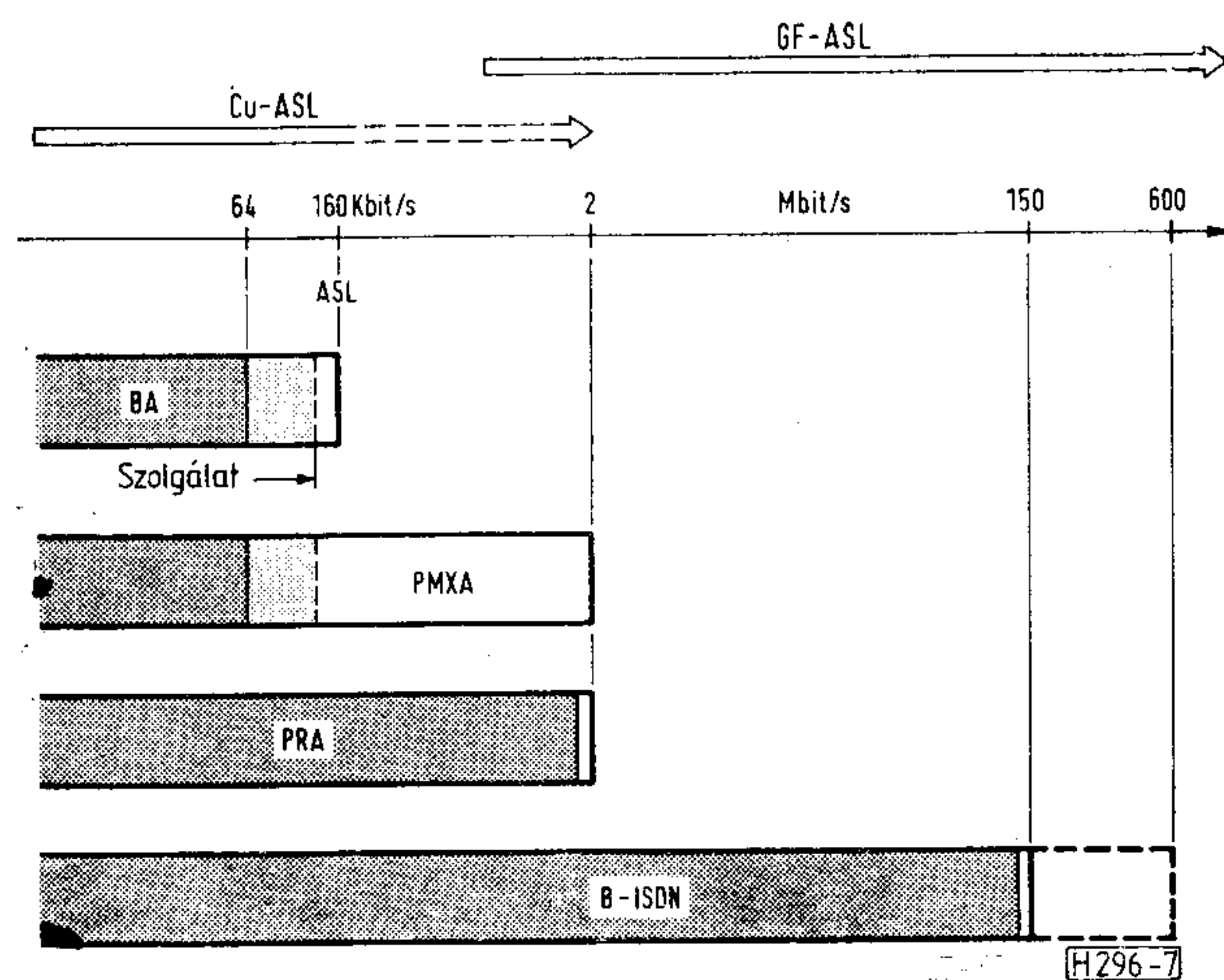
Egy ilyen *PRA* alternatív módon — hívásonként választhatóan — *B*, *H0* vagy *H1* csatornát működtet. A központok közötti hálózat

- *B* csatornás trónköket,
- *H0* csatornás trónköket és
- *H1* csatornás trónköket kell, hogy kezeljen.

A kapcsolómezők átalakítása a 2 Mbit/s-os kapcsolat megvalósítására — más szóval a primer sebességű interfész használata — a második lépés a **B-ISDN** felé.

5. A szélessávú előfizetői kategóriák

Szélessávú ISDN alatt — a kevert szóhasználat szerint — olyan hálózat- és szolgálatintegrációt kell érteni, amely 64 kbit/s alatti és 64 kbit/s feletti bitsebességeken is működik. A 64 kbit/s feletti szolgálatok az interaktív dialógus- és visszakereső szolgálatok és az információelosztó szolgálatok, pl. televízió műsorszórás.



7. ábra. A 64 kbit/s-os ISDN-től a szélessávú ISDN-ig. ASL: vonal

A jövőbeni szélessávú ISDN előfizetők igényei nagyon különbözők. Az igények szerint három fő kategóriába sorolhatók ezek az előfizetők:

- Az interaktív szolgálatok kb. 2 Mbit/s-os előfizetői. Belátható időn belül kizárólag vagy elsősorban vállalati előfizetők kategóriája.
- Az interaktív szolgálatok kb. 140 Mbit/s-os előfizetői. Ezek is kizárólag vagy elsősorban vállalati előfizetők.
- Az információelosztó szolgálatok és a 64 kbit/s-os ISDN előfizetői. Ez a magán-előfizetők kategóriája.

A globális összefüggés a három előfizetői kategória között a 4. ábrán látható.

Az interaktív szélessávú szolgálatok előfizetői között a 2 Mbit/s-os szolgálatok előfizetői többen lesznek, mint az azt meghaladó sebességű szolgálatok előfizetői.

Az interaktív szolgálati kategóriákban kis átlapolódás van a harmadik információelosztó szolgálat előfizetői kategóriával.

6. ISDN a 140 Mbit/s-os interaktív szolgálatokhoz

A 140 Mbit/s-os interaktív szolgálatok előfizetői számára a fényvezetős vonal — amely már a 64 kbit/s-os ISDN-ben megjelenik — követelményszerű előfeltétel.

Várható, hogy a vonali bitsebesség nemzetközileg elfogadott értéke kb. 150 Mbit/s (később 600 Mbit/s) lesz, továbbá rögzítve lesz a *H4* szélessávú csatorna 137 Mbit/s és a *H2* szélessávú csatorna 32 Mbit/s sebessége.

A 2 Mbit/s-os szolgálatokat nyújtó ISDN-hez képest itt sok szélessávú vonal, továbbá a 140 Mbit/s-os csatornák kapcsolására is alkalmas kapcsolómező szükséges (5. ábra).

A trónkhálózatot elsősorban az egzisztáló 140 Mbit/s-os rendszer alkotja; helyénvaló azonban a szélessávú szolgálatok bevezetésekor úgy fejleszteni a trónkhálózatot, hogy a bitsebesség legalább a négyszeresére növelhető legyen.

A fényvezetős vonalak átviteli kapacitása nagyobb, mint az aktuális bevezetésre kerülő inter-

aktív szolgálatoké. Innen ered az az állítás, amely szerint a szélessávú hálózat költségei a szélessávú csatornák sávszélességétől kevésbé függenek. Ez a következtetés hamis, mivel a 30 Mbit/s és előtti sebességek esetén a trónkhálózat erősen bitsebesség-függő költségei összemérhetők az előfizetői hálózat vonali és kapcsolási költségeivel. Ez a tény azért fontos, mert a telefonhálózatban és a 64 kbit/s-os ISDN-ben az előfizetői hálózat költsége dominál.

A 2 Mbit/s-os szolgálatnál a 140 Mbit/s-os csatorna a trónkhálózatához egy szolgálatfüggő átkódolóval csatlakozik (6. ábra).

Ebben az esetben, például a képtelevízió, a következő előnyök mutatkoznak:

- viszonylag költségkímélő kódolás az előfizetőnél
- a forgalomkoncentráció következtében a drága átkódolóból kevés szükséges, és
- a 2 Mbit/s-os trónkhálózat alacsony költségű.

Ez az átkódolás — amint ezt a gondos költség-számítás demonstrálta — gazdaságtalan a 6. ábrán bemutatott 2 Mbit/s-os előfizetői kódolóhoz képest.

7. Interfészek az információelosztó- és a 64 kbit/s-os szolgálatokhoz

A harmadik előfizetői kategória, az információelosztó- és 64 kbit/s-os ISDN szolgálatok előfizetői kategóriája, igen nagy előfizetői csoportot jelent. A fényvezetős vonalak bevezetése csak akkor valósítható meg, ha a gazdaságossága igazolható. Az információelosztás az elkövetkező időkben elsősorban a gazdaságos megoldást jelentő koaxiális kábeles hálózaton valósul meg.

A digitális fényvezetős információelosztó hálózat építésének előfeltétele a televízió vevőkészülékek digitális csatlakoztatását meghatározó nemzetközi szabvány kidolgozása.

A tv-jel bitsebessége a digitális elosztóhálózatban — a jelenlegi *PAL* illetve *SECAM* minőség biztosítására — valószínűleg kb. 30 Mbit/s, de mindenképpen 70 Mbit/s-nál kisebb lesz.

8. Összefoglalás

A 64 kbit/s-os ISDN-től a szélessávú ISDN-ig vezető fejlődés többlépcsős út megtételét jelenti (7. ábra).

Bár a 64 kbit/s-os ISDN alap-interfésze az egzisztáló rézvezetékes vonali rendszerek működését támogatja, a 2 Mbit/s-os primer multiplex interfészekhez már fényvezetékes vonalak kiépítése is szükséges, amelyek átviteli kapacitása azután minden bevezetendő szolgálatához elegendő lesz.

A 64 kbit/s-os kapcsolómezők 2 Mbit/s-os kapcsolómezőkkel való felváltása elvezet az interaktív szolgálatok primer sebességű interfészéhez.

A nagyobb sebességű vonali rendszerek, a kapcsolómezők sebességének kiterjesztése és a trónkhálózat kiépítése teszi lehetővé végül a 140 Mbit/s-os bitsebességű szélessávú szolgálatok nyújtását.

A Német Szövetségi Posta (DBP) útja a kísérleti üzemen át a 64 kbit/s-os ISDN-hez és a szélessávú ISDN-hez

JOACHIM CLAUS

Távközlési Igazgatóság, Darmstadt



JOACHIM CLAUS

Híradástechnikai tanulmányait Berlinben végezte. Először a Német Szövetségi Posta (DBP) berlini műszaki üzemében dolgozik. 1967-ben átkerül a darmstadti Távközlési Igazgatósághoz (FTZ), részt vesz a számítógépezérelt kapcsolórendsze-

rek kifejlesztésében. Átmenetileg egy telefonközpont műszaki üzemének osztályvezetője. 1982-ben az ISDN-terv előkészítésére ismét a Távközlési Igazgatóságra hívják, jelenleg a 64 kbit/s-os ISDN bevezetésével foglalkozó terv felelős vezetője. Dolgozik a CCITT-ben és a CEPT-ben.

Összefoglalás:

A különböző hálózatok jelenlegi kiépítettségéből kiindulva az első részben a 64 kbit/s-os ISDN interfész műszaki megvalósítását tárgyaljuk. Megnevezzük a legfontosabb nemzetközi ajánlásokat.

A második rész leírja a mannheimi és stuttgarti ISDN-próbaüzemet.

Az utolsó részben bemutatjuk az ISDN üzemszerű bevezetését a Német Szövetségi Postánál (DBP). Megnevezzük a díjszámlálás elveit és az ISDN szolgáltatások díját. A szélessávú szolgáltatások „szélessávú általános hálózat”-ba való integrálására vetett kitekintés teszi teljessé a képet.

1. Kiindulópont

A Német Szövetségi Posta (DBP) ma számos különböző hálózattal nyújtja szolgáltatásait. A legfontosabb hálózatok:

- I. A távbeszélőhálózat kb. 25 millió előfizetővel
- II. A telexhálózat kb. 160 ezer előfizetővel
- III. A vonalkapcsolt szöveg- és adathálózat, a DATEX-L, kb. 25 ezer előfizetővel, beleértve kb. 10 ezer telexelőfizetőt.
- IV. A csomagkapcsolt adathálózat, a DATEX-P, kb. 7500 előfizetővel.
- V. A bérelt áramköri hálózat (HDF-Netz) kb. 110 ezer előfizetővel.

A történelmi fejlődés következtében mindezeket a hálózatokat speciális szolgáltatásokra szabták. A számos különböző hálózat kialakítása többlet-ráfordítást igényel a tervezésben, az üzembehelyezésben és a hálózatfenntartásban. Ezek következményeként a csatlakozás állandó költségei magasak, különösen ha az adott hálózatban az előfizetők száma kicsi.

Az integrált áramkörök technológiai fejlődése (a kis integráltságtól a közepes integráltságon át a mai nagy integráltságig) és az ezzel járó költségmegtakarítások megteremtették az alapot a digitális átviteli rendszerek és a tároltprogram-vezérlésű kapcsolási rendszerek kifejlesztéséhez.

A Német Szövetségi Posta (DBP) már 1979-ben felismerte a digitális technológia előnyeit és úgy döntött, hogy a távbeszélőhálózat digitalizálásának a legnagyobb prioritást biztosítja. Ennél az alapvető döntésnél már tekintettel voltak az első ISDN-re vonatkozó megállapításokra:

Fordította: Dévényi István

Elhangzott az 1987. máj. 6–7-én tartott VDE konferencián.

1. Az ISDN a digitális távbeszélőhálózatból fejlődik ki;
2. Az ISDN-t az előfizetői végberendezések közötti 64 kbit/s-os transzparens átviteli út és
3. a nemzetközileg szabványosított felhasználói hálózati interfészek csekély száma jellemzi;
4. Ezekon az univerzális interfészekon keresztül kell a távközlőszolgáltatások sokaságát nyújtani.
5. Az ISDN-irányelvnek meg kell engednie a szélessávú szolgáltatások későbbi integrációját, amelyek 64 kbit/s-nál nagyobb bitsebességet igényelnek.

2. Digitális távbeszélőhálózat

Az alapvető döntést követve, miszerint a távbeszélőhálózat digitalizálása a legnagyobb prioritású, stratégiát dolgoztak ki, amely a digitális átviteltechnika és a digitális kapcsolástechnika koordinált bevezetését tette lehetővé.

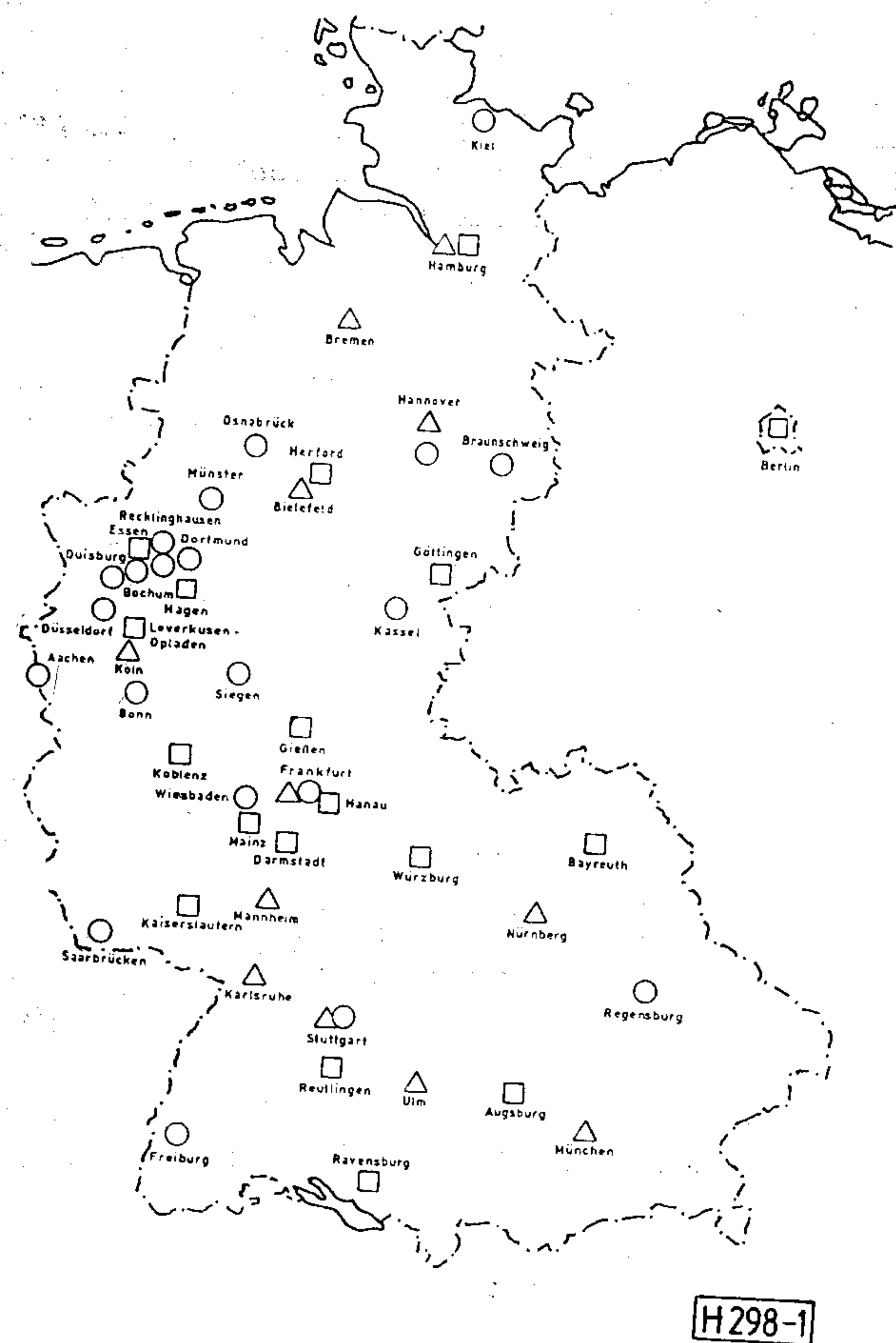
2.1 Digitális átviteltechnika

A digitális átviteli rendszerekről, amelyeket 1970 óta alkalmaznak a Német Szövetségi Posta (DBP) hálózatában, szerzett jó tapasztalatok után 1982 óta a körzet hálózatba csak digitális—főként PCM30 (2 Mbit/s) és PCM480 (34 Mbit/s) — rendszereket szerelnek felszimmetrikus és koaxkábelre. Ennek az eljárásnak eredményeként jelenleg az összes körzet hálózat kb. 35%-a digitális technikával üzemel.

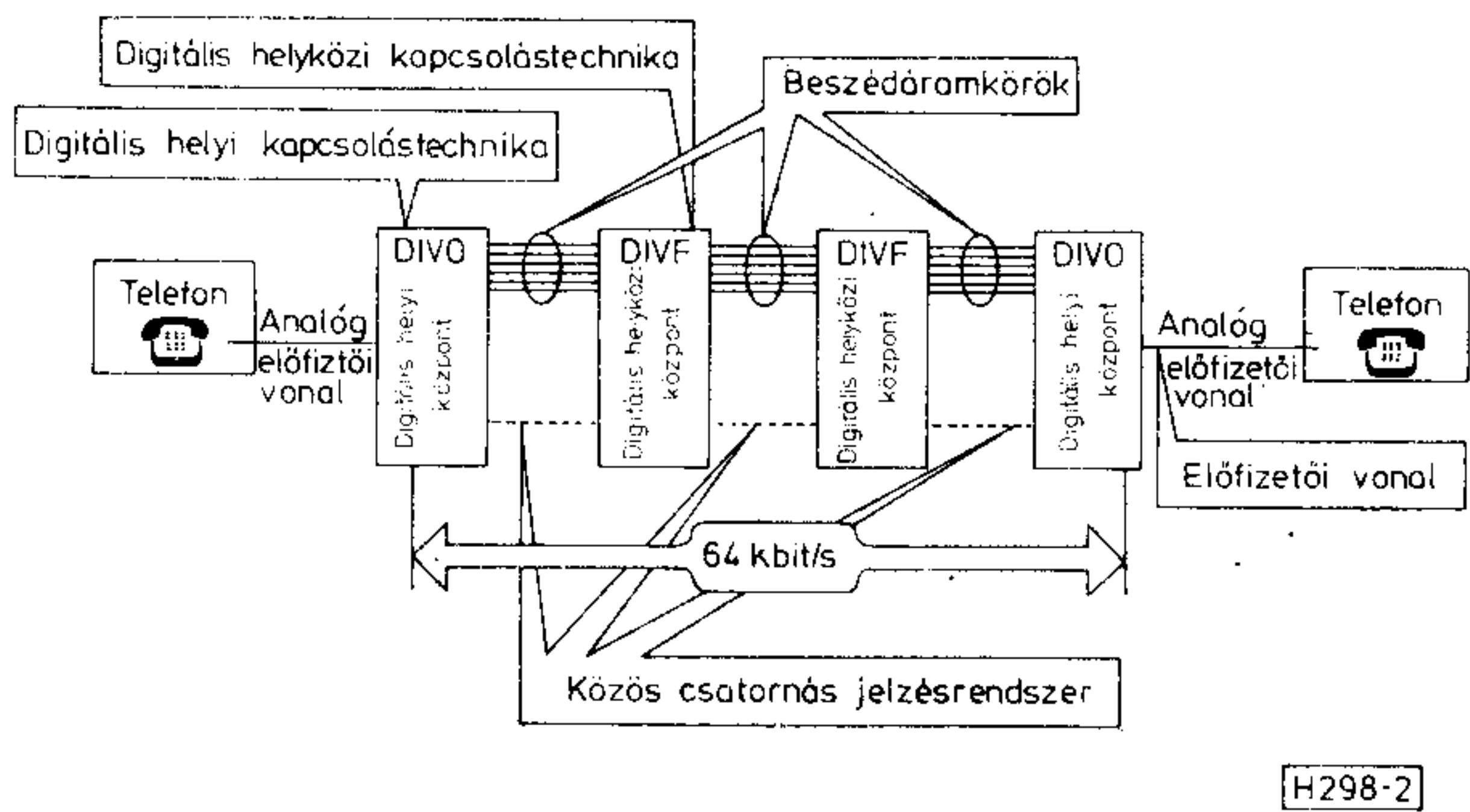
1985/86-ban egy digitális gerinchálózat készült el a helyközi hálózat számára.

2.2 Digitális kapcsolástechnika

A távbeszélőhálózat digitális kapcsolástechnikáját az jellemzi, hogy 64 kbit/s-os csatornák 4 huzalos átkapcsolását teszi lehetővé, de az előfizetői vonal még mindig analóg technikával, szimmetrikus réz-érpárral áll rendelkezésre.



1. ábra. A helyi központok üzembe helyezése. Első telepítés:
 △ = 1986
 ○ = 1987
 □ = 1988



2. ábra. A digitális távbeszélő hálózat

A digitális kapcsolástechnika bevezetési stratégiájának a következő pontokat kell figyelembe vennie:

- A nemzeti és nemzetközi átviteli tervet,
- az új bekapcsolásokra vonatkozó éves igényt,
- a meglévő központokban rendelkezésre álló helyet,
- a digitális átviteltechnikával való koordinációt,
- a távközlési ipar rendszereket előállító és üzembehelyező kapacitását,
- a bővítésekre és helyettesítő beruházásra szükséges beruházási eszköz igényét,

— a nagytávolságú hálózatban jelentkező nagy forgalomnövekedést.

A Német Szövetségi Posta (DBP) a következő szabályokat állította fel a fenti megnevezett előfeltételeket feltételezve:

1. A bevezetési stratégiában a helyközi központok prioritást kapnak a helyi központok előtt.
2. A gazdasági csomópontokban jelenleg meglévő helyközi központokat digitális részekkel bővítik, amelyet egy második fázisban a vidéki területeken lévő helyközi központok kicserélése követ.
3. A digitális helyi központokat mindig digitális helyközi központtal kötik össze. A digitális helyi központoknál a teljes, jelenlegi központok lecserélése következik be (kezdve szintén a gazdasági csomópontokban és a növekvő digitalizációval vidékre is kiterjesztve).
4. Az analógról a digitális kapcsolástechnika beszerzésére való átmenet 5 év alatt következik be.
5. A helyközi központok üzembe helyezése 1984. második felében kezdődött, amelyet a helyi központok üzembe helyezése követett 1985. első felében (1. ábra).

Ezen szabályozások alapján 1990-ig több, mint 100 helyközi központot és kb. 200 helyi központot szerelnek majd fel, amelyek a távolsági áramkörök 35%-át kapcsolják, illetve kb. 3 millió előfizetőt látnak el.

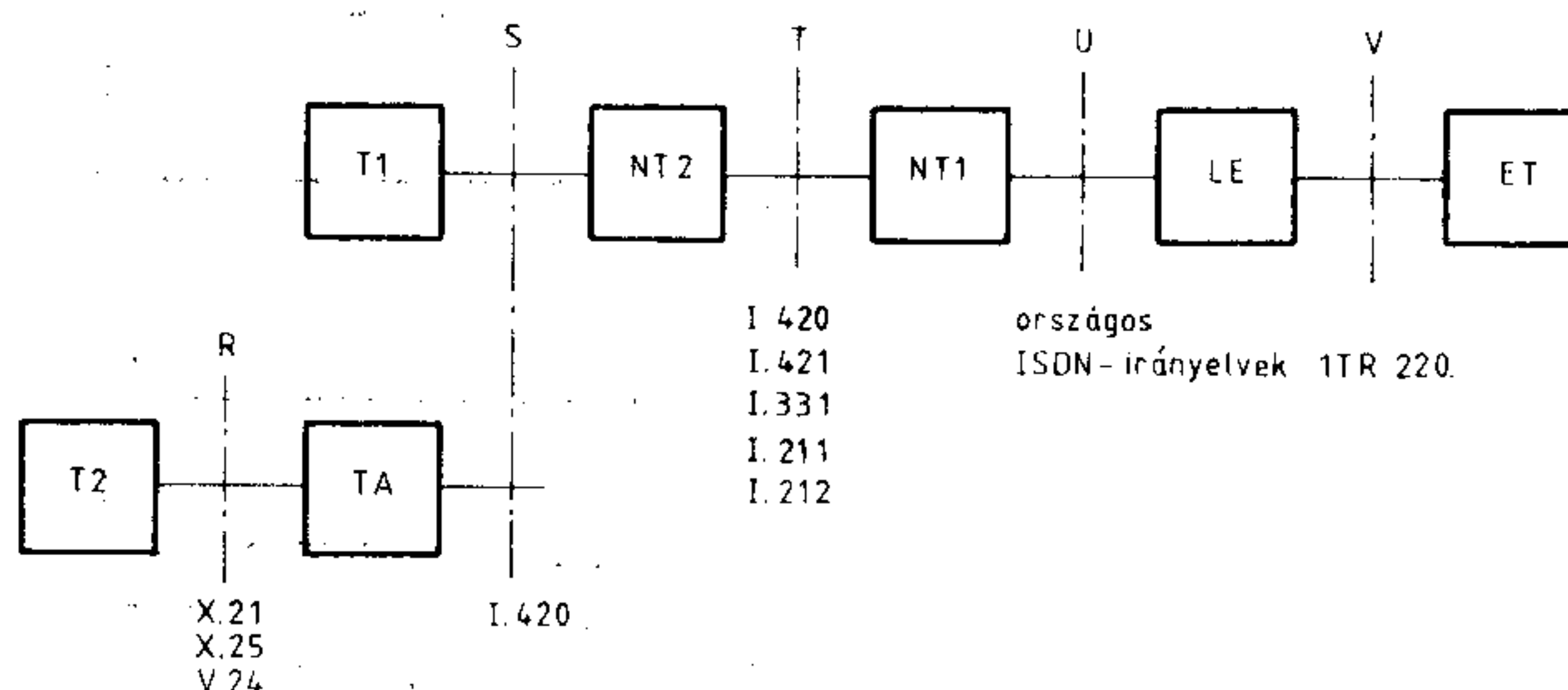
Minden helyközi központ teljes digitalizálása 2003-ra fejeződik be, az összes helyi központoké pedig legkésőbb 2020-ra várható.

3. Az ISDN műszaki koncepciója

A távbeszélőhálózat digitalizálásával megtörtént az első lépés az ISDN irányába (2. ábra). Az előfizetői hálózat digitalizálása képezi az utolsó lépést egy teljesen digitális összeköttetéshez, amely lehetővé teszi, hogy nagyszámú különböző szolgáltatást 64 kbit/s alapon egyidejűleg egy hálózat kínáljon fel.

3.1 Az ISDN-referenciakonfiguráció

Az univerzális felhasználói interfész nemzetközi szabványosításának alapjául a CCITT szakértői



Magyarítás:
 T1 - ISDN-végberendezések
 T2 - Hagyományos végberendezések
 NT1 - Hálózati végződések
 LE - Vonalvégződés / vonalvégződé berendezés
 ET - Központvégződés
 TA - Végberendezés-illesztő

Az R,S,T,U és V vonatkoztatási pontok az ISDN-előfizetői vonalánál

H298-3

3. ábra. Az ISDN — Referencia konfiguráció

kifejlesztettek egy ISDN-referenciakonfigurációt (CCITT I. 411 ajánlás). Ez a referenciakonfiguráció a funkciók csoportosítását mutatja, ezen funkcionális csoportok közti úgynevezett referenciapontokkal (3. ábra).

Az ISDN végberendezések vagy az *S*- vagy a *T*-referencia-interfészekhez csatlakozhatnak, attól a funkciótól függően, amit a hálózati végződés valósít meg.

Ha a hálózati végződés kizárólag átviteltechnikai funkciókat végez, akkor az *NT1* kategóriába soroljuk; ha funkciói között önálló kapcsolási funkciók is vannak (pl. alközpont), akkor az *NT2* kategóriába tartozik.

Hosszabb átmeneti időszakra az ISDN támogatja a jelenlegi interfésszel (pl. X. 21, X. 25, V. 24 stb.) ellátott végberendezéseket.

Az ilyen végberendezéseket az *R* referenciaponton végberendezési adapterrel lehet csatlakoztatni, amely gondoskodik a jelenlegi interfész-szabvány és az ISDN felhasználói-hálózati interfész közti elektromos és procedurális átalakításról.

3.2 Szabványosított ISDN-interfészek

Az ISDN-referenciakonfigurációval a CCITT távközlési szakemberei megkezdték az előfizetői hálózati interfészre vonatkozó szabványosítási munkájukat. Különösen az ISDN-alapcsatlakozási in-

terfész tekinthető a híradástechnika történetében kulcselemnek (CCITT I. 420 ajánlás). Ezen az interfészen, amely az *S*-referenciaponton éppúgy alkalmazható, mint a *T*-referenciaponton, 2 független 64 kbit/s-os alapcsatorna (*B*-csatorna) és egy 16 kbit/s-os jelzőcsatorna (*D*-csatorna) érhető el. Ennyiben az alaphozzáférés interfésze univerzális „távközlési konnektor”-nak tekinthető.

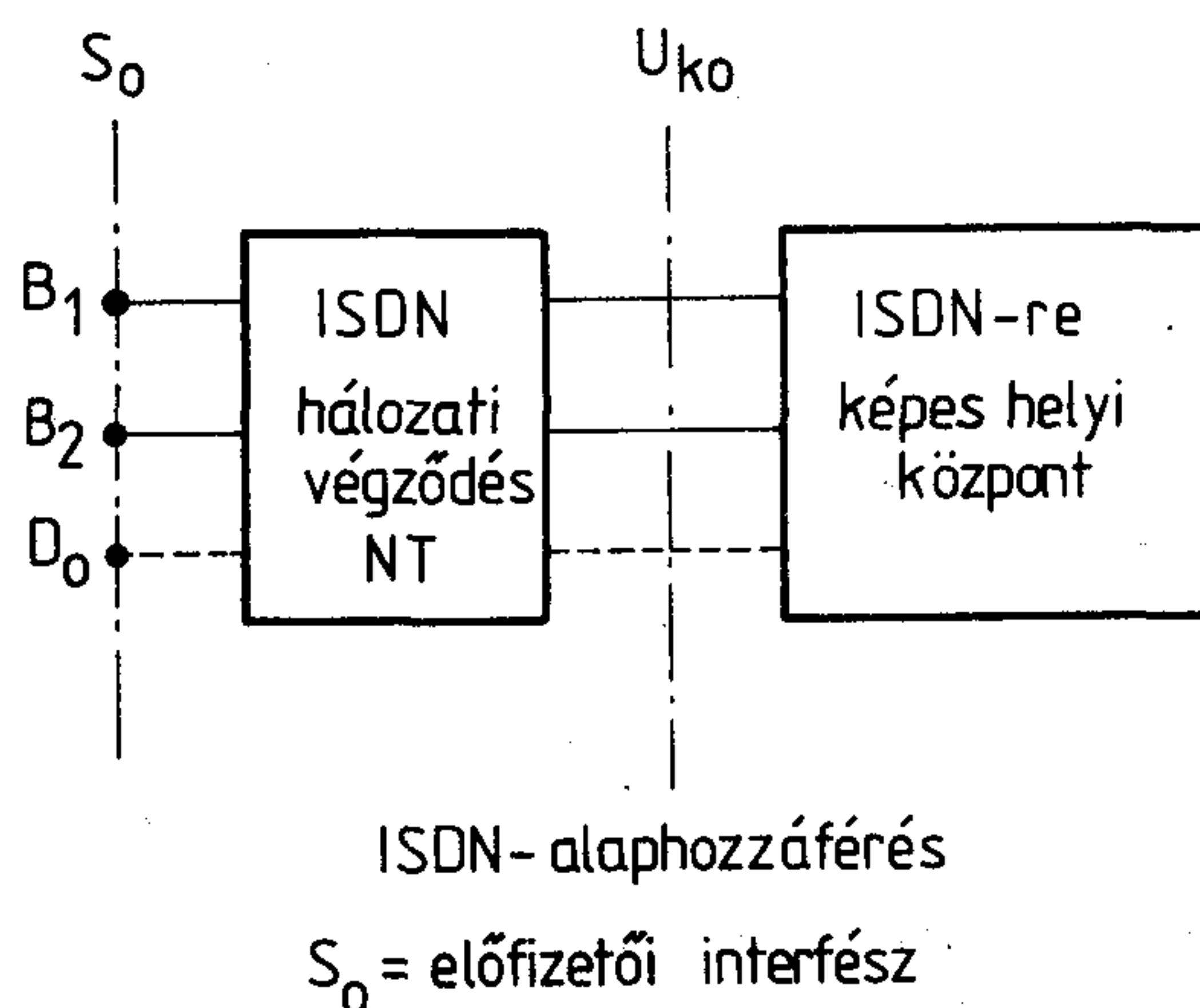
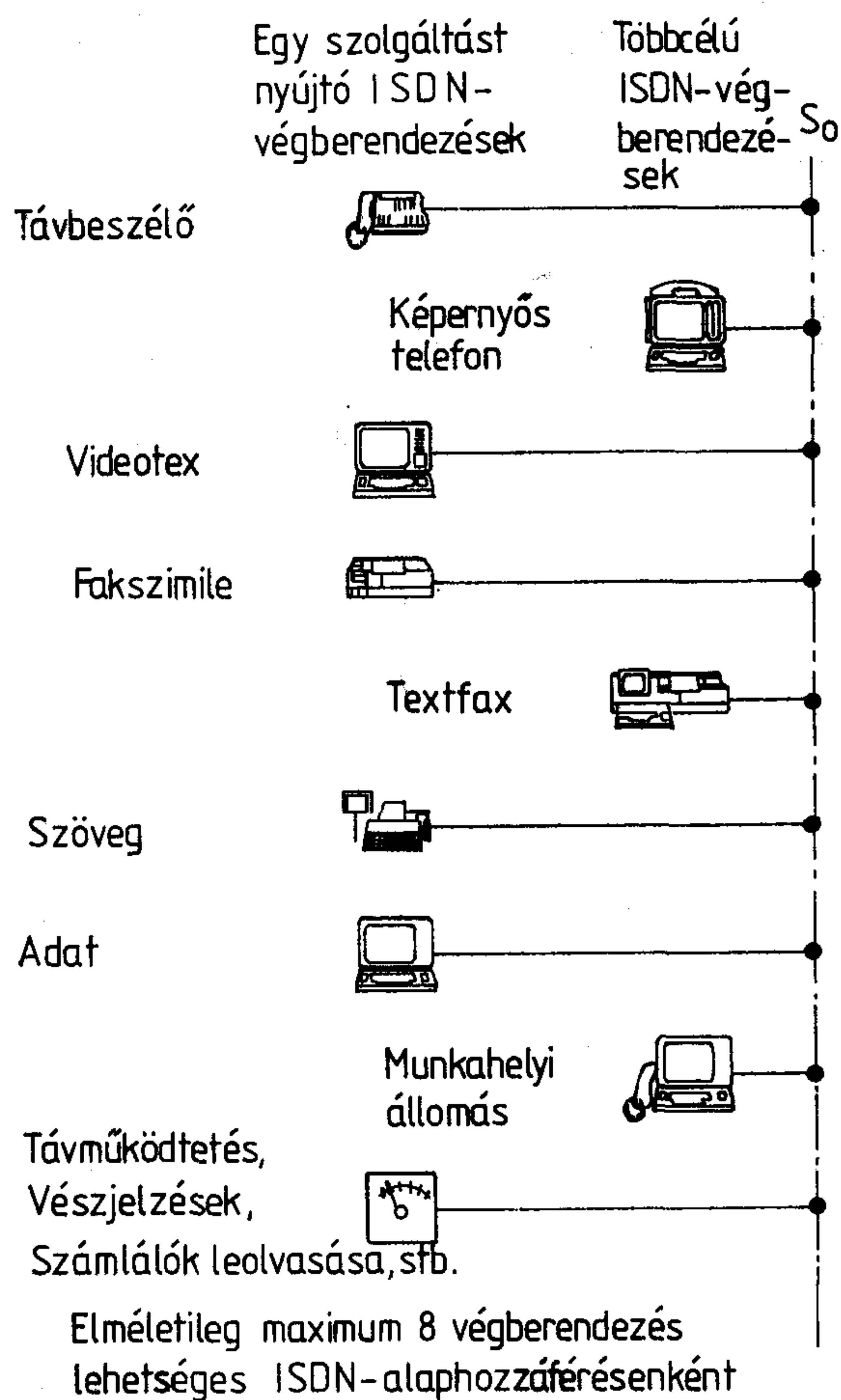
A Német Szövetségi Posta ennek az univerzális interfésznek jelentőségét felismerte és passzív busz formájában *So*-interfészként bocsátja rendelkezésre (4. ábra).

Nagyobb alközpontok csatlakoztatására elkészítik még a 30 *B*-csatornás és egy 64 kbit/s-os *D*-csatornás csatlakozót (a CCITT I. 421 ajánlásának megfelelően).

3.3 A digitális előfizetői vonal

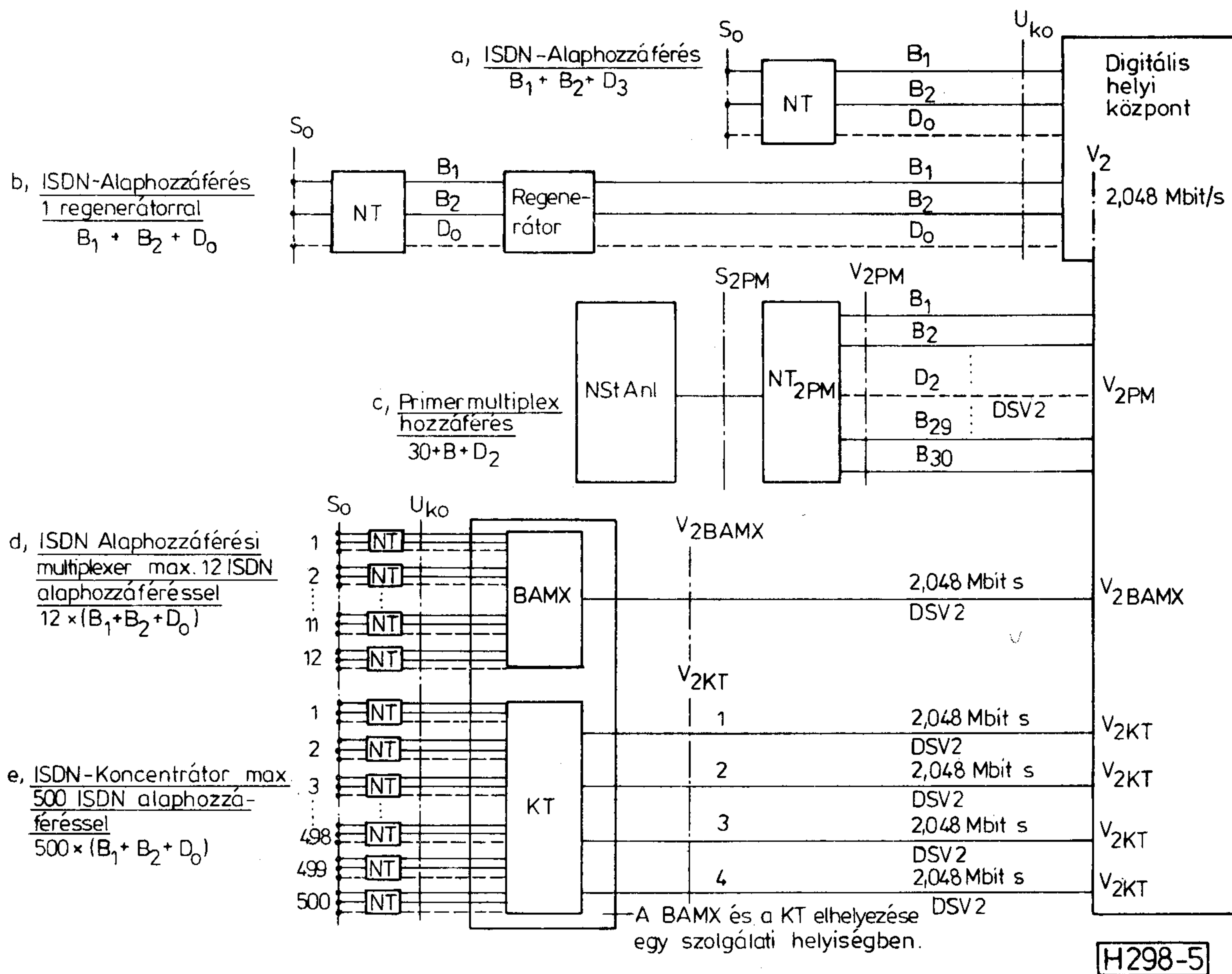
Hogy az univerzális ISDN-interfész előnyei kihasználhatók legyenek, a digitális láncon belüli utolsó szakaszt, az előfizetői vonalat is digitalizálni kell. Mivel az előfizetői hálózat vette igénybe előfizetőnkénti individuális szimmetrikus rézérpárjaival az utóbbi évtizedek beruházási eszközeinek orozslán-részét, bölcs dolognak tűnt ezt a létező potenciált a digitális átvitelhez is felhasználni.

Következésképpen a DBP, a német távközlési iparral együtt minden erőfeszítést megtett, hogy



H298-4

4. ábra. Az ISDN alaphozzáférés



5. ábra. Az ISDN csatlakozások

az alábbi követelményekkel bíró digitális átviteli rendszert specifikáljon.

1. Az előfizetői hálózat létező rézérpárjainak felhasználása,
2. Átkapcsolás nélküli előfizetői hálózat,
3. Az ISDN-alaphozzáférés két 64 kbit/s-os *B*-csatornájának és a 16 kbit/s-os *D*-csatornájának támogatása,
4. Teljes kompatibilitás a létező analóg átviteli rendszerekkel,
5. A rendelkezésre álló kábelek max. 100%-ig való kihasználása,
6. A rendszernek az előfizetői hálózat minden hossztartományát le kell fednie. Azok a rendszerek, amelyek az aktív regenerátorok szükségességét csökkentik, előnyben részesítendőek.

A tanulmányok következményeként egy visszhangkompenzációs digitális átviteli rendszer javára döntöttek. Ilyen rendszer igéri a fent nevezett követelmények legmesszebbmenő betartását.

4. Az ISDN-próbaüzem

Az ISDN-próbaüzem célja az ISDN műszaki összetevőinek kipróbálása. Az ISDN-próbaüzem semmi esetre sem piackutatási célú, nem is az ISDN elfogadásának tesztje. A Német Szövetségi Posta (DBP) azon a véleményen van, hogy az ISDN vonzó volta magáért beszél. Piackutatásnak csak

akkor lenne értelme, ha elég nagyszámú ISDN-előfizető országosan kommunikálhatna egymással.

Az ISDN-próbaüzem célja ezért az, hogy kipróbálja a DBP specifikációival összhangban elkészült ISDN összetevőket, és megállapítsa, hogy a különböző gyártók termékeinek együttműködése problémamentes-e (5. ábra).

A kísérleti üzemet a Német Szövetségi Köztársaság két városában vezetik be: Mannheimben és Stuttgartban. Úgy tervezik, hogy mindkét helyen kb. 400 hozzáférést biztosítanak. Az ISDN-próbaüzemet különböző fokozatokban hajtják végre.

1. fokozat (1987. januártól)

Az ISDN alapfunkciók tesztelése, a kapcsolási rendszerek és az egyéb ISDN összetevők (ideértve a végberendezéseket is) közti kompatibilitásnak a felülvizsgálata.

2. fokozat (1987. áprilistól)

A hálózati összetevők, úgymint hálózati végződések (NT), alaphozzáférési multiplexerek (BAMX) és végberendezés-illesztők (TA, a/b, TA X. 21.), teljes mennyiségének leszállítása és felépítése.

3. fokozat (1987. májustól)

A nem beszéd-végberendezések (Teletex-, Telefax-, Textfax-, többcélú végberendezések) és alközpontok kipróbálása.

4. fokozat (1987. májustól)

A különböző komfortfokozatú ISDN-telefonkészülék kipróbálása. (Ezért kb. 2000...3000 digitális telefonkészülék kerül bevetésre.)

5. fokozat (1987. novembertől)

Az ISDN közöscsatornás jelzésrendszerének (CCITT No 7-es jelzésrendszer) helyi- és helyközi központok közötti kipróbálása. Ehhez a fokozathoz további négy központot létesítenek.

Az alábbi berendezéseket próbálják ki az ISDN-próbaüzemben:

- az ISDN-központokat funkcionális moduljaikkal
- alaprendszer (processzor, szoftver és kapcsolóhálózat),
- digitális előfizetői alaphozzáférés,
- digitális trónkhoz záférés (2 Mbit/s),
- közöscsatornás-jelzésadó-modul (CCITT No 7-es jelzésrendszer),
- operációs és igazgatási modul (az üzemeltetés és a fenntartás számára),
- csatlakozó modulok az alaphozzáférési multiplexerek és a koncentrátorok számára,
- analóg előfizetői vonalcsatlakozó;

— a hálózati végződéseket

A hálózati végződés (NT) az előfizetői berendezést (S_o-interfészt) köti össze a kéteres előfizetői kábelkel (Uko-interfész). A gazdaságos megvalósítás érdekében speciális VLSI-áramköröket alkalmaznak. A hálózati végződésnek van 220 V-os áramellátása is, hogy a rákapcsolt telefonkészülékeket villamos energiával lássa el. A 220 V-os áramellátás zavara esetén egy kiválasztott telefonkészülék a központtól kap tápellátást. A hálózati végződés belső funkciók moduljait alapvetően a központból táplálják.

— az ISDN-végberendezéseket

Az ISDN-végberendezések teljes palettája fog az ISDN próbaüzemnél rendelkezésre állni.

A Német Szövetségi Posta (DBP) specifikációi alapján fejlesztik ki őket és a CCITT ajánlásokat is figyelembe vették.

ISDN-telefonok:

S_o-interfészzel rendelkező digitális telefonokat három komfortfokozatban próbálnak ki. Felszerelik őket például nyomógombos billentyűzettel, folyadékkristályos kijelzővel, a szolgáltatások aktiválására/deaktiválására szolgáló funkcióbillentyűkkel, szabad memóriával stb.

ISDN-fakszimile-végberendezés:

A modern, mikrogépvezérelt, síkletapogatásos fakszimile-végberendezések egy A4-es oldalt kb. 8 másodperc alatt visznek majd át.

ISDN-teletex-végberendezések:

Az ISDN-teletex-végberendezések a ma szokásos teletex-végberendezések következetes továbbfejlesztései. Általuk lehetővé válik egy A4-es oldal egy másodpercnél kevesebb idő alatt átvitele.

ISDN-textfax-végberendezések:

Az ISDN-textfax végberendezések megengedik a szöveggel és képpel kódolt információ kombiná-

cióját egy iraton belül. Az átvitel automatikusan illeszkedik a forrásinformációhoz. A szöveggel és képpel kódolt információnak ezzel a kombinációjával az iratátvitel jelentősen javítható.

ISDN többcélú végberendezések

Néhány többcélú végberendezés rendelkezésre fog állni az ISDN-próbaüzemben, pl. telefonberendezéseket kombinálnak majd képernyővel és billentyűzettel, amelyek lehetővé teszik a telefonszolgáltatás és a videotex-szolgáltatás használatát.

A végberendezés illesztése

Hagyományos interfésszel rendelkező végberendezések illesztésére a Német Szövetségi Posta (DBP) végberendezés-illesztőket készít. Ezek az adatjelet 64 kbit/s-ra, a jelzésátviteli információt pedig a D-csatorna-protokollra konvertálják.

Készülnek majd TA X. 21-es végberendezés-illesztők a 4-es (2400 bit/s) felhasználói osztályba tartozó X. 21-es interfésszel rendelkező, és a 30-as (64 kbit/s) felhasználói osztályba tartozó CCITT X. 1 szerinti adatvégberendezések bekapcsolására, és TA a/b végberendezés-illesztők a modemes adatvégberendezések és a 2. és 3. csoportú fakszimile-végberendezések bekapcsolására.

ISDN-alközpontok (integrált) kommunikációs rendszerek):

Az integrált kommunikációs rendszerek gyártóinak lehetősége nyílik termékeik üzemszerű körülmények közötti kipróbálására az ISDN-próbaüzemben.

Ezek a berendezések a belső és kifelé irányuló beszéd- és nem-beszéd-kommunikációt éppúgy kínálják majd, mint a tipikus alközponti szolgáltatások nagy számát.

ISDN-alaphozzáférési-multiplexerek/koncentrátorok:

Hogy a kezdetben még ISDN-központokkal fel nem szerelt körzetekben is nyújthatók legyenek az ISDN-szolgáltatások, ISDN-alaphozzáférési-multiplexereket vagy ISDN alaphozzáférési koncentrátorokat szerelnek fel a hagyományos elektromechanikus központokban. Ezek 2 Mbit/s-os trónkkel kapcsolódnak a legközelebbi ISDN-központhoz.

Az alaphozzáférés multiplexerek maximum 12 alaphozzáférés csatlakoztatását teszik lehetővé egy 2 Mbit/s-os trónkon keresztül. Az alaphozzáférés koncentrátorokon legfeljebb 500 alaphozzáférés kapcsolható maximum négy 2 Mbit/s-os trónkre. Mindkét berendezés fontos szerepet játszik az ISDN bevezető szakaszában, mivel az ISDN szolgáltatások elterjedését meggyorsítja.

Mannheimben, Stuttgartban és Darmstadtban a Távközlési Igazgatóságon, valamint ez utóbbi berlini kirendeltségén tesztelőzáférésekkel ellátott laboratóriumokat készítenek elő, hogy a végberendezések gyártói számára elegendő tesztelhetőséget biztosítsanak.

5. Az ISDN üzemszerű bevezetése

Az ISDN-összetevők ISDN-próbaüzem alatti kipróbálásától függetlenül a Német Szövetségi Posta (DBP) már elkészítette a terveket az ISDN-szolgáltatások kereskedelmi bevezetéséről.

A kezdeti szakaszban egy sor ISDN-szolgáltatást kínálnak majd.

Ezek a következők:

- ISDN-távbeszélő,
- ISDN-teletex,
- ISDN-telefax,
- ISDN-(adat)-átviteli szolgáltatás és
- azok a szolgáltatások, amelyeket már ma az analóg telefonhálózatban és a vonalkapcsolt adathálózatban (DATEX-L) nyújtanak.

Tervbe van véve a csomagkapcsolt adathálózat-hoz (DATEX-P) is a hozzáférés. Ehhez fejlesztik jelenleg a megfelelő TA X. 25 végberendezés-illesztőket.

Egy későbbi fázisban (1990/91-től) további szolgáltatások következnek, pl. táv-vázlatkészítés, állóképátvitel, 7 kHz-es sáv szélességű telefonszolgáltatás, képtávbeszélő 64 kbit/s-os képátvitellel. Az ISDN-hozzáférések és az ISDN-ben nyújtott szolgáltatások várható tarifáit már meghatározták az új, 1988. I. 1-től érvényes Távközlési Szabályzatban (TKO).

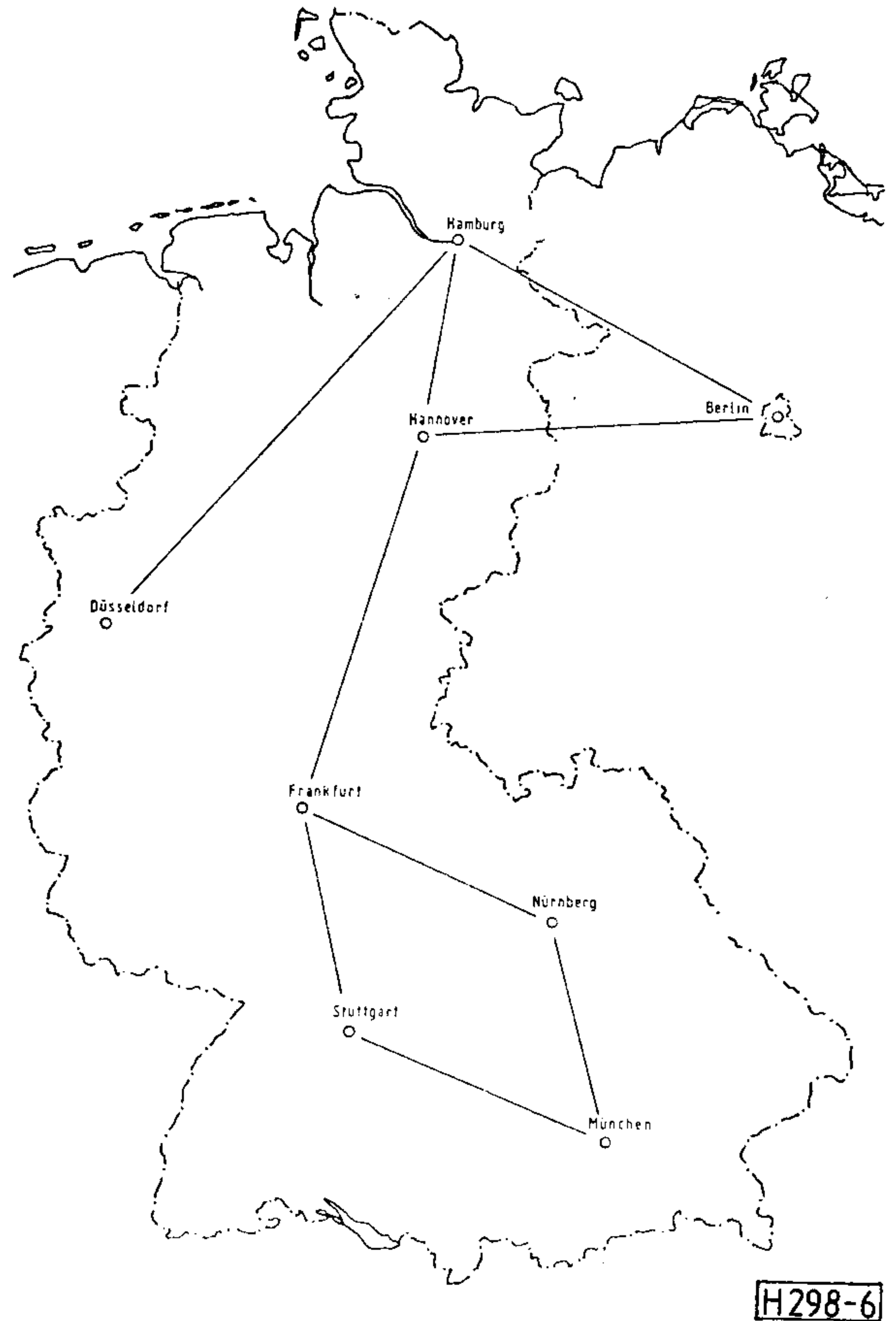
- Egy ISDN-báziscsatlakozó felszerelése eszerint 130 DM-be fog kerülni.
- A havi alapidő 74 DM-et tesz majd ki és tartalmaz minden, az ISDN-ben felkínált szolgáltatásra való előfizetést, ugyanakkor nem tartalmazza a végberendezések (bérleti) díját.
- A forgalmi díjak a telefondíjakkal azonosak (időtől és távolságtól függő díj, alap- és kedvezményes napszakokkal).
- Az ISDN-be bevezetett állandó összeköttetésekre (pl. bérelt vonalak, távolfekvő mellékállomások, keresztirányú trónkok) a kapcsolt összeköttetések tarifája érvényes, azaz a végpontok közti távolság és a tényleges összeköttetési idő határozzák meg a díjat. Az alapköltség fedezésére azonban legalább 80 órás alaptarifa szerinti díjat számolnak fel.

A 64 kbit/s bevezetése a Német Szövetségi Köztársaság nyolc városában kezdődik 1988 második felében. A bevezetési helyeket hálózati stratégiai megfontolások alapján választották és ezek képezik a legmagasabb hálózati hierarchiát. Ezek a következő városok:

Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, Hannover, München, Nürnberg és Stuttgart (6. ábra). Ezekben a helyi hálózatokban összesen 72 körzetet látnak el ISDN-csatlakozásokkal.

Minden 1988 után felszerelt digitális központ tartalmaz ISDN-komponenseket. Ezen túlmenően minden 1985 és 1988 között épített digitális központot egyidejűleg ISDN-komponensekkel egészítik ki.

1990-ben kb. 100 helyközi és 200 helyi, ISDN-komponensekkel ellátott központ fog üzemelni. Mivel az összes telefoncsatlakozásoknak kb. 50%-a a 100 legnagyobb helyi hálózatban található, és a vállalati előfizetők — akik potenciális ISDN-fel-



6. ábra. Az ISDN alkalmazási helyei 1988-ban. A nyolc helyi hálózatnak 8000 ISDN hozzáférést kell biztosítani

használóknak számítanak — főleg ezekben a helyi hálózatokban koncentrálnak, az ISDN-csatlakozások többsége kialakítható anélkül, hogy a helyi hálózat határain kívüli nem anyaközpont-hoz tartozó kapcsolásra lenne szükség.

A kezdeti szakaszban mindazonáltal alaphozzáférési koncentrátorok segítségével lehetővé válik egy helyi hálózat számára határain túlnyúló nem anyagközpont-hoz tartozó kapcsolat.

1993-ig el kell érni az általános területi lefedettséget, úgy, hogy az összes ISDN-csatlakozás kb. 90% hathavi várakozási időn belül létesíthető legyen. A csatlakozási igények fennmaradó 10%-a számára a várakozási idő rendszerint nem haladhatja meg a 12 hónapot, kivételes esetekben mégis elérheti a 24 hónapot.

6. Az áttérés a szélessávú ISDN-re

Ennyit a Német Szövetségi Posta (DBP) 64 kbit/s-os ISDN bevezetésére vonatkozó stratégiájáról. Időközben jelentős erőfeszítéseket tettek, hogy lehetővé tegyenek egy hasonló stratégiát a következő fázis, azaz a szélessávú szolgáltatások implementálására.

Az évtized vége felé, amikor a fényvezető kábel és az optikai rendszerek gazdaságosan rendelkezésre állnak, az ISDN-t szélessávú részekkel bővítik ki. Ezek a szélessávú részek lehetővé teszik majd a keskenysávú szolgáltatások és a szélessávú szol-

gáltatások (távbeszélő, adatátvitel, szöveg- és képátvitel, képtelefon és videokonferencia) integrálását.

Az ISDN alapfeltétele a kapcsolt szélessávú szolgáltatásoknak, mivel az ISDN alapösszetevői, pl. az előfizetői és a központok közti jelzészváltás, a központok vezérlése, a számlásási felfogás, a hálózatszinkronizálás, az áramellátás és a távolsági hálózatban lévő átviteli rendszerek hasonlóképpen felhasználhatók a jövő szélessávú szolgáltatásainak implementálásánál. Ezért ajánlatos az ISDN-t szélessávú ISDN-né való logikai továbbfejlesztésével folytatnunk, amelyben a rézkábeleket kiváltják a fényvezető kábelek és így megteremtik a kapcsolt szélessávú szolgáltatások alapfeltételét.

Mint ahogy a 64 kbit/s-os ISDN is, a szélessávú ISDN is nemzetközi szabványosítást követel meg. Csak ezen előfeltétel mellett lehetséges a szélessávú ISDN szolgáltatások eredményes bevezetése, és csak a hálózat ilyen irányú továbbfejlesztésével kerülhetők el a kettős beruházások. Különálló központok és különálló hálózatok az ISDN mellett többletköltséget eredményeznének és nem lesznek gazdaságosan üzemeltethetők.

7. Továbbfejlesztés az integrált szélessávú távközlőhálózat felé

Mint már ebben a beszámolóban megírtuk a Német Szövetségi Posta (DBP) új hálózatok kialakítása helyett a hálózat továbbfejlesztésére kényszerül.

A hálózatnak ebben a továbbfejlesztésében több fázison kell áthaladni. Ezek a fázisok vezetnek az analóg távbeszélőhálózattól az integrált univerzális szélessávú távközlőhálózathoz és műszakilag önmagukban konzisztens lépésekkel írhatók le (7. ábra):

1. A hálózati elemek digitalizálása, átviteltechnika (1970 óta), kapcsolástechnika (1980 óta).
2. A digitális távbeszélőhálózat (1986-tól), 1. integrációs fokozat (átviteltechnika és kapcsolástechnika).
3. ISDN (1988-tól), 2. integrációs fokozat (64 kbit/s-os szolgáltatások).
4. Egyedi szélessávú szolgáltatások ISDN-be integrálása (kb. 1992-től), 3. integrációs fokozat.
5. Az elosztószolgáltatások ISDN-be integrálása (kb. 1995-től), 4. integrációs fokozat.

Szolgáltatások	Mai hálózatok	1988-tól	1992-től	1995-től
távbeszélő, adatátvitel a telefonhálózaton, telefax 2/3 m, videotex	Távbeszélőhálózat	ISDN	ISDN 64 kbit/s és n × 64 kbit/s	Univerzális hálózat
Telex Datex-L Teletex Datex-P Telefax 64 kbit/s	Integrált távíró- és adathálózat	64 kbit/s		
képtávbeszélő videokonferencia	BIGFON	videokonferencia kísérleti hálózat		
rádióműsorszórás televízióműsorszórás	közösségi antennarendszerek	BK-hálózatok	BK-hálózatok	

7. ábra. Univerzális hálózat felé való továbbfejlesztés

E legutóbbi műszaki fejlesztés elősegítésére a Német Szövetségi Posta (DBP) a Németországi Szövetségi Köztársaság különböző városaiban már implementálta a BIGFON-t.

A BIGFON-nal először kínálkozik a lehetőség éppúgy keskenysávú, mint szélessávú egyedi kommunikáció lebonyolítására és ezen túlmenően egyetlen hálózaton belül szélessávú elosztószolgáltatások rendelkezésére bocsátására is. Ez a kísérleti fázis 1986-ig tart. Azért, hogy a szükséges fényvezető infrastruktúra 1992-re a szélessávú ISDN-hez az előfizetői hálózatban is rendelkezésre álljon, már 1986-ban 14 helyi hálózatban, 1987-ben pedig további 15 helyi hálózatban fényvezető csatlakozásokat szerelnek fel.

Ezek a csatlakozások szélessávú szolgáltatásokat (mint pl. videokonferencia, gyors adatátvitel)

kínálnak már a szélessávú ISDN előtt az érdekelt felhasználóknak.

Ezen munkák következetes továbbvezetésével 1992-re megteremtődnek majd a szélessávú ISDN gördülékeny bevezetéséhez a legkedvezőbb feltételek.

Egész sor vélemény van az információs korszak bevezetése ellen, amelyben csaknem határtalan hozzáférési lehetőséget teremtenek mindenfajta információhoz. Egy igazgatásnak, mint a Német Szövetségi Posta (DBP), amelyik a jövőben is hajtóerő szeretne lenni a távközléstechnikában, szembe kell szállnia ezzel a kihívással.

Ebben az összefüggésben a stratégiák és irányelvek, amelyeket a Német Szövetségi Posta (DBP) az ISDN bevezetésére kifejlesztett, alapvető feltételeit jelentik új technológiák sikeres alkalmazásának, amelyeket mindenki használhat és amelyek minden ember sikerét kell, hogy szolgálják.

Képfeldolgozás többdimenziós rendszerelmélet segítségével

HANS MARKO

Müncheni Műszaki Egyetem, Híradástechnikai Tanszék



HANS MARKO

A Stuttgarteri Műszaki Egyetemen tanult és doktorált. 1953-ban lépett be a mostani stuttgarteri Standard Elektrik Lorenz AG-be fejlesztő mérnökként. Azután 10 évig az átviteltechnika területén dolgozott az iparban, majd a Müncheni Műszaki Egyetem Híradástechnikai Intézet vezetésével bízták meg. Következésképpen foly-

tatta kutatómunkáját a² átvitel és az ehhez kapcsolódó területeken: számos irányadó tanulmányt írt pl.: a biológiai rendszerekben történő jelfelvételről, -feldolgozásról és -átvitelről. A VDE Híradástechnikai Társasága a Karl Küpfmüller díjjal tüntette ki. 1986-ban a Darmstadti Műszaki Főiskola a Tiszteletbeli Mérnök-doktor címet adományozta neki.

Összefoglalás:

A K. Küpfmüller által megalapított hírközlés rendszerelméletét lehet többdimenziós jelekre, mint például álló vagy mozgó képekre vagy képsorozatokra, alkalmazni. Itt a matematikai módszerekre utalunk. Sok példával illusztráljuk az optikai képfeldolgozási módszerek alkalmazását.

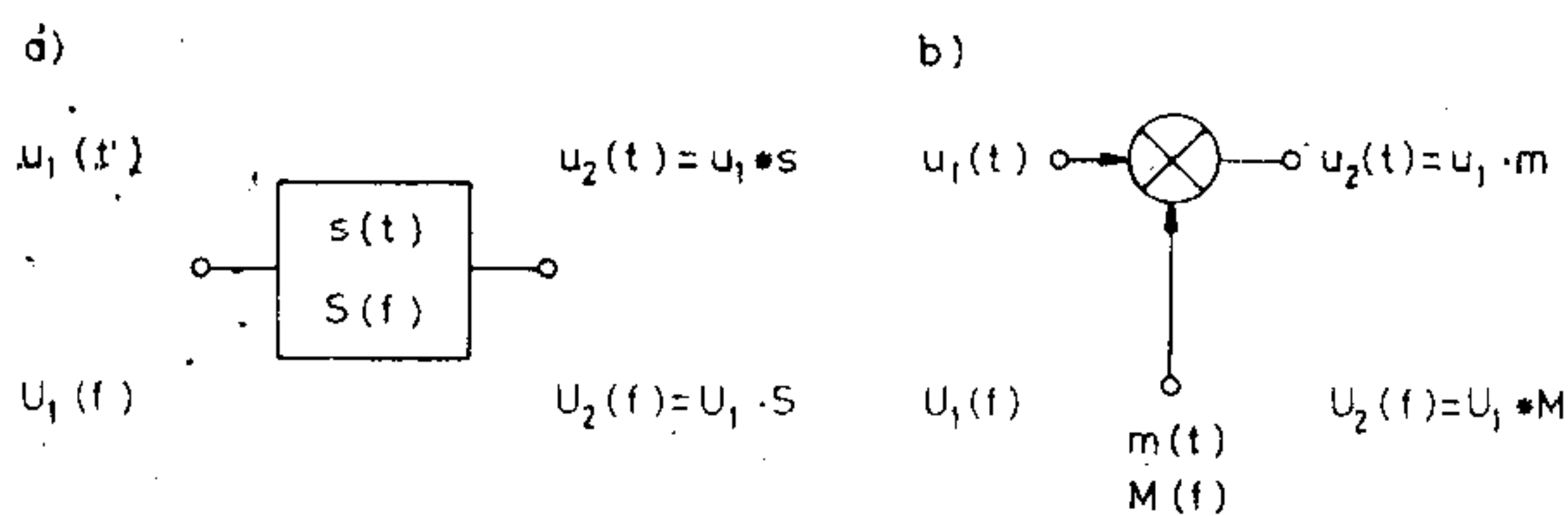
1. Matematikai alapok

A hírközlés rendszerelmélete [1] időjelekkel, tehát egydimenziós folyamatokkal foglalkozik. Az egydimenziós Fourier-transzformációt használja fel arra, hogy az $u(t)$ időjelhez hozzárendelje az $U(f)$ spektrumát. Az 1. ábra a jelátvitel, valamint a jeltranszformáció alapszabályait mutatja be a hírközlés két legfontosabb rendszertípusánál, azaz a lineáris és időinvariáns rendszerénél, illetve az ideális modulátornál [2]. Itt a * szimbólum a konvolúciót jelenti, vagyis a következő műveletet

$$u_1 * u_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} u_1(t-x)u_2(x) dx.$$

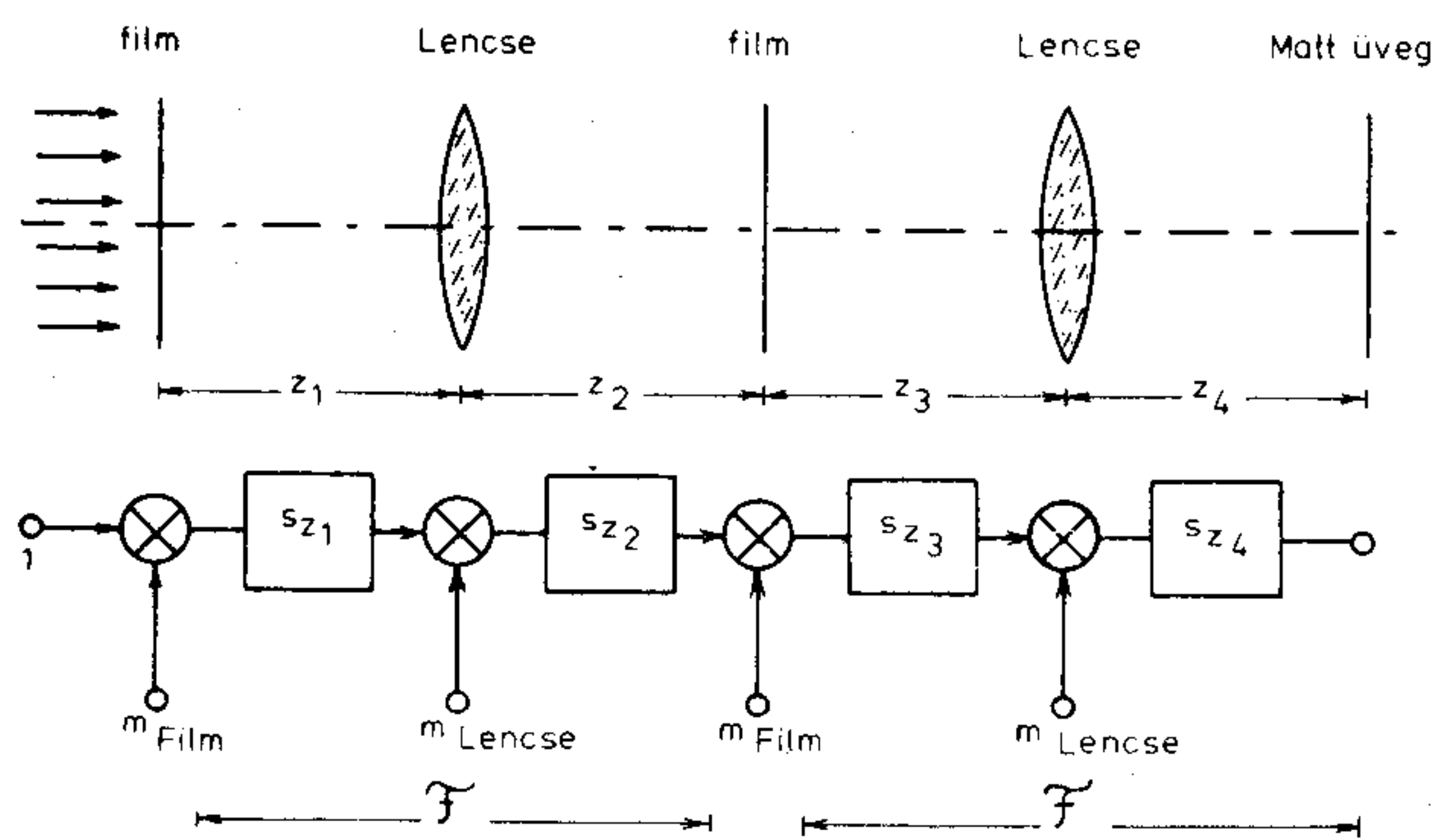
A lineáris időinvariáns rendszer átviteli függvénye (rendszerfüggvénye) $S(f)$, súlyfüggvénye $s(t)$. Ezek $s(t) \circ \bullet S(f)$ Fourier-párok. Ugyanígy az ideális modulátor tetszőleges vivőfüggvénye $m(t) \circ \bullet M(f)$. Ugyanezeket a matematikai műveleteket át lehet vinni többdimenziós jelekre. Ezt mutatja be a szerző az ún. 'homogén rétegek' esetén, melyek például az idegrendszer ingerületátviteléhez modellként szolgálhatnak. A [3]-ban találjuk ennek a rendszerelméletnek a koncepcióját és törvényszerűségeit. Az optikában és képfeldolgozásban is lehet alkalmazni a többdimenziós (itt kétdimenziós) rendszerelméletet, különösen a koherens fény felhasználásával. A [4]-es munka foglalja össze az ehhez szükséges számításokat és módszereket. A továbbiakban megadunk egy koherens-optikai képfeldolgozó rendszert, melyet rendszerelméleti módszerekkel le lehet írni és melyen megfelelő dimenzióválasztásnál lokális Fourier-transzformációt lehet végrehajtani.

A 2. ábra felső részében egy képfeldolgozásban alkalmazott koherens-optikai elrendezés látható. Az alsó rendszerelméleti modell lineáris, térinvariáns részek (térbeli átvitel) és ideális modulátorok (filmek és lencsék) láncolatából áll. Egy lencse modulációfüggvénye megfelel egy kvadrátikus fázisfüggvénynek. Ha a lencsék gyújtótávolságai a z_1 és z_2 geometriai távolságnak felelnek meg, a tér-lencse-tér hozzárendelés alkalmazása Fourier-transzformációt valósít meg. Egy, kétlépcsős Fourier-transzformáló szakaszból álló rendszer úgy hat mint egy lineáris térinvariáns rendszer, amelynek az $S(f_x, f_y)$ átviteli függvényét az $m_{\text{film}}(x, y)$ modulációfüggvény adja meg. Amennyiben $S(f_x, f_y)$ komplex vagy bipoláris, holográfikusan előállított függvényeket kell használni a Fourier-sí-



H293-1

1. ábra. Egydimenziós rendszerelmélet alapszabályai a. lineáris időinvariáns rendszer; b. ideális modulátor

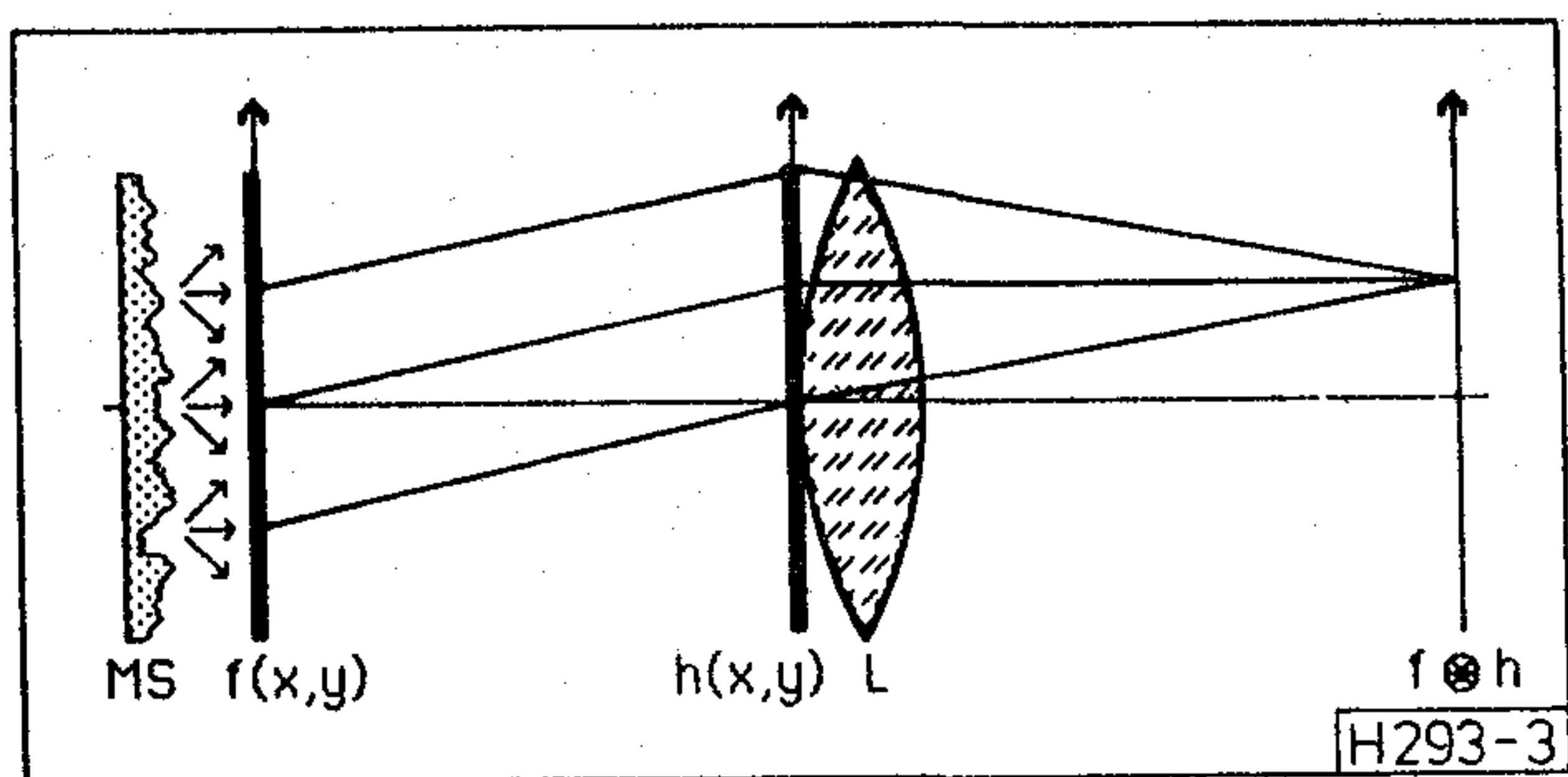


H293-2

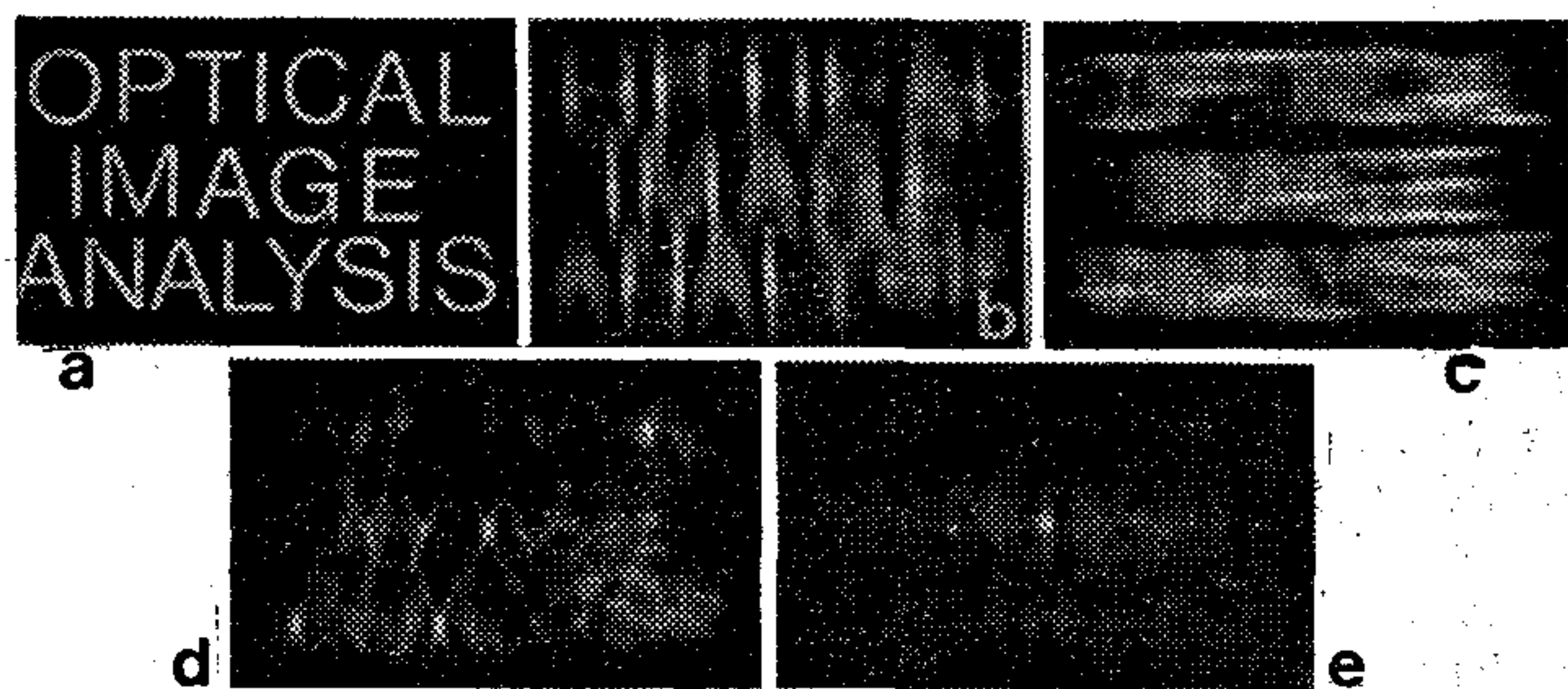
2. ábra. Koherens-optikai képfeldolgozó rendszer; Fourier-transzformáció részére

Fordította: Koutny Ilona

Elhangzott az 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián.



3. ábra. Mattüveg-korrelátor. $f(x, y)$ bemenőfüggvény; $h(x, y)$ rendszerválasz; $f(x * h)$ korrelációfüggvény



H293-4

4. ábra. Nem koherens-optikai korreláció. a. bemenőfüggvény; b. korreláció függőleges csíkokkal; c. korreláció vízszintes csíkokkal; d. korreláció A-betűvel; e. korreláció a bemenőjellel, ami az autokorrelációs függvényt adja.

kon. Egy ilyen hozzárendeléssel minden lineáris szűrőművelet végre lehet hajtani. Így például alkalmazni lehet a zajok jelenlétében történő optimális jelszűrést (Wiener-szűrő) is zajos képekre.

2. Kísérletek és illusztrációk

A lineáris rendszerelmélet alapötletét nagyon szépen be lehet mutatni a régen ismert mattüveg-korrelátor segítségével (3. ábra): a bemenő képsík minden képpontja ugyanazt, a rendszert jellemző világosságeloszlást hozza létre a kimenő képsíkon, a hozzárendelt helyen. A bemeneti pontok világosságával súlyozott súlyfüggvények összege a kimeneti jelet konvolúciós szorzatként adja. A mattüveg-korrelátor, melyet Meyer-Eppler [5] vezetett be, megengedi a helyi sávszélesség szorzatot 10^5 -ig [6, 7].

Illusztrációként az f bemenő függvény legyen az 'OPTICAL IMAGE ANALYSIS' betűsorozat és korreláljuk ezt néhány függvénnyel, melyeknek az eredményét könnyen lehet interpretálni. Az eredményeket a 4. ábra foglalja össze. Meg kell jegyeznünk, hogy nemkoherens-optikai feldolgozás esetén mind a jel, mind a felbontás magja egypólusú függvény.

A nemkoherens-optikai feldolgozásnak egy további, érdekes alkalmazása az a modell [8], amely a tengelyentúli tomográfiában a képelőállítást szemlélteti: ebben a technikában a röntgenátvilágításból nyert vetületekből számolják ki a rétegek képeket [9, 10]. Rendszerelméletileg ez azt jelenti, hogy a leképezendő tárgyról csak vonalintegrálok ismertek, ahol is egy bizonyos irányban a vonalintegráljai a centrális metszet

elmélete alapján a tárgy Fourier-transzformáltjainak a lefedését adják egy olyan egyenes mentén, amely erre az irányra merőleges és a frekvenciatartomány origóján átmegy. A mindenirányú vetületek együtt teljesen kitöltik a frekvenciatartományt, mégis a frekvencia értékével arányos csillapítással, ami viszont könnyen javítható.

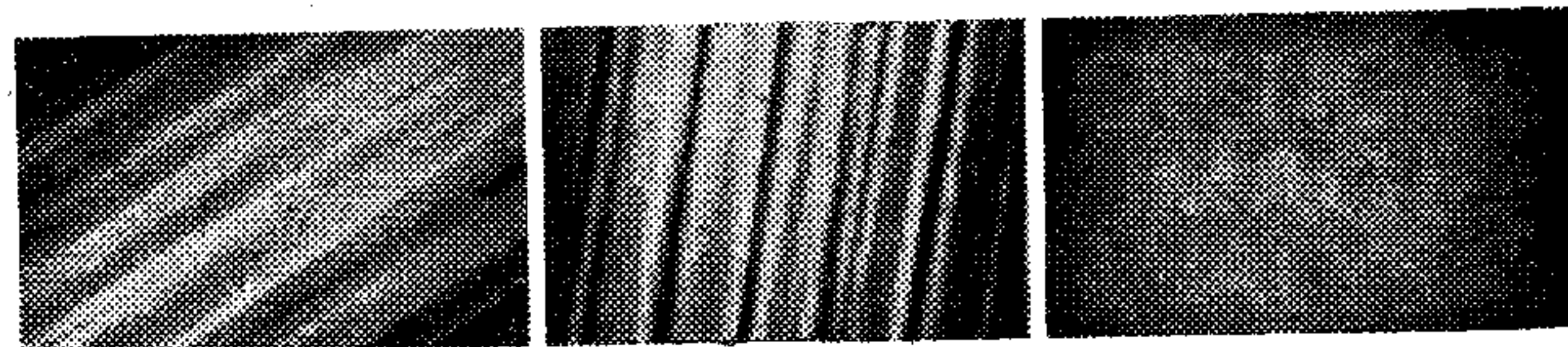
Így nemkoherens optikai úton elegánsan meg lehet mutatni az összes vetület visszavetítését és összegzését: egy szokásos optikai leképezéshez beteszünk egy hengerlencsét, így vonalas pontválaszt kapunk, amivel szimuláljuk a vetítést és visszavetítést. Ha a hengerlencsét folyamatosan forgatjuk, akkor a visszavetítések összegződnek az ún. 'layergram'-ban, melyet ha a

$$H(f_x, f_y) = k \cdot (f_x^2 + f_y^2)^{0,5} \text{-tel}$$

lineárisan és helyinvariánsan megszűrünk, a rétegek ideális rekonstrukciójához jutunk. Az 5. ábra mutatja a layergramok létrehozását.

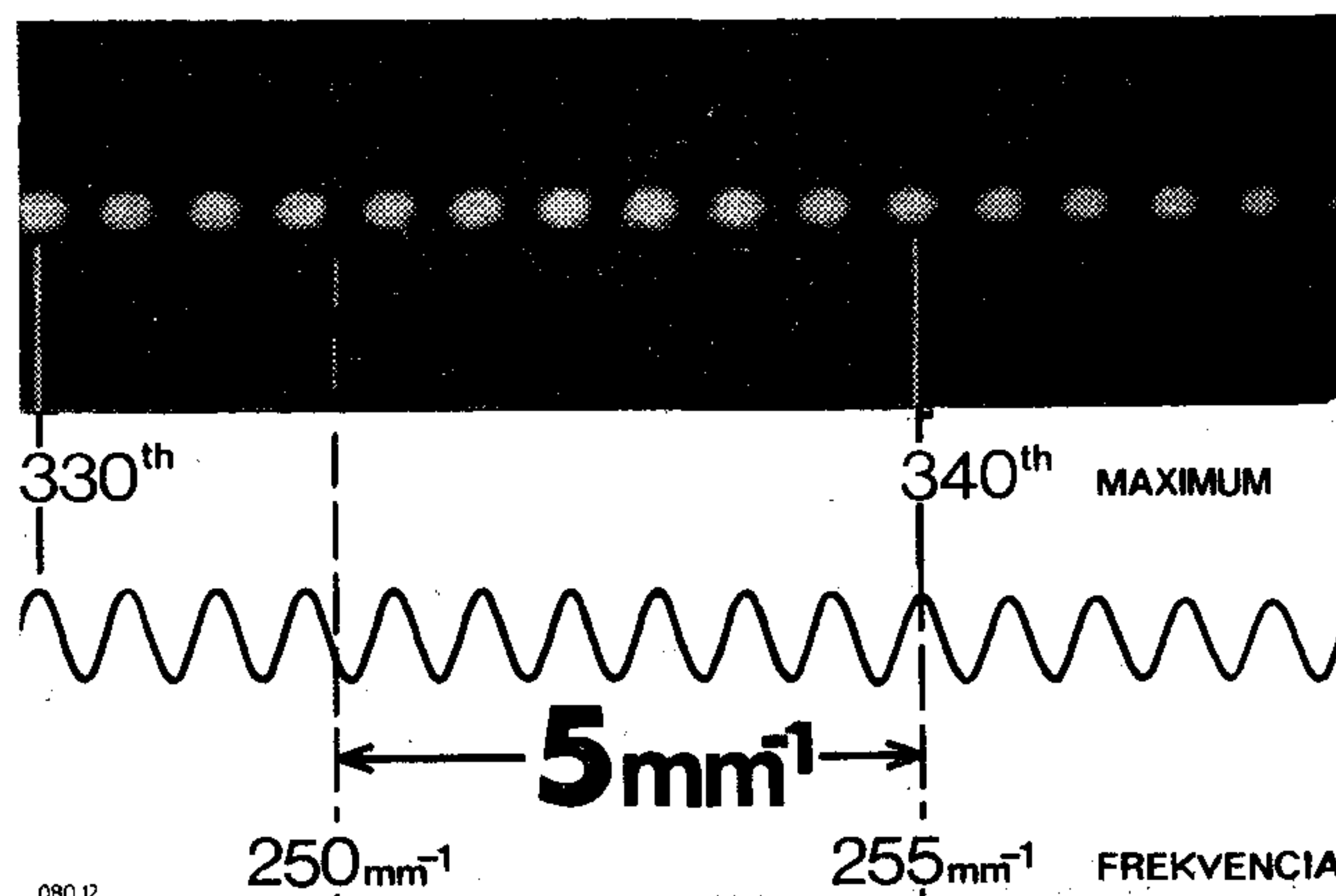
Az adatátvitel fizikai korlátai miatt a tomográfia abban a helyzetben van, mint egy fényképész, akinek csak hengerlencsái vannak a felvételhez. Mivel egy gömbfelülettel határolt lencsének pontszerű leképezése van, ezért a végtelen sok pontsorozat összetételével és az azt követő szűréssel megfelelő vonalas leképezést kapunk. A számítógépes tomográfiában megnehezíti a dolgot az, hogy a vetületeknek csak véges halmazát lehet mérni, ami bizonyos korlátozásokhoz vezet. Ezek speciális képbontó elméletekkel kezelhetők [8, 11].

Mint a cikk első részében megmutattuk, a képfüggvények Fourier-transzformáltjait koherens fény segítségével elő lehet állítani. A koherens-optikai Fourier-transzformáció pontossága általában nagyon nagy. A 6. ábra egy részletet mutat egy teljesítményspektrumból a 340. nullahely



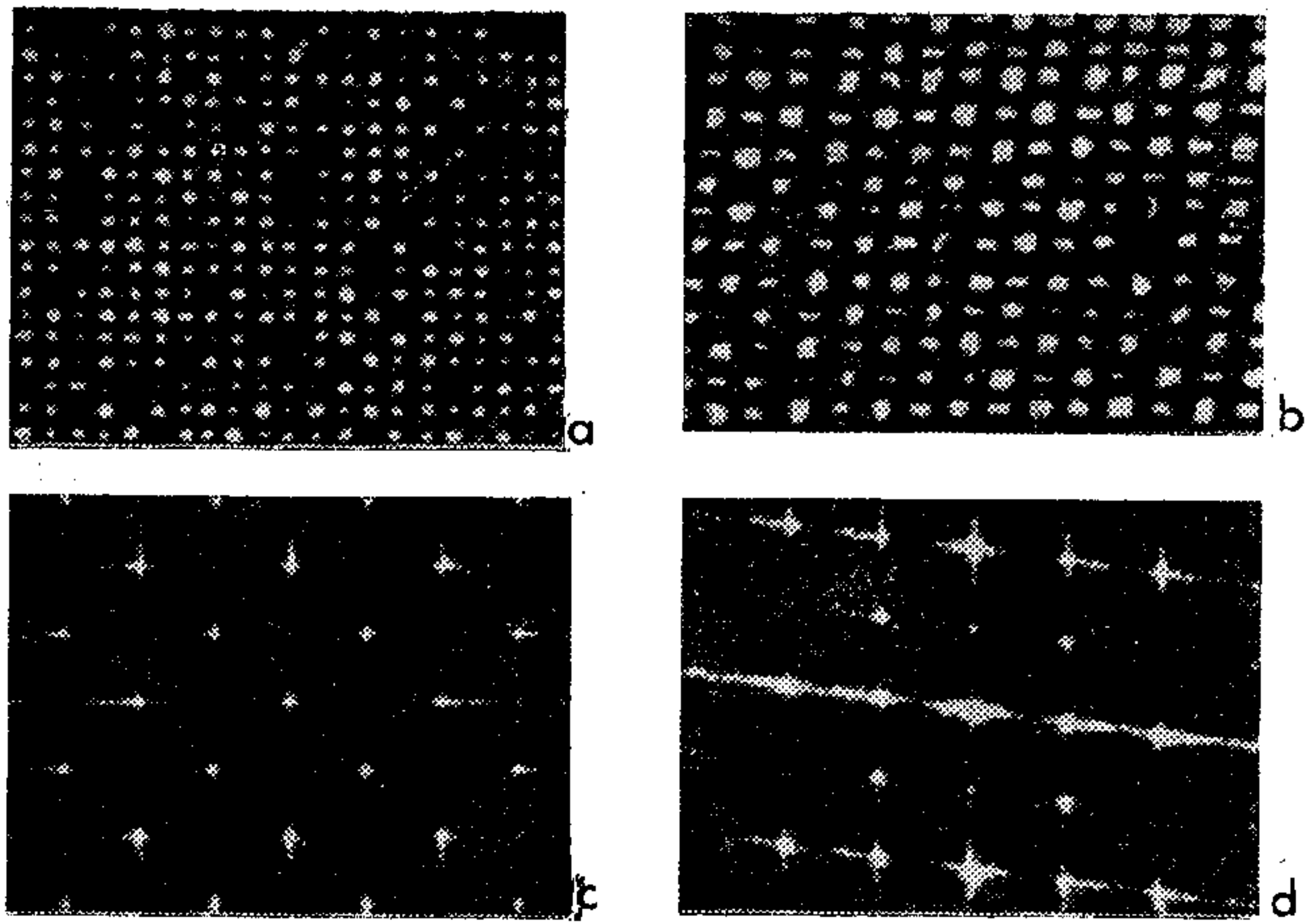
H293-5

5. ábra. Layergramok létrehozása visszavetítésekből: a., b. két különböző visszavetítés; c. layergram



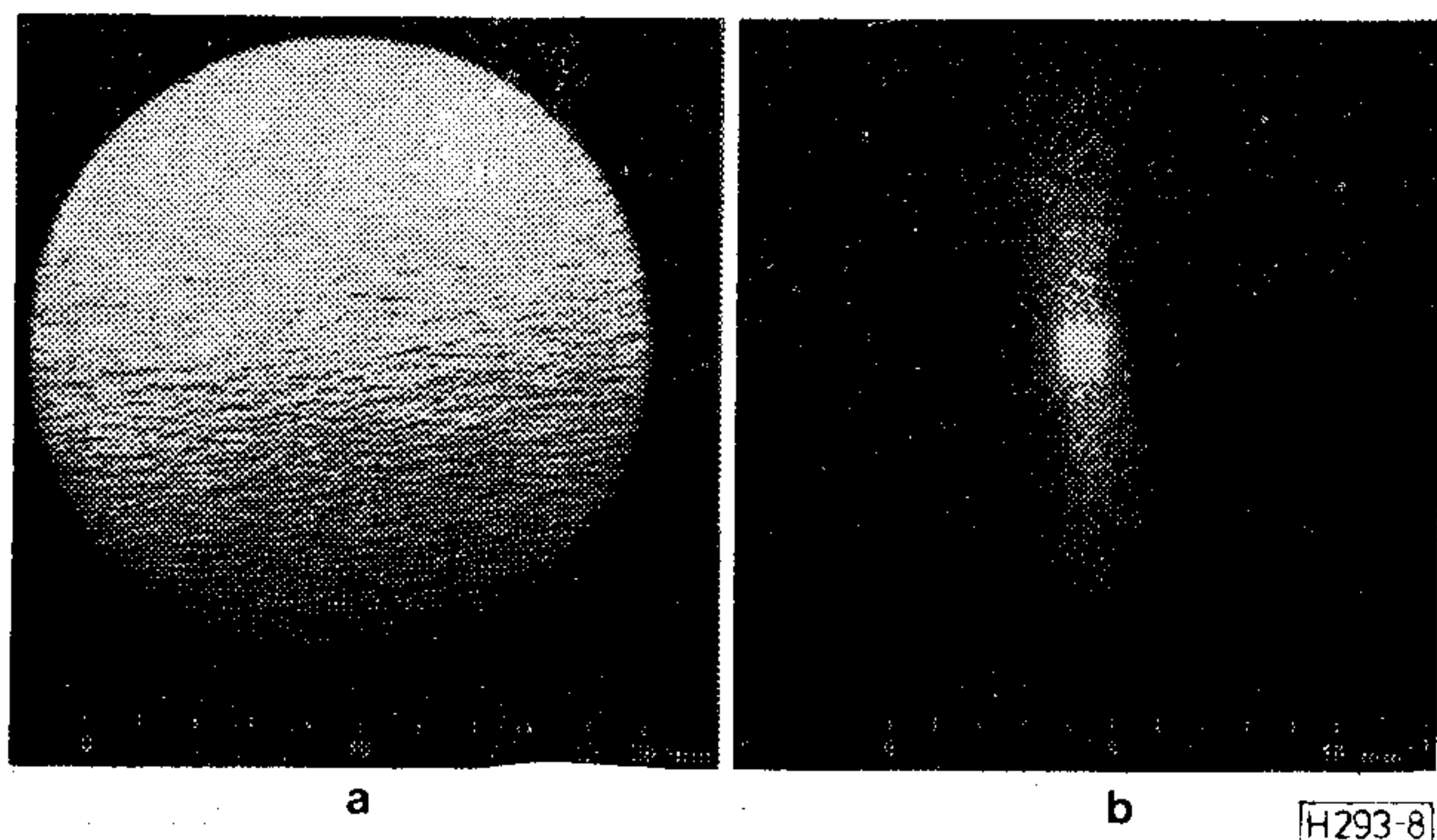
H293-6

6. ábra. Egy oszlop Fourier-transzformáltja, részlet a 340. nullahelynél



H293-7

7. ábra. Textilszövet szálegyenesség-mérése: a. normális szövet (mozgó); b. torzult szövet (mozgó); c. a. teljesítményspektruma (stacionárius); d. b. teljesítményspektruma (stacionárius).



H293-8

8. ábra. Tengerfelszín légi felvételének a teljesítményspektruma: a. kép; b. teljesítményspektrum.

környezetében. A kísérletileg közölt intenzitás-lefolyásból meg lehet becsülni, hogy az eltérés legalább 7 nagyságrenddel van a nulla alatt [2].

Képjel teljesítményspektrumának az előállítása hasznos transzformáció, ha a képről globálisan akarunk valamit megtudni [13]. A 7. ábra egy mérési módszert mutat be textilszövet szálegyenességének a megállapítására [14]. A szövetet e célból lézerral átvilágították. Mivel ehhez meg kell oldani nagy felületen a pontos szögmérést, és ráadásul az anyag állandóan mozog a gyártósoron, digitális (soros) megvalósításnál hatalmas adatfolyamokat kellene kezelni.

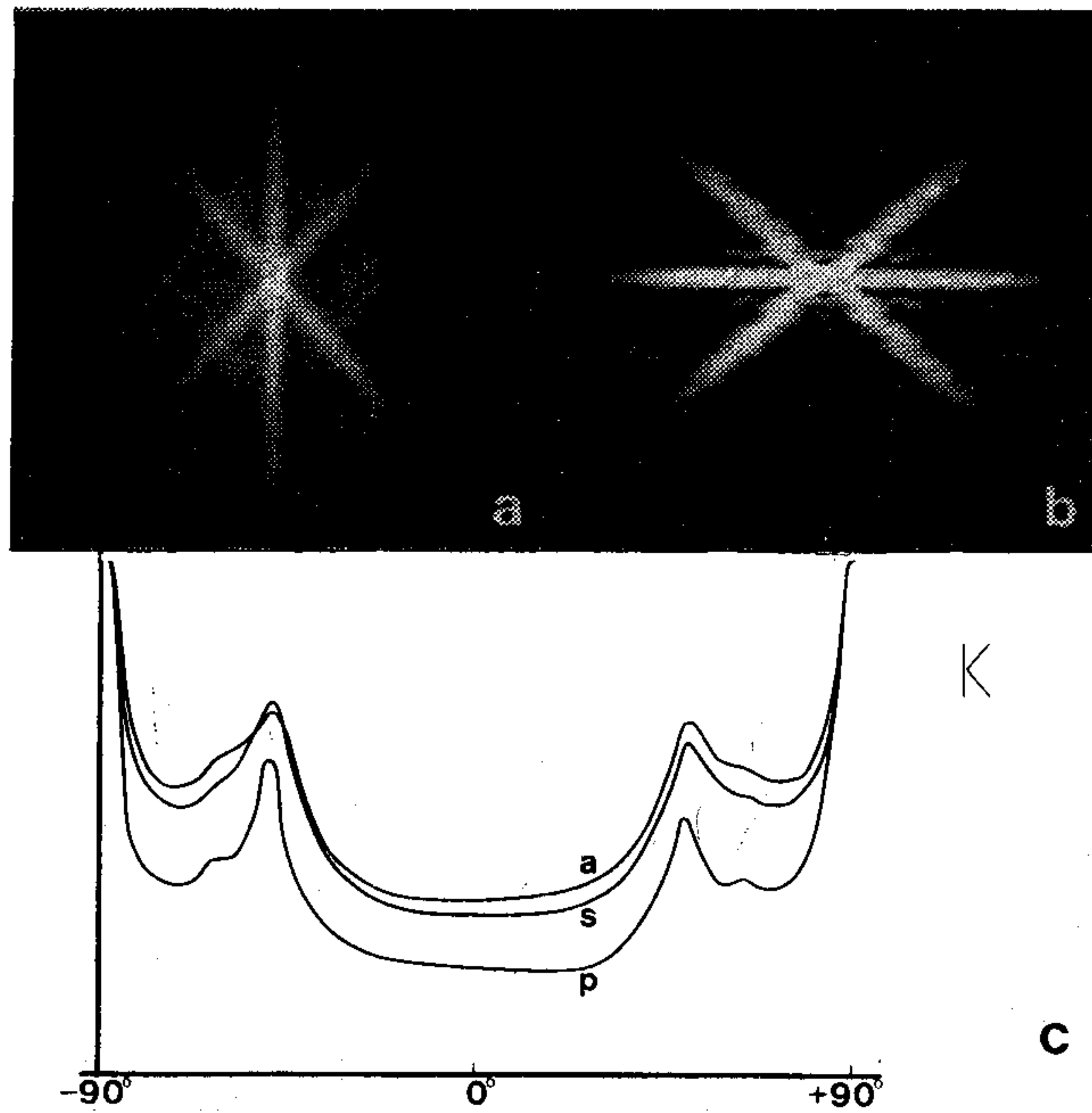
Egy további példa (8. ábra) tengerfelszín légi felvételeinek a kiértékelését mutatja [15, 16].

A minta nagyságfüggetlen jellemzésére szolgáló függvényt megkapjuk a vonalak integráljából, függetlenül ezeknek az irányításától, a teljesítményspektrum origóján keresztül [13]. A 9c ábra ezt a jellemzőfüggvényt (*s* görbe) ábrázolja a *K* mintához. Az általános Parseval-tétel alkalmazása azt mutatja, hogy ez a függvény ugyancsak megkapható az autokorrelációs függvényben a megfelelő centrális vonalintegráljából (*a* görbe). Egy másik lehetőség, hogy ezt a függvényt helyi tartományban meghatározzuk, a minta kvadrált vetületei (*p* görbe), a centrális metszet tételének a segítségével [17]. A három görbe közötti eltérések

a kísérleti felépítés illesztési pontatlanságának tulajdoníthatók.

A képelemzés új útját annak a technikának a kifejlesztése jelentette, amely lehetővé teszi egy kép leírását annak helyi teljesítményspektrumai-val. Ezt a négydimenziós függvényt egy azonos, olyan holografikusan előállított lencséből álló lencsetömb hozza létre, melyek egy-egy, általában egymást átfedő, megszabható ablakfüggvényű Fourier-esatornát valósítanak meg. Az egyes helyi teljesítményspektrumok átfedését globális sávkorlátozással lehet elkerülni. A 10. ábra egy elméleti próbálkozást mutat [16, 18].

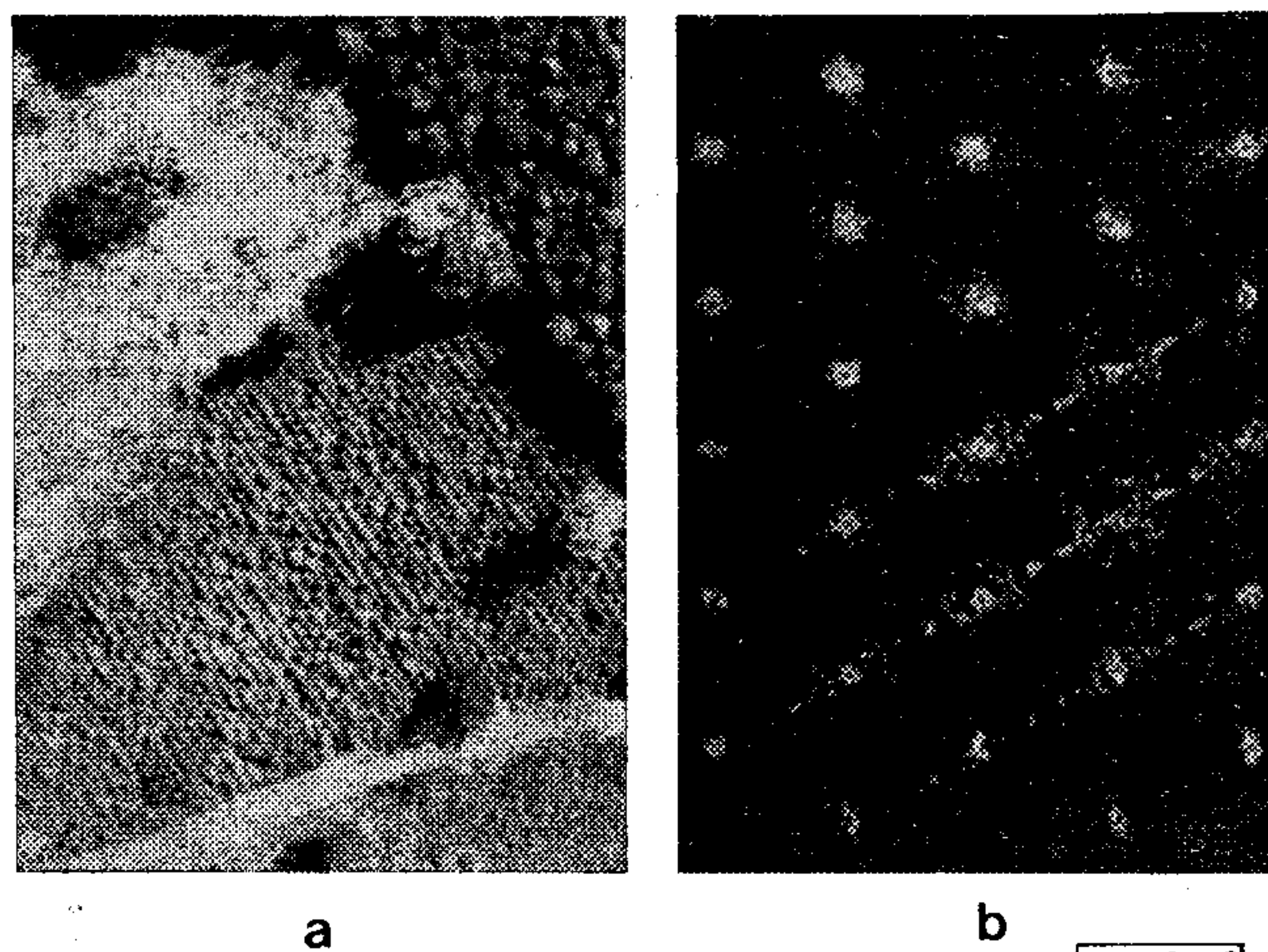
Rokon négydimenziós jelábrázolások a többszörösen sávszűrt képkivonatok [18]. Ezen az



H293-9

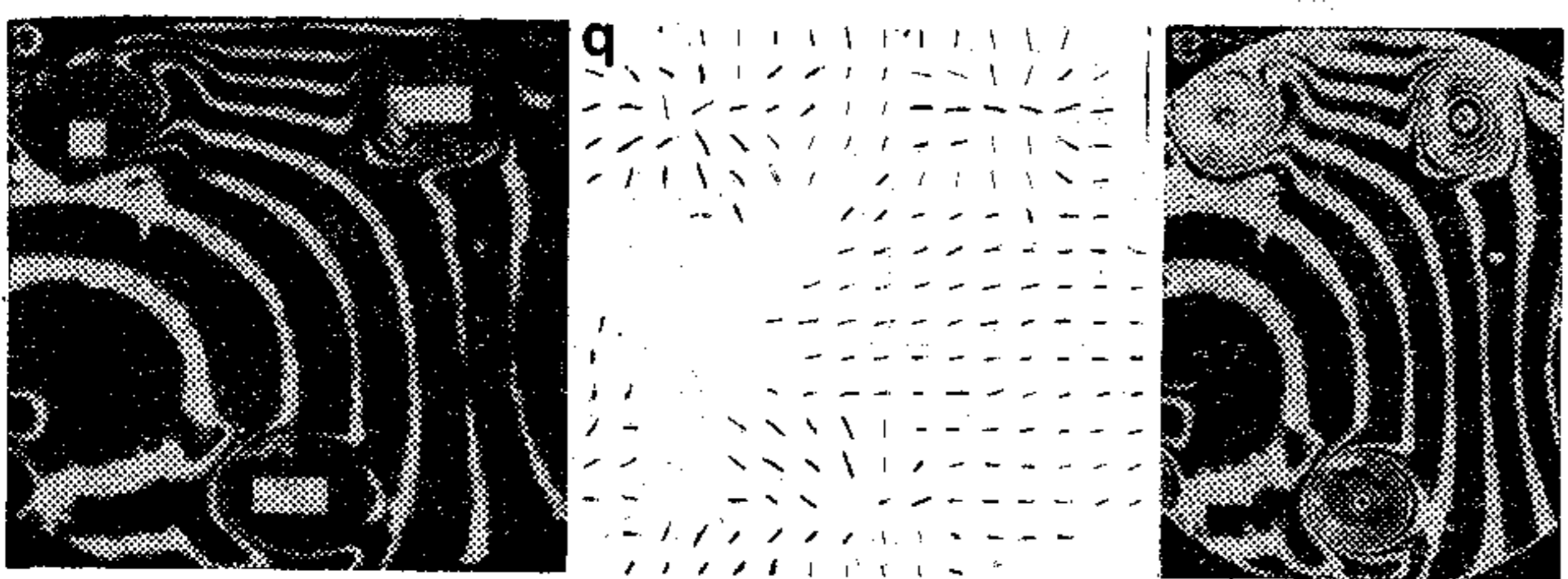
9. ábra. Szögjellemző-függvény vonalas integrál-mérésekből:

a. a *K*-minta autokorrelációs függvénye; b. a *K*-minta teljesítményspektruma; c. szögmérték az *a*-ból (*a* görbe), *b*-ből (*s* görbe) és metszetekből (*p* görbe).



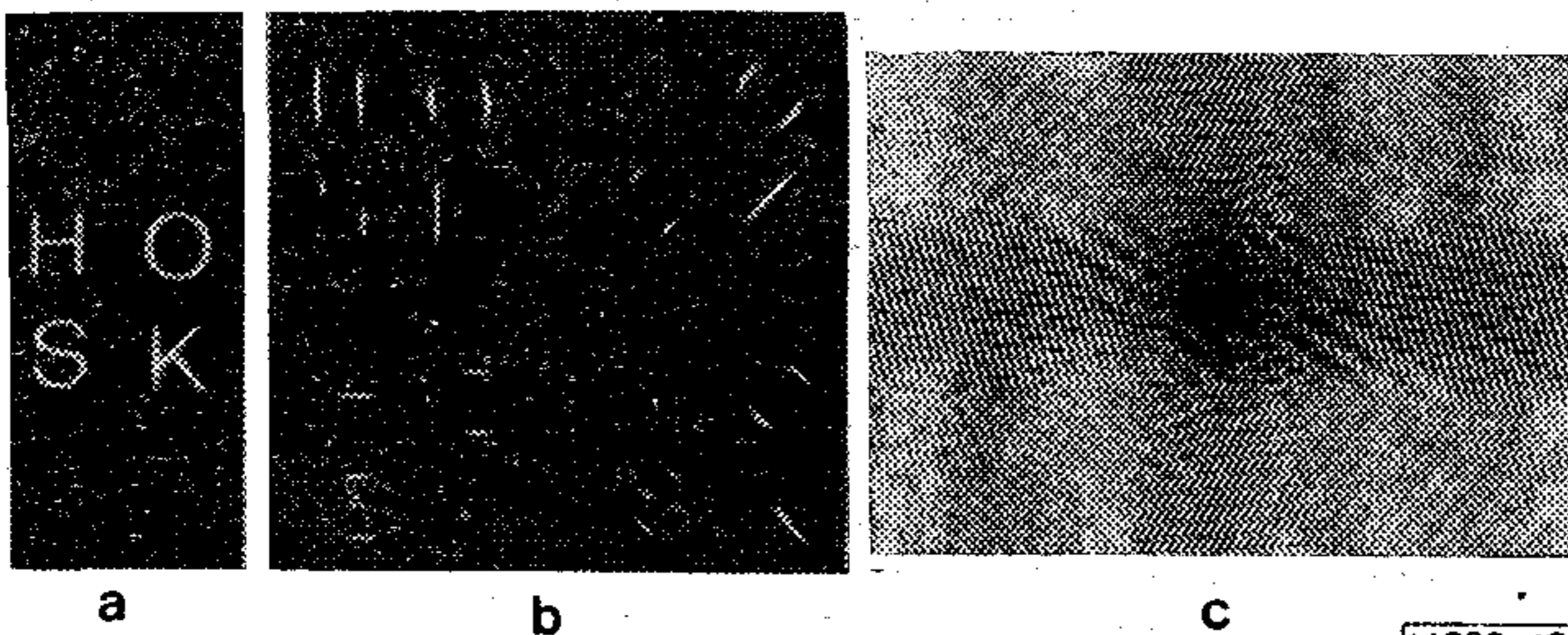
H293-10

10. ábra. Egy légi felvétel helyi teljesítményspektrumai: a. képfüggvény; b. helyi teljesítményspektrumok



H293-11

11. ábra. Anyagtorzulások ábrázolása: a. a munkadarab interferogramja; b. gradiensmező; c. hibahelyek detekciója



H293-12

12. ábra. Többsatornás szűrő: a. jel; b. eredmény; c. szűrőhologram (nagyítás)

alapon fejlesztettek ki egy optikai-digitális képiértékelő-rendszert az interferogramok részére, amely egy munkadarabnak nagyság és irány szerinti helyi deformálódásait állapítja meg gradiensmező-ábrázolásban. Minden sávszűrőkivonatot helyi letapogatásban ábrázolnak, ahol is a keletkező gradiensképben minden képpontnál annak a sávszűrőnek a paraméterei (a középfrekvencia és a szög nagysága) vannak megadva, amelyekre ott legnagyobb a kimenőjel [19]. A 11. ábra egy tipikus interferogram gradiensképét mutatja a hibahelyek detekciójának a továbbfejlesztésével.

A kombinált négydimenziós hely- és frekvenciatartományban a képjel egy általános ábrázolása az ún. Wigner disztribúciós függvény [20]; ebből mi az előbb egy speciális esetet mutattunk be. Ezt a függvényt is elegánsan elő lehet állítani koherens-optikai módon [21].

A koherens-optikai feldolgozás leghatásosabb lehetősége a komplex helyi frekvenciaszűrés szűrőhologramok segítségével. Ezeket mint a jel detekcióhoz módosított, illesztett szűrőket [22], vagy pedig mint a jel visszaállításához jel/zaj viszonyra optimált inverzszűrőket [23] lehet alkalmazni. Holografikus szűrőket általában mint többsator-

nájú szűrőket lehet megvalósítani. A 12. ábra egy négycsatornás szűrőt mutat, mely irányok meghatározására alkalmas [24].

J. Hofer-Alfeis kísérlete a koherens-optikai szűrésre ad hatásos eredményt [25, 26]. Az inverzszűrőt, Stroke módszere szerinti, U-alakú törlőfüggvényként állították elő; 5 ilyen U-ívből álló jelet megszürték, és az eredményt különböző megvilágítási időkkel regisztrálták. A 13. ábra eredményei illusztrálják a nagy számítási pontosságot.

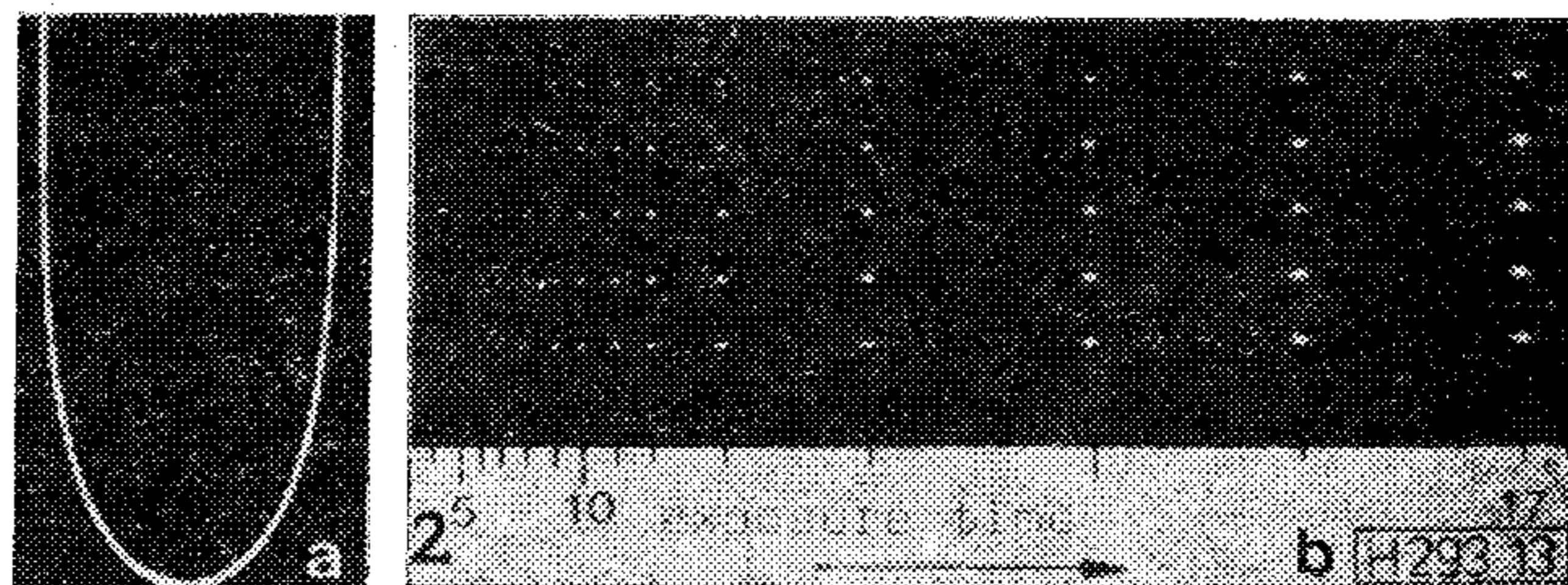
Más speciális szűrő pl. a Lanzl-féle gradiensösszeg-szűrő [28], mely a $\delta/\delta x + i\delta/\delta y$ operátort valósítja meg, természetesen általában tárgytól függő sávkorlátozással. A 14. ábra egy ilyen példát mutat számítógépes hologramként [29] megvalósított pontválasszal [8].

A képvisszaállítás wieneri kritériumainak megfelelő optimális szűrést [30, 31, 32] mutat a 15. ábra nukleáris orvosi képanyag feldolgozása terén.

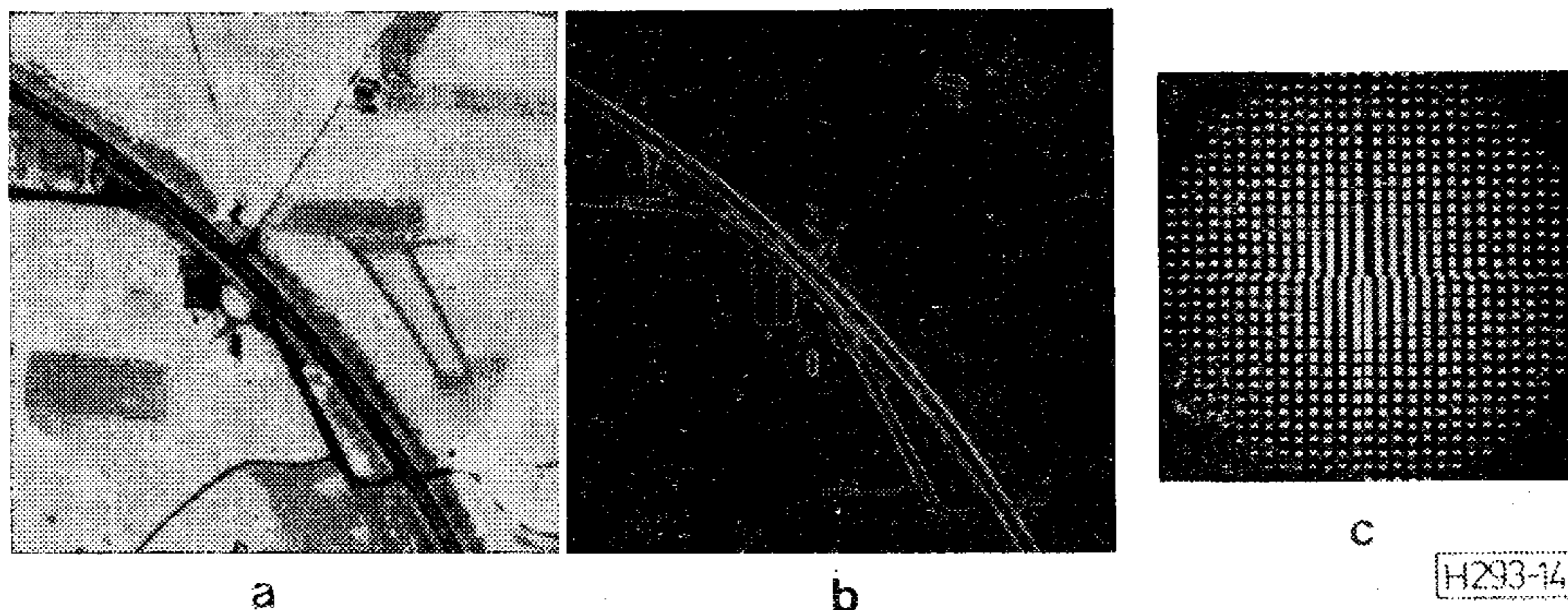
Egy koherens-optikai processzor tényleges feldolgozókéességének a mindenkor hely- és frekvenciatartományban előforduló 107 jelértékének csak egy részét mutatják a példák.

A jelek koherens-optikai feldolgozásánál rendelkezésre álló magas helyi sáv szélesség-sorozat fel lehet használni arra, hogy több képet egyidejűleg egymástól külön vagy pedig együtt kezeljenek. Ezek a képek lehetnek például magasabb dimenziójú jelekből metszetek, mint pl. mozi-filmnél; fel lehet sorakoztatni a háromdimenziós $(x-y-t)$ függvény ekvidisztáns időszeleteit.

Ha a bemeneti függvény és a pontválasz pontsorozat formájában adott, akkor szimulálni lehet egy háromdimenziós konvolúciót. Ebben az esetben ugyanis a szűrő eredménye éppen az a sorozat, ami tulajdonképpen a kívánt háromdimenziós felbontást reprezentálja. [33, 34]. Ehhez a sorozat-

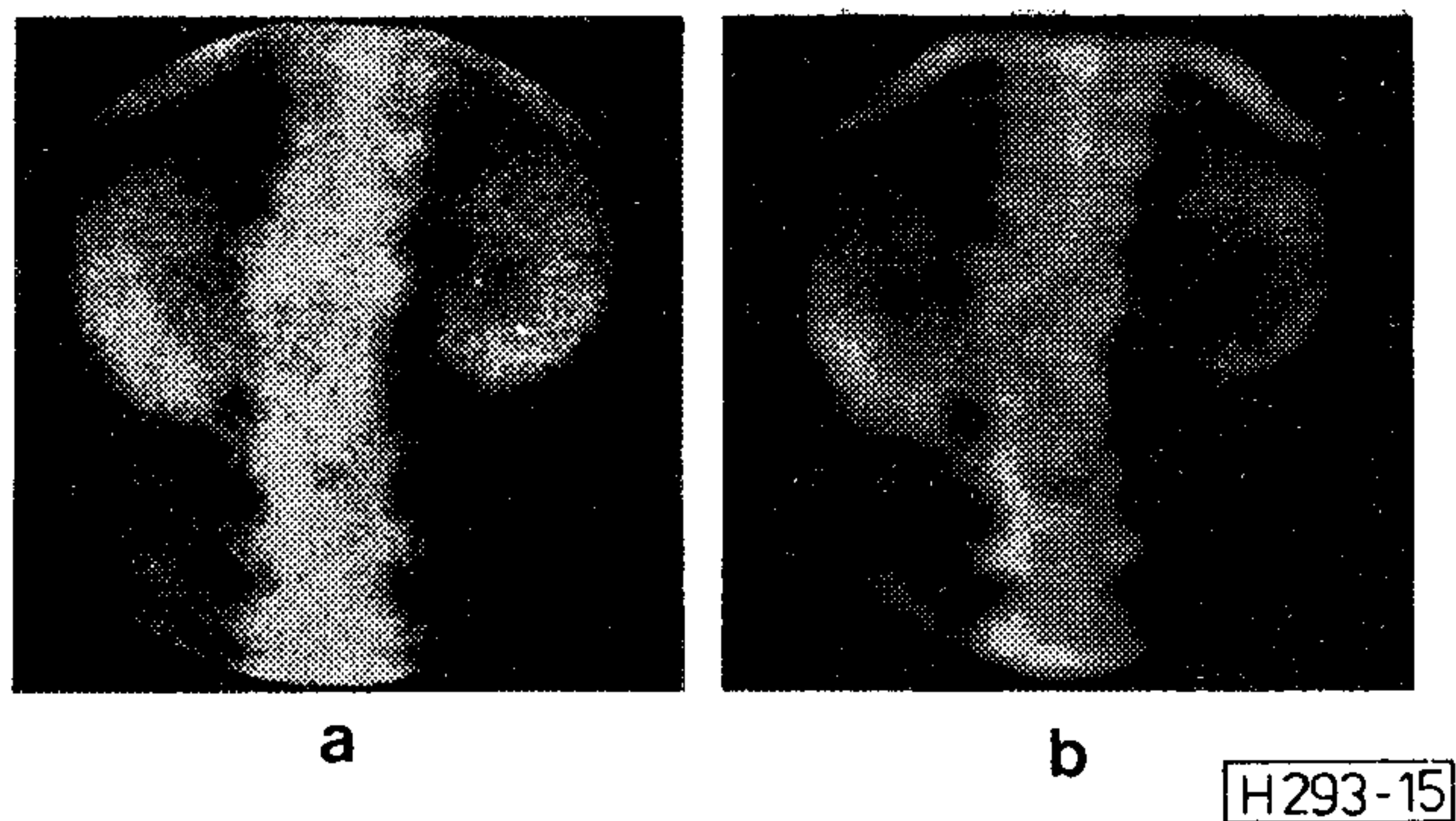


13. ábra. Stroke szerinti inverzszűrés: a. törlőfüggvény; b. szűrőeredmény különböző megvilágítási időkkel

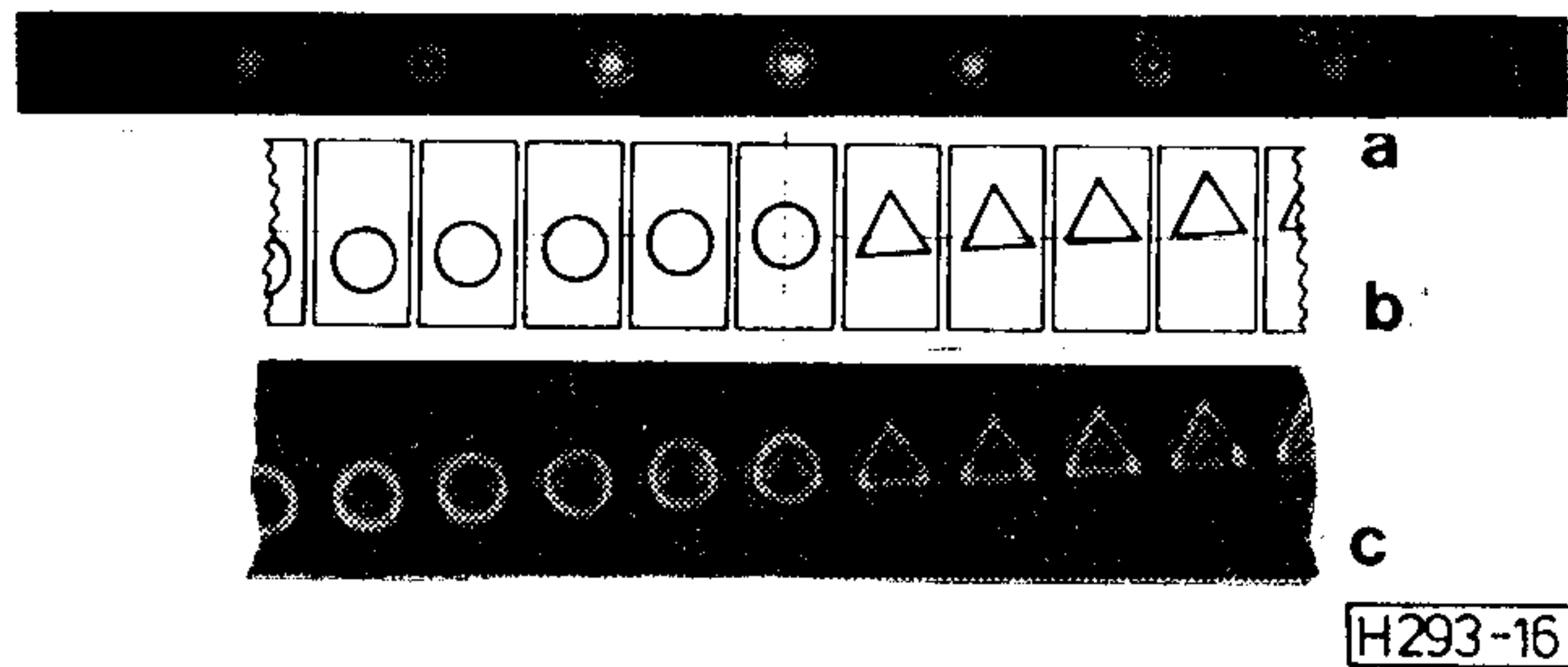


H293-14

14. ábra. Egy légi felvétel gradiensszűrése: a. bemenő kép; b. eredmény; c. a pontválasz számítógépes hologramja (erős nagyítás)



15. ábra. Szeintigram optimális szűrése: a. szűrés nélkül; b. szűrve



16. ábra. Sorozatfelbontás: a. a z-modell pont-impulzus-válasz sorozata; b. bemenő sorozat; c. kimenő (eredmény) sorozat

felbontásos módszerhez példaként egy modellt implementáltunk az emberi vizuális rendszer hullámszerű jelfeldolgozásához. Ez az ún. 'z-modell' [35] gömbszimmetrikus háromdimenziós sávszűrőt igényel a következő (nem szeparálható) átviteli függvénnyel (egy időbeli fázisfaktort elhagytunk):

$$H(z) = z^2 \cdot e^{-z^2}, \text{ ahol } z^2 = f_x^2 + f_y^2 + f_z^2$$

Egy koherens-optikai filtert állítottunk elő, melynek a pontválasza a z-modell pont-impulzus-válaszának a sorozatábrázolása (16a ábra). A bemeneti jelet is sorozatként ábrázoltuk (16b ábra). A 16c ábra mutatja a kísérleti szűrési eredményt.

Köszönetnyilvánítás

A képanyag feldolgozásáért a szerző köszönetet mond munkatársainak, H. Platzernek, R. Basamlernek és H. Glündernek.

I R O D A L O M

- [1] *Küpfmüller, K.*: Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung. Stuttgart: Hirzel-Verlag, 1949.
- [2] *Marko, H.*: Methoden der Systemtheorie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1977.
- [3] *Marko, H.*: Die Systemtheorie homogener Schichten. Kybernetik 5 (1969) S. 221—240.
- [4] *Marko, H.; Platzer, H.*: Anwendung der mehrdimensionalen Systemtheorie in Optik und Bildverarbeitung. ntz-Archiv 3, H. 9, 1981.
- [5] *Meyer-Eppler, W.*: Die funktionalanalytische Behandlung des Schattenproblems. Optik 1, 1946.
- [6] *Rogers, G. L.*: Noncoherent optical processing. New York, London, Sydney, Toronto: John Wiley & Sons, 1977.
- [7] *Monahan, M. A.; Bromley, K.; Bocker, R. P.*: Incoherent optical correlators. Proc. IEEE 65, 1977.
- [8] *Platzer, H.*: Optical image processing. Proc. 2nd. Scand. Conf. Image Analysis, Helsinki, June 15—17, 1981.
- [9] *Barrett, H. H.; Swindell, W.*: Analog reconstruction methods for transaxial tomography. Proc. IEEE 65, 1977.
- [10] *Hermann, G. T.* (ed.): Image reconstruction from projections. Topics in Applied Physics 32, Springer, Berlin, 1979.
- [11] *Platzer, H.*: Abtastung durch winkelperiodische Geradenbüschel: Das Sampling-Theorem der Computertomographie. In: Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Hans Marko. Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU. München, 1985.
- [12] *Platzer, H.; Glünder, H.*: A high precision 2 D signal analysis, performed coherent optically as a preceding step in picture deblurring. Proc. Electro-Optics/Laser Int. 80 Conf., Brighton, 24.—27.3. 1980. Surbiton: Kiver Communications 980.
- [13] *Lendaris, G. G.; Stanley, G. L.*: Diffraction-pattern sampling for automatic pattern recognition. Proc. IEEE 58, 1970.
- [14] *Platzer, H.; Hofer, J.*: Laseranwendungen in der Textilindustrie. Laser + Elektro-Optik (1975) H. 1.
- [15] *Stilwell, D.; Pilon, R. D.*: Directional spectra of surface waves from photographs. J. of Geophys. Res. 79, 1974.
- [16] *Platzer, H.; Glünder, H.*: Generation and use of local power spectra by coherent optics. In: Machine-aided image analysis 1978. The Inst. of phys. Conf. Series 44. Bristol, London: The Inst. Phys., 1979.
- [17] *Glünder, H.*: Integrals along central slices through the power spectrum and the autocorrelation function. Optics Comm. 57, 1986.
- [18] *Glünder, H.; Bamler, R.*: Coherent-optimally performed operations in a 4D compound space-spatial frequency domain with applications in image analysis and quality control. Proc. SPIE 397, 1983.
- [19] *Glünder, H.; Lenz, R.*: Fault detection in non-destructive testing (NDT) by an opto-electronic hybrid processor. Proc. SPIE 370, 1983.
- [20] *Wigner, E.*: On the quantum correction for thermodynamic equilibrium. Phys. Rev. 40, 1932.
- [21] *Bamler, R.; Glünder, H.*: The Wigner distribution function of two-dimensional signals: coherent optical generation and display. Optica Acta 30, 1983.
- [22] *Van der Lugt, A.*: Signal detection by complex spatial filtering. IEEE Trans. IT — 10, 1964.
- [23] *Stroke, G. W.; Halioua, M.; Thon, F.; Willasch, D. H.*: Image improvement and three-dimensional reconstruction using holographic image processing. Proc. IEEE 65, 1977.
- [24] *Platzer, H.*: Der Laser in der kybernetischen Forschung. Laser und Elektro-Optik 3, 1971.
- [25] *Hofer, J.*: Optical reconstruction from projections via deconvolution. Opt. Com. 29 (1979) H. 1, S. 22—26.
- [26] *Hofer, J.*: Reconstruction from projections for analog transaxial tomography by coherent-optical deconvolution. Proc. Int. Opt. Comput. Conf., Washington, 7.-11.4. 1980, S. 216—221. Soc. of Photo-Opt. Instrum. Eng. proc. 231. Bellingham/USA: SPIE-Publ. 1980.
- [27] *Stroke, G. W.; Zech, R. G.*: A posteriori image-correcting „deconvolution” by holographic Fourier-transform division. Physics Letters 25A, 1967.
- [28] *Görlitz, D.; Lanzl, F.*: A holographic spatial filter for direction independent differentiation. Japan. J. appl. Phys. 14, Suppl. 14-1, 223—228 (1974).

Integrált CORDIC-bázisú jelprocesszorok és alkalmazásuk

PROF. DR.—ING. JOHANN BÖHME
Ruhr-Egyetem



Összefoglalás:

A már 1959 óta ismert CORDIC-eljárással iteratív módon kiszámítható többek között kétkomponensű vektorok adott szöggel való elforgatása, trigonometrikus és hiperbolikus függvények, hányadosok. Egy idetartozó processzor az integráltságot tekintve előnyös, egyöntetű struktúrával rendelkezik. A következőkben az olyan különböző funkciójú létező CORDIC-algoritmusok egységesítésére irányuló vizsgálatokról számolunk be, amelyek a realizációt tekintve CMOS-integrált pipeline CORDIC-processzorok. Továbbá rámutatunk arra, hogy bizonyos jelfeldolgozási feladatokra a CORDIC-chipek alkalmazása előnyös, a szokásos jelprocesszorokkal szemben. Példaként algoritmusokat ismertetünk diszkrét Fourier transzformációra, hullámdigitális szűrőre valamint beszédfeldolgozás és lineáris algebrabeli feladatokra, amelyek rotációkra vagy hiperbolikus rotációkra visszavezethetők.

1. Bevezetés

A digitális jelfeldolgozás feladatai gyakran nagy számítási teljesítmény rendelkezésre állását igénylik. Az olyan felhasználás mint a beszédfeldolgozás, csak a nagyintegráltság (*VLSI*) irányába való továbblépés által lehetségesek. Alapja mindennek az, hogy számos processzorelem (*PE*) egy chipen megvalósítható. A feladat lényege ilyenkor az, hogy algoritmusokat és ezekhez illeszkedő architektúrákat tervezzünk, hogy a szükséges adatáramlást a szűk chipfelületen elérjük. Megoldásokat kaphatunk egyszerű processzorelemek olyan architektúrájú felhasználásával, amelyek csak helyi kommunikációt igényelnek, továbbá megoldásokat kaphatunk nagymértékben párhuzamos algoritmusok és pipeline elvek alkalmazásával.

A kereskedelemben elérhető processzorok vagy mikroszámítógépek struktúrája komplexitásuk miatt többé nem alkalmazható. A jelfeldolgozás és a lineáris algebra számos feladatára azok a *PE*-k használatosak vagy ajánlottak, amelyek a mátrixszorzást különösen támogatják. Más feldolgozási feladatokhoz négyzetgyökvonás, osztás, trigonometrikus és hiperbolikus függvények, valamint ezek inverzei szükségesek, amelyek az ilyen *PE*-kkel kevésbé hatékonyan számíthatók. Példák erre: a diszkrét Fourier-transzformáció, a mátrixok faktorizációjára szolgáló Givens-eljárás és a normalizált létraszűrő. Mint alternatívákat az irodalomban (pl. Ahmed, 1980; Ahmed és szerzőtársai 1982) a Volder (1959) által bevezetett és Walter

PROF. DR. ING.—J. F. BÖHME
1966-ban a Hannoveri Műszaki Egyetemen matematikusi diplomát szerzett. 1970-ben informatikai doktori címet kapott az Erlangeni Egyetemen. 1977 óta a digitális jelfeldolgozás magántanára. Először a Krupp Atlas Elektronik-nél dolgozott Brémában, közben az Erlangeni Egyetem Matematikai Gépek és Adatfeldolgozási Tanszék tu-

dományos segédmunkatársa volt. 1970—74 között kutatási csoportvezető a Krupp Atlas Elektronik-nél. 1974—78 között kutatási csoportvezető az Informatikai Digitális Jelfeldolgozási Intézetnél a Bonni Egyetemen. 1978-tól 1980-ig az FGAN Nagyfrekvenciás Fizikai Intézet, Wachtberg-Werthofen tudományos munkatársa. 1980 óta a Ruhr Egyetem, Bochum Jelelmélet Tanszékén dolgozik.

(1971) által általánosított CORDIC-algoritmusokat (Coordinate Rotation Digital Computer) javasolták. Ez az algoritmus iteratívan működik és az iterációs lépés előtt csak kevés összeadást és léptetést használ. Bizonyos jelfeldolgozási feladatokhoz, amelyek nagy adatáramlást igényelnek, a strukturák CORDIC-alapú *PE*-kkel előnyösebb megoldásokhoz vezetnek, mint a szokásos *PE*-kkel, amelyek szoroznak és tárolnak a megoldás folyamán. Másrészt szinte minden szokásos jelfeldolgozási feladat számára *PE*-kkel viszonylag egyszerű megoldásokat létrehozni. CORDIC-algoritmusokat már régóta használtak a jelfeldolgozási feladatokkal kapcsolatban, pl. Schlüsser (1976) dolgozatában. Ebben a leírásban a CORDIC-algoritmus realizálására szolgáló pipeline-processzorokról van szó, amely Andrews és Eggerding (1978), valamint Deprettere és szerzőtársai gondolatain alapul. A következőkben leírjuk a CORDIC-eljárás változatait és egy iteratívan működő *PE* struktúráját, amely összeadót és Barrel-léptetőt tartalmaz. Ezután tárgyaljuk a processzor elemekkel rendelkező pipeline-processzor struktúráját, mely csak előrehuzalozott léptetéseket alkalmaz. Beszámolunk a struktúra egységesítésére irányuló vizsgálatokról; azért hogy ezzel minden lehetséges CORDIC-függvényt számíthassunk. Példákat adunk, melyeknél CORDIC-processzorok alkalmazása célszerű.

2. A CORDIC-algoritmus

A CORDIC-algoritmust Deprettere és szerzőtársaihoz (1984) hasonlóan iteratívan definiáljuk.

Fordította: Csopaki Gyula

Elhangzott az 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián.

CORDIC-függvények

	m=-1	m=0	m=1
$\varepsilon=1$	$x=x_0 \cosh z_0 - y_0 \sinh z_0$ $y=y_0 \cosh z_0 - x_0 \sinh z_0$ $z=0$	$x=x_0$ $y=y_0 - z_0 x_0$ $z=0$	$x=x_0 \cos z_0 + y_0 \sin z_0$ $y=y_0 \cos z_0 - x_0 \sin z_0$ $z=0$
$z \rightarrow 0$	$x=x_0 \cosh z_0 + y_0 \sinh z_0$ $y=y_0 \cosh z_0 + x_0 \sinh z_0$ $z=0$	$x=x_0$ $y=y_0 + z_0 x_0$ $z=0$	$x=x_0 \cos z_0 - y_0 \sin z_0$ $y=y_0 \cos z_0 + x_0 \sin z_0$ $z=0$
$\varepsilon=-1$	$x=(x^2 - y^2)^{1/2}$ $y=0$ $z=z_0 - \operatorname{artanh}(y_0/x_0)$	$x=x_0$ $y=0$ $z=z_0 - y_0/x_0$	$x=(x^2 + y^2)^{1/2}$ $y=0$ $z=z_0 - \arctan(y_0/x_0)$
$y \rightarrow 0$	$x=(x^2 - y^2)^{1/2}$ $y=0$ $z=z_0 + \operatorname{artanh}(y_0/x_0)$	$x=x_0$ $y=0$ $z=z_0 + y_0/x_0$	$x=(x^2 + y^2)^{1/2}$ $y=0$ $z=z_0 + \arctan(y_0/x_0)$

$$\left. \begin{aligned} x_{i+1} &= x_i - m \sigma_i \delta_{mi} y_i \\ y_{i+1} &= \sigma_i \delta_{mi} x_i + y_i \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} z_{i+1} &= z_i + \sigma_i \varepsilon \alpha_{mi} \\ i &= 0, \dots, n_m - 1. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Legyen

$$\sqrt{m} \operatorname{tg}(\sqrt{m} \alpha_{mi}) = \delta_{mi} = 2^{-S_{mi}} + \eta_{mi} 2^{-S'_{mi}} \quad (3)$$

Az m paraméter a kiszámítandó függvények fajtáját definiálja ($m=1$: trigonometrikus $m=0$: lineáris $m=-1$: hiperbolikus).

A $\sigma_i \in \{-1, 1\}$ miatt az (1) formula — a

$$\cos(\sqrt{m} \alpha_{mi}) = (1 + \delta_{mi}^2)^{-1/2} \text{-val}$$

történő skálázást figyelembevéve — az (X_i, Y_i) ' vektorok α_{mi} „szöggel” való „rotációjának” fogható fel, ahol σ_i a forgásirányt adja meg. Kiindulva a z_0 kezdőértékből, a z_{i+1} a (2) képletben a szögeket összegezi, ahol $\varepsilon \in \{-1, 1\}$ valamely kiszámítandó függvény előjelét határozza meg. Az $S_{mi} < S'_{mi}$ egész számok nem negatívak és $\eta_{mi} \in \{-1, 0, 1\}$. Ezek meghatározzák az algoritmus konvergenciatartományát és a priori alkalmasan rögzítendők. Egy (1) és (2)-beli iterációs lépés csak összeadást és léptetést igényel, és ezt mikrorotációnak nevezik.

Az (X_{n_m}, y_{n_m}) ' eredményeket a

$$K_m^{-1} = \prod_{i=0}^{n_m-1} (1 + m \delta_{mi})^{-1/2}$$

tényezővel skálázva,

az (x, y) ' vektort kapjuk, (4)

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\sqrt{m} \alpha_m) - \sqrt{m} \sin(\sqrt{m} \alpha_m) \\ \frac{1}{\sqrt{m}} \sin(\sqrt{m} \alpha_m) \cos(\sqrt{m} \alpha_m) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

és

$$z = z_{n_m} = z_0 + \varepsilon \alpha_m, \quad \alpha_m = \sum_{i=0}^{n_m-1} \sigma_i \alpha_{mi} \quad (6)$$

n_m a mikrorotációk száma.

Mivel $(x^2 + my^2)^{1/2} = (x_0^2 + my_0^2)^{1/2}$, az (5)-t mint az (x_0, y_0) vektorok egy α_m szöggel való rotációját értelmezhetjük, amit makrorotációnak nevezünk.

A σ_i forgásirányok mindig úgy vannak megválasztva, hogy vagy $y_i, y=0$ -val ellentétesen, vagy $z_i, z=0$ -val ellentétesen; növekvő i felé konvergál. Ha elérjük ezt az értéket, az 1. táblázatban megadott függvényeket egy makrorotációval kiszámíthatjuk. A kiválasztott kombináció $m, \varepsilon, y=0$ (vektor-mód) vagy $z=0$ (rotációs mód) által adott, amely a táblázat szerint kerül kiszámításra.

Walter (1971) és Yang (1986) szerint a σ_i a következőképpen választható: $y=0$ esetére $\sigma_i = -\operatorname{sgn}(x_i) \operatorname{sgn}(y_i)$ és $z=0$ esetére $\sigma_i = -\varepsilon \operatorname{sgn}(z_i)$. Így lehet iterálni a korrekt forgásirányokkal. Az $S_{mi}, S'_{mi}, \eta_{mi}$ paramétereket ($m=-1, 0, 1; i=0, \dots, n_m-1$), CORDIC-sornak nevezik, me-

lyeket úgy kell megválasztani, hogy az $\alpha_{mi} \geq 0$ szög i -vel ne növekedjen és az

$$\alpha_{m1} - \sum_{j=l+1}^{n_m-1} \alpha_{mj} < m, \quad n_m - 1 \quad (l=0, \dots, n_m-2) \quad (7)$$

konvergenciafeltétel teljesüljön. Ezenkívül α_m, n_m-1 elegendő kicsi kell legyen; azért, hogy pl. az x, y és z 16-bites fixpontos ábrázolásánál a 16-bites pontosság elérhető legyen. A konvergenciatartomány az összes szög halmazára a következőképpen írható le:

$$|\alpha| \leq \sum_{i=0}^{n_m-1} \alpha_{mi} + \alpha_m, \quad n_m - 1 = C_m, \quad (8)$$

amely tehát egy α_m, n_m-1 hibáig, a (6) értelmében ábrázolható.

A C_m szám $m=1$ esetén nem kisebb π -nél, $m=0$ és lebegőpontos adatforma esetén nem kisebb, mint a számrendszer alapja; egyébként olyan nagy, amilyen csak lehet. Az utóbbi követelmény az α_{mi} más tulajdonságai miatt csak egy korlátozott mértékben teljesíthető. Walter (1971) vizsgálta a lehetőségeket az argumensredukálás által történő konvergenciatartomány-növelésre. Egy ilyen előfeldolgozás különösen a hiperbolikus függvények számára igényel speciális PE-eket.

Az (x_{n_m}, y_{n_m}) '-nek a K_m^{-1} -gyel mint ismert felveendő (4)-beli faktorról való szükséges skálázásához; azért, hogy végül (x, y) '-t megkaphassuk, szorzásra lenne szükség. A következőkben úgy tekintjük, hogy K_m^{-1} a CORDIC-sor kiválasztása által elegendő pontosságú, így a következőképpen ábrázolható:

$$K_m^{-1} \approx 2^{-T_m} + \eta_{T_m} 2^{-T'_m}, \quad (9)$$

Ezzel a skálázást szintén csak összeadásokkal és léptetésekkel végrehajtjuk, ahogyan az (1)-ben is. A (9) approximációnak olyan pontosnak kell lenni, hogy az abszolút hiba az x, y számábrázolás LSB -értéknél kisebb legyen. Egyébként az (5) ortogonális transzformáció normalizáló tulajdonsága elvesz. Stabilitási megfontolások miatt a (9) jobb oldala nem lehet nagyobb, mint a (4)-é.

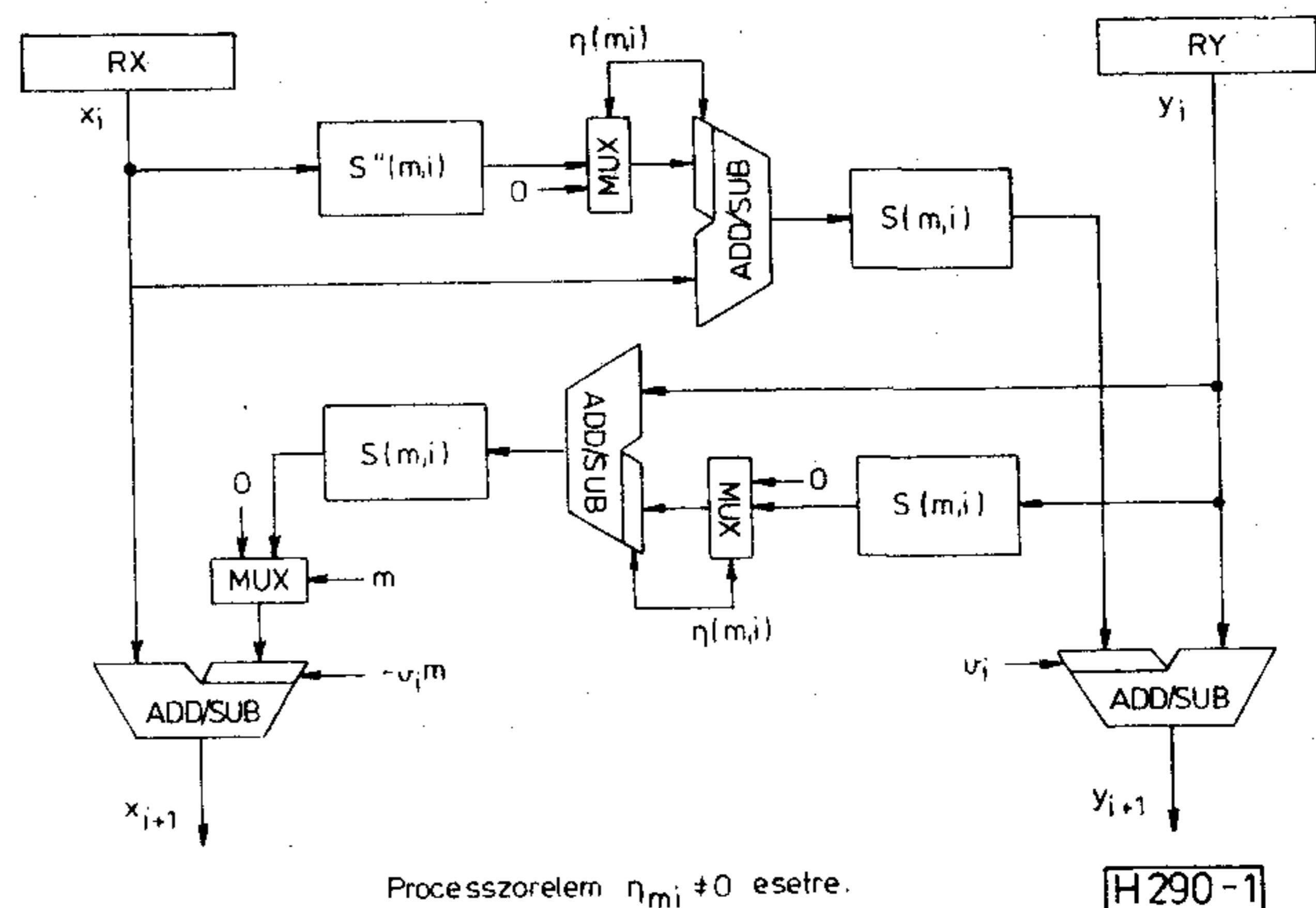
Kézenfekvők azok a PE struktúrák, amelyekkel az (1) és (2) mikrorotációk $i=0, \dots, n_m-1$ esetére, valamint a skálázás a (9) szerint végrehajtható. Ezeket azonban itt nem ismertetjük, mivel a következő fejezetben egy hasonló architektúráról van szó, amely egy PE -pipeline számára készült. Más skálázási módokra az irodalomban számos javaslatot vizsgáltak meg, pl. Haviland és Tuzsinski (1980), Ahmed (1980) és Deprettere és szerzőtársai (1984) munkáiban. Ezekben bit-soros és bit-parallel aritmetikájú koncepciók vannak.

Lebegőpontos formára szintén ismeretesek megoldások, amelyekből néhányat mint bizonyos tudományos kalkulátorok perifériális processzorbéli chipjét már realizáltak.

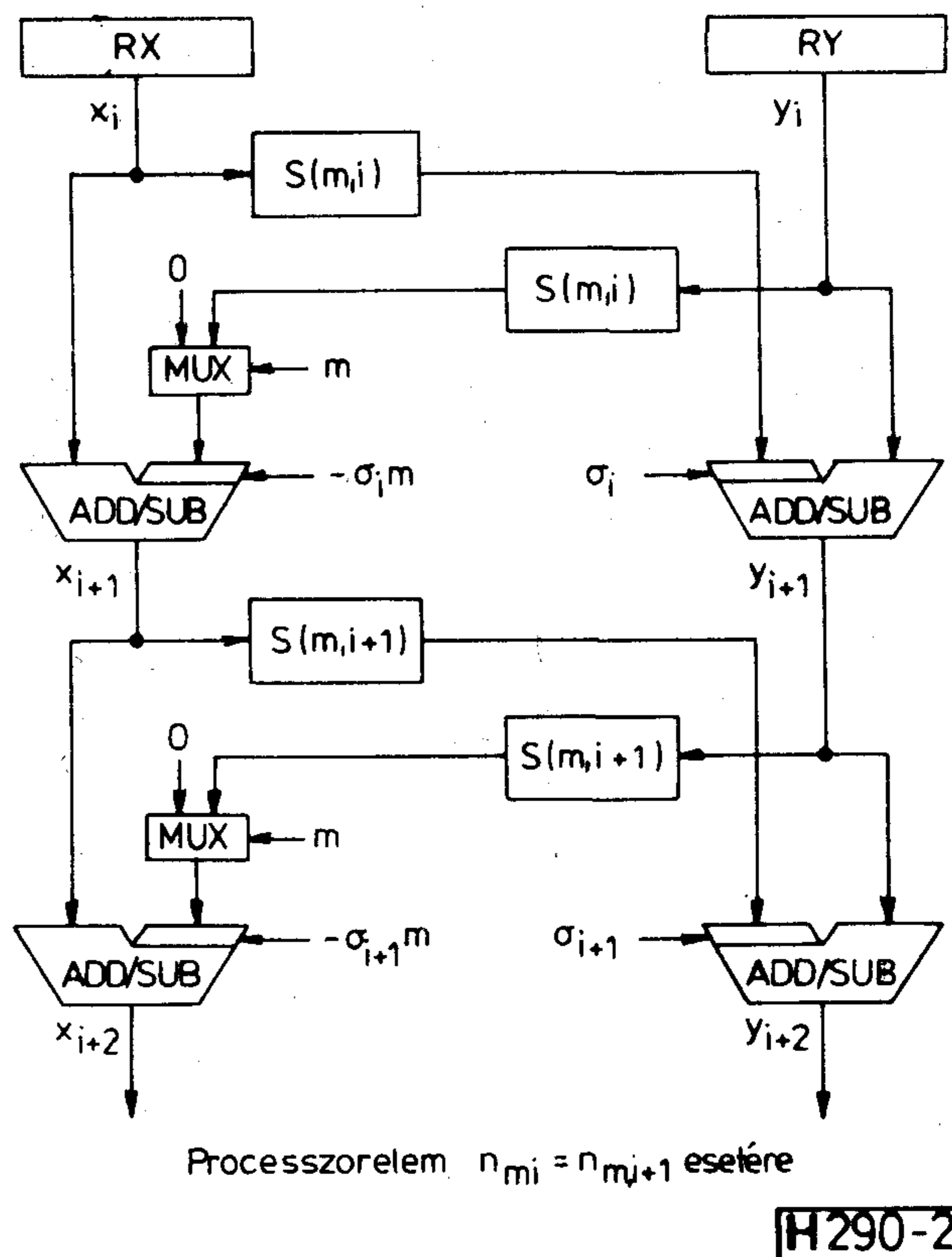
3. Pipeline-struktúrájú processzorok

Az (1)–(3)-beli $CORDIC$ -algoritmus közel áll ahhoz, hogy a pipeline-elvelet alkalmazni lehessen a mikrorotációk területén (Andrews és Eggerding 1978, Deprettere és szerzőtársai 1984). A bemenő és kimenő adatok ugyanis hasonlóan struktúráltak, az i -edik iterációs lépés számára a forgásszöginformáció a σ_i által adott, amely vagy az x_i és y_i előjeléből vagy az ε -ból és a z_i előjeléből adódik, továbbá az S_{mi}, S'_{mi} és η_{mi} paraméterek ismerteknek feltételezhetők. Egy rögzített m -re az n_m PE -k egy olyan sorozatát állítjuk elő, hogy az i -edik PE kimenetei az $i+1$ -edik PE bemenőregisztereivel vannak összekötve, és minden PE egy mikrorotációt tud végrehajtani. Amikor az első adatok a „pipe”-ba beadásra kerülnek, akkor az első mikrorotáció az első PE -ben, a második a másodikban kerül kiszámításra stb. Ha egy PE a mikrorotációt befejezte és az eredmény a következő PE regiszterébe kerül, akkor a saját regiszterében új adatokkal egy új mikrorotáció kezdődik, ezáltal az $S_{mi}, S'_{mi}, \eta_{mi}$ és ε paraméterek megváltoztatása lehetséges. Ha ezek a paraméterek nem változnak, akkor a mindig egyforma feladatok az egymást követő adathármasok (x_0, y_0, z_0) sorozatában hajthatóknak végre. Más esetekben a processzor kimenetét és bemenetét az n_m adatáramokra multiplexáljuk, minden PE -hez egy gyűrűs léptetőregisztert biztosítunk, amely a megfelelő $(S_{mi}, S'_{mi}, \eta_{mi})$ -t előállítja és ezzel n_m -t a különböző feladatokhoz kiszámítja.

Az utolsó bekezdésben feltételeztük, hogy m nem változik feladatról feladatra vagy $n=n_m$ függetlenül m -tól, mivel ezek a mikrorotációhoz szükséges PE -k darabszámai. A továbbiakban a processzorok számítási ideje minden PE számára meg kell hogy egyezzen. Az (1) számára a maximális számítási idő $\mu_{mi} \neq 0$ -nál szükséges. Ebben az esetben a PE struktúrája fixpontos adatok számára az 1. ábra szerint célszerű (Deprettere et al,



1. ábra. Processzorelem $n_{mi} \neq 0$ esetre



2. ábra. Processzorelem $n_{mi} = n_{m,i+1}$ esetre

1984). Ekkor $S''_{mi} = S'_{mi} - S_{mi}$ és (3)-ban $2^{-S_{mi}}$ közös kiemelt tényező. Ha $\eta_{mi} = 0$, akkor közelítőleg a fele számítási idő szükséges. Ha $\eta_{mi} = \eta_{m,i+1} = 0$, akkor két mikrorotáció hajtható végre egy PE -ben, ahogy a 2. ábrán látható.

A továbbiakban úgy tekintjük, hogy olyan $CORDIC$ -sorokkal rendelkezünk, amelyek megengedik azt, hogy egy processzort a közvetlen közelében lévő n_d PE -vel az 1. ábra szerint és ehhez illeszkedve, $n - n_d$ esetén, $(n - n_d)/2$ PE -vel a 2. ábra szerint állítsunk össze. Végül egy PE -t kell még beiktatni, amely a skálázást a (9) szerint elvégzi. Az $\eta_{Tm} \neq 0$ -val az 1. ábra struktúrájának

egyik változata alkalmazható. A feldolgozandó szögtartomány kiszélesítésére célszerű egy járulékos PE -t a processzor előfokozataként alkalmazni. Ha például $\pi/2 < C_1 < \pi$, akkor egy 90° -kal való elfordulást hoz a kívánt szélesítés. Ha egy PE -ben az adatok latens ideje T_{mic} , akkor a processzor számára $T_{mac} = [(n + n_d)/2 + 2]T_{mic}$. Az átbecsátó-képesség, tehát a bemeneten két egymást követő adathármas közti idő $1/T_{mic}$.

A hardware-ráfordítás a pipeline-struktúrájú processzorokra nézve minimális, ha a léptetések behuzalozhatók a PE -kbe. Ez lehetséges, ha vagy m marad mindig változatlan, vagy olyan CORDIC-sorok találhatók, amelyeknek a léptetési paramétereit, $S_{mi} = S_i$ és $S'_{mi} = S'_i$, nem függenek m -től. Schmidt és szerzőtársai (1986) egy olyan vizsgálatot írtak le, amelyben ilyen CORDIC-sorokat kerestek szisztematikusan. Ezenkívül azok voltak az optimalizálási célok, hogy a mikrorotáció céljára szolgáló PE -k $(n + n_d)/2$ számát minimalizálják úgy, hogy a pontosság- és konvergenciatartománykövetelményeket teljesítsék. A processzor be- és kimenő adatai számára a 16-bites fixpontos adatformánál és egy 24-bites PE -beli adatformánál a kísérletek például a 2. táblázatbeli CORDIC-sorokat adták.

Az 1. példa $n_d = 6$ és $n = 21$ esetére adja a megoldást.

A skálafaktorok $K_{-1}^{-1} = 0,444^{-1} = 2^1 + 2^{-2}$ és
 $K_{-1}^{-1} = 1,778^{-1} = 2^{-1} + 2^{-4} = 2^{-2}K_{-1}^{-1}$

Példák univerzális CORDIC-sorokra

i	No. 1				No. 2			
	s $m=-1$	n $m=0$	s' $m=1$	s'	s $m=-1$	n $m=0$	s' $m=1$	s'
0	1	1	1	3	1	1	1	6
1	1	1	1	3	1	1	-1	11
2	1	1	1	0	5	2	1	3
3	2	1	1	1	3	3	1	4
4	2	1	1	-1	8	3	1	6
5	2	-1	0	-1	7	4		
6	3				5			
7	4				5			
8	5				6			
9	6				7			
10	7				8			
11	8				9			
12	9				9			
13	9				10			
14	10				11			
15	11				12			
16	12				13			
17	13				14			
18	14				15			
19	15				16			
20	16							

K_m	0,44	1,00	1,78	0,67	1,00	1,33
C_m	3,21	2,91	2,67	2,00	1,88	1,65

2. táblázat

A 2. példa esetén $n_d = 5$, $n = 20$

$$K_{-1}^{-1} = 0,667^{-1} = 1 + 2^{-1}$$

és

$$K_{-1}^{-1} = 2^{-1}K_{-1}^{-1}$$

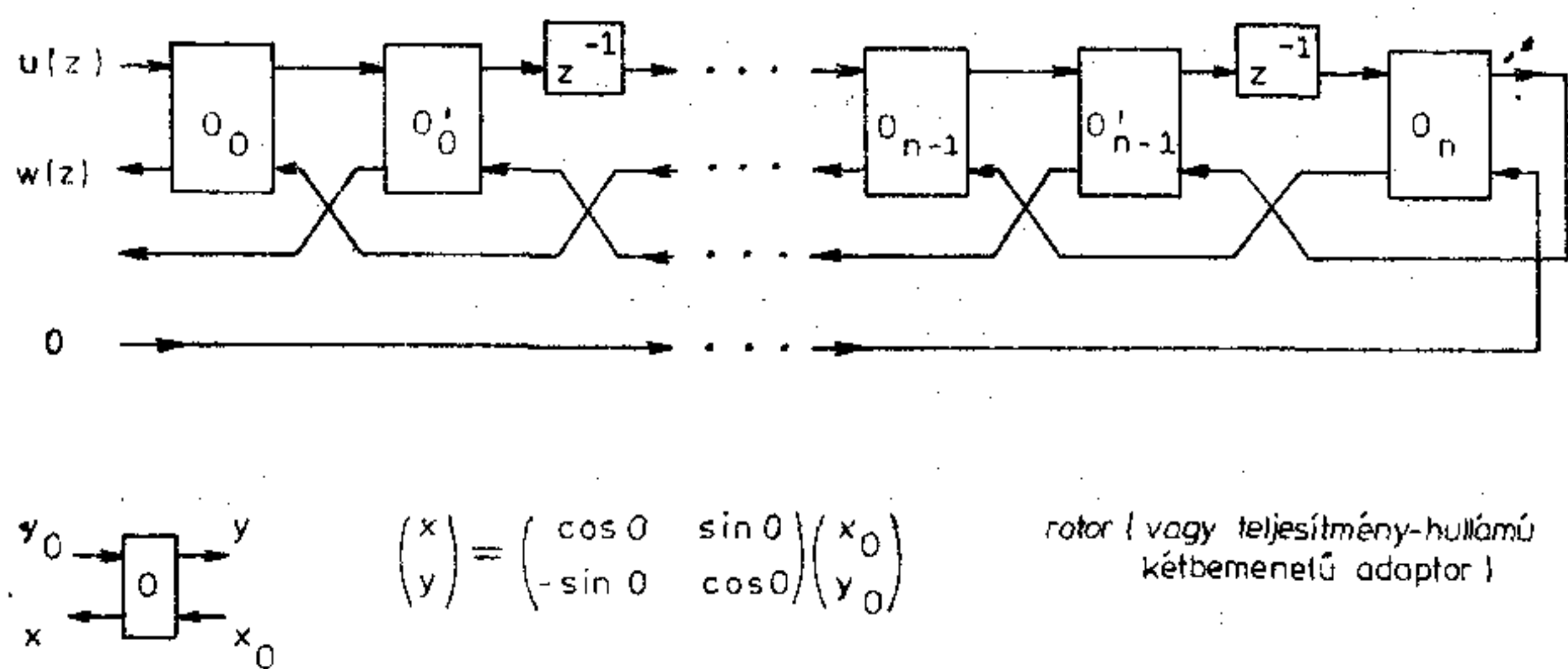
Egy adott lépésszámmal, amely a kimenetek különféle elágazásával realizálható, a skálázó PE -k is egységesek. Figyelemre méltó, hogy az 1. példában az utolsó előtti PE $i = 20$ esetén egy mikrorotációt hajt végre, aztán várakoznia kell.

Az idézett vizsgálatokban számos más előnyös CORDIC-sor található; külön előnyös, ha például nem kell hiperbolikus funkciókat számítani. Itt nincs arra lehetőség, hogy ezeket a megoldásokat bemutassuk. Yang (1986) megmutatta, hogy 32-bites lebegőpontos formátumú adatok számára megfelelő pipeline-struktúrájú processzort lehet építeni. Ennek a processzornak az előtagja a lebegőpontos számok denormalizálására is szolgál. A mikrorotációk a mantisszákkal a fixpontos számokhoz hasonlóan hajthatók végre, az exponens változtatása nélkül. Az utolsó lépésben következik a skálázás és normalizálás. A felül- és alulcsordulási bitek kielégítő számának, valamint egy alkalmas kerekítési algoritmusnak az alkalmazásával ezeknek a processzoroknak a numerikus pontossága csak lényegtelenül gyengébb, mint azoké a processzoroké, amelyek minden PE -ben lebegőpontos aritmetikát alkalmaznak. A hardware-többlet felhasználás egy fixpontos processzorhoz képest összehasonlítható szóhosszúságnál csak kb. 15%. A javasolt lebegőpontos processzorok alkalmazhatósága azonban sokkal nagyobb, mivel nem kell normalizált algoritmusokat használni.

4. Alkalmazások

Ahmed (1980) és Ahmed et al (1982) részleteiben vizsgálták, hogy a CORDIC-bázisú processzorok és a megfelelő algoritmusok felhasználása előnyös hardware-struktúrák kialakítását teszi lehetővé. Ezért ebben a fejezetben legfeljebb csak utalunk az ismert vagy nyilvánvaló alkalmazási lehetőségekre és csak egyes újabb eredményeket ismertetünk.

A szférikus trigonometriai formulák, mint amelyek pl. a navigációs feladatoknál a nagykörzetvezérlés esetén felmerülnek, csak trigonometrikus függvényeket tartalmaznak, amelyek CORDIC-processzorokkal $m = 1$ esetén számíthatók. Már Voldernél (1959) található egy javaslat, amely korlátozás nélkül megvalósítható fixpontos processzorokkal. Mivel a jelfolyam a számítás során csak egy irányba halad, pipeline-struktúrájú processzorok előrehuzalozott léptetésekkel realizálhatók. Hasonlóan strukturált feladatok találhatóak megfelelő megoldási lehetőségekkel a háromdimenziós vetítésekénél a számítógépes grafika területén, robotkarok vezérlésénél, ahol a manipulátorpozíció meghatározásához állandóan homogén transzformációkat kell végrehajtani. Egy másik alkalmazás a diszkrét Fourier-transzformáció. Az $\exp(-j2\pi kl/N)$ -nel való szorzás elfordulásként értelmezhető és CORDIC-processzorral számítható. Egy DFT-processzor lényegében COR-



Szintézis 1, Schur közelítéssel (Rao - Kailath, 1984) 2, A klasszikus hálózatelmélet eredményei (Fettweis, 1986) H290-3

3. ábra. Digitális szűrő kanonikus ábrázolása CORDIC-processzorokkal történő realizálásához

DIC-processzorokból és összeadókból áll (Despain 1979, Ahmed 1980, Lerch et al. 1986). Itt a struktúrák pipeline-szerkezetűek, amelyek a processzorok közötti globális kommunikációt — ahogy azok az FFT algoritmusokban fellépnek — kiküszöbölik; azért, hogy a megvalósítást lehetővé tegyék a nagyintegráltság irányába. Végül szükséges a lebegőpontos processzorok alkalmazása akkor is, ha a transzformálandó adatok nem normalizáltak.

Ha szeretnénk egy stabil, passzív racionális $w(z) = H(z)u(z)$ digitális szűrőt kaszkádba kapcsolva egyforma processzorok formájában, amelyek csak a szomszédokkal kommunikálnak és pipeline-struktúrával realizálhatók, akkor ez Rao és Kailath (1984) nyomán a 3. ábra értelmében megvalósítható. A szétbontás a 3. ábra értelmében kanonikus, úgy, hogy a késleltetőelemek és az elforgató elemek száma minimális.

Ez a struktúra ortogonális szűrőproblémába történő beágyazás által és a Schur-rekurziók alkalmazásával állítható elő. Ahogy Fettweis (1986) megmutatta, a struktúrák hullámdigitális-szűrőként kétkapus adapterekből is kialakíthatók, amely egy transzformátorokból és cirkulátorokból álló analóg referenciaszűrő. Ezzel a szintézist, tehát a Θ_i és Θ'_i forgásszögek megállapítását, a hálózatelmélet klasszikus módszereivel is végrehajthatjuk. Az elfordulás realizálása CORDIC-processzorok ($m=1$) által nyilvánvaló, ahol szintén pipeline-struktúra alkalmazható. A szűrőstruktúra jó stabilitási tulajdonságai miatt normalizált bemenőjelekre fixpontos processzorok használhatók. A pipeline-struktúra teljesen kihasználható a bemenő és kimenőjel L -szeres multiplexálásával, ahol L a processzor PE-jeinek száma. Minden bemenőjel nyilvánvalóan csak $1/(3T_{mac})$ rátával adható be bitparalell módban, ahol T_{mac} a makrorotáció ideje. A bemenőjel áthaladási sebessége nagyságrendileg $1/T_{mic}$, ahol T_{mic} egy mikrorotáció ideje; ez olyan szűrőstruktúra számára érhető el, amelynek jelfolyama egyirányú. Példa erre a normalizált létraszűrő (Ahmed et al 1982). Ezek univerzális CORDIC-processzorokkal realizálhatók.

Utolsó példaként tekintsük egy $Ax = b$ lineáris egyenletrendszer x -re történő megoldását. Egy olyan eljárásra van szükség, amely nem igényel processzorok közötti globális kommunikációt. Egy ilyen eljárás használja pl. a Givens' rotációkat az

A mátrix QR-szétosztására, ahol a Q ortogonális és R egy felsőháromszög mátrixnak a szorzata, amelyek mint alkalmasan leírt rotációk a Θ_{ri} forgásszöggel interpretálhatók, és amelyek A -ból meghatározhatók. A Θ_{ri} és az $Rx = Q^{-1}b = c$ egyenletrendszer együtthatói a következő rekurzióval számíthatók:

$$i > r-re: \Theta_{ri} = \arctg(a_{ir}/a_{rr}) \quad (10)$$

$$a_{rr} = (a_{rr}^2 + a_{ir}^2)^{1/2} \quad (11)$$

$$j > r-re: \begin{pmatrix} a_{rj} \\ a_{ij} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Theta_{ri} & \sin \Theta_{ri} \\ -\sin \Theta_{ri} & \cos \Theta_{ri} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{rj} \\ a_{ij} \end{pmatrix}, \quad (12)$$

$$\begin{pmatrix} b_r \\ b_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Theta_{ri} & \sin \Theta_{ri} \\ -\sin \Theta_{ri} & \cos \Theta_{ri} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_r \\ b_i \end{pmatrix}. \quad (13)$$

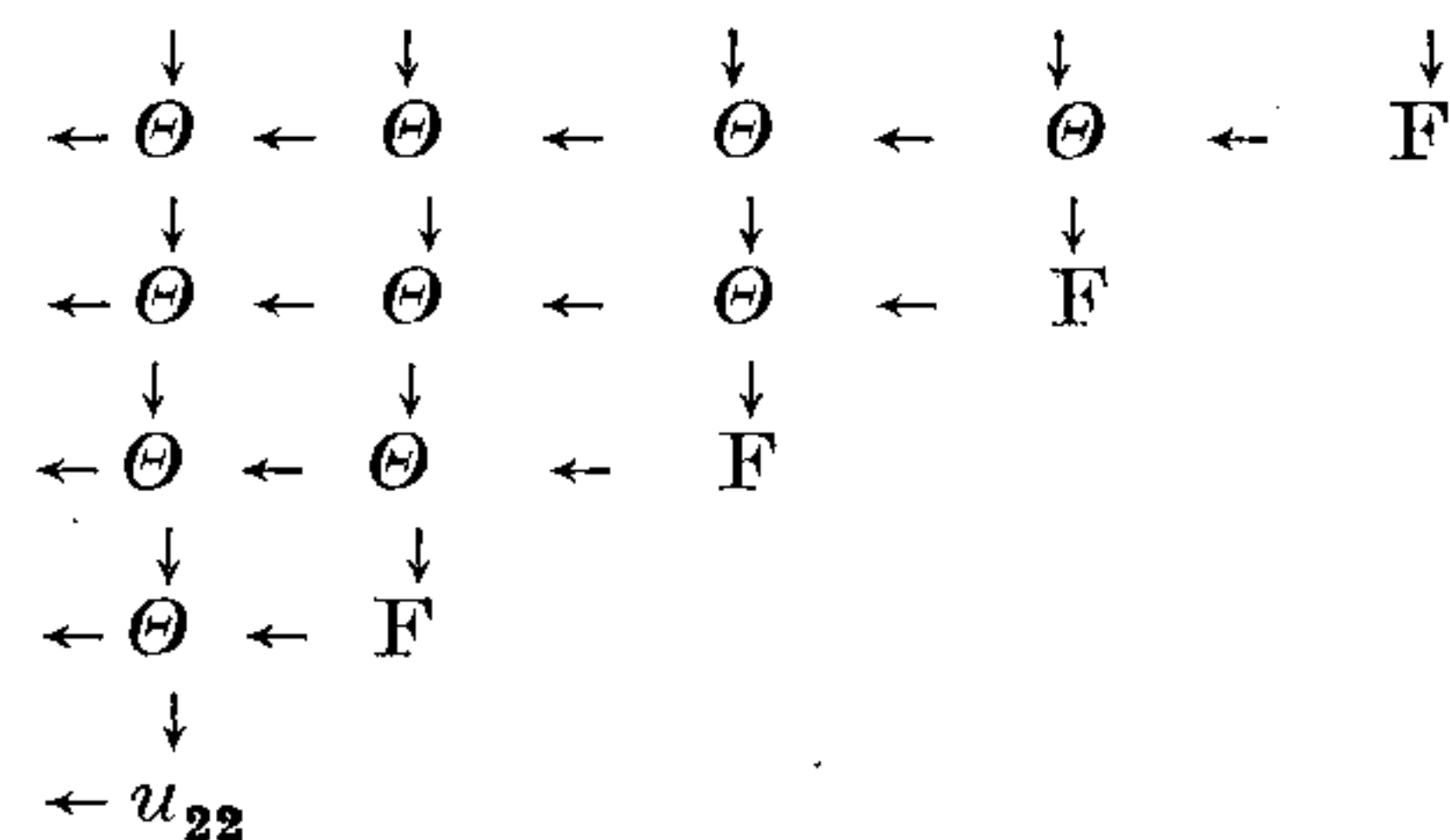
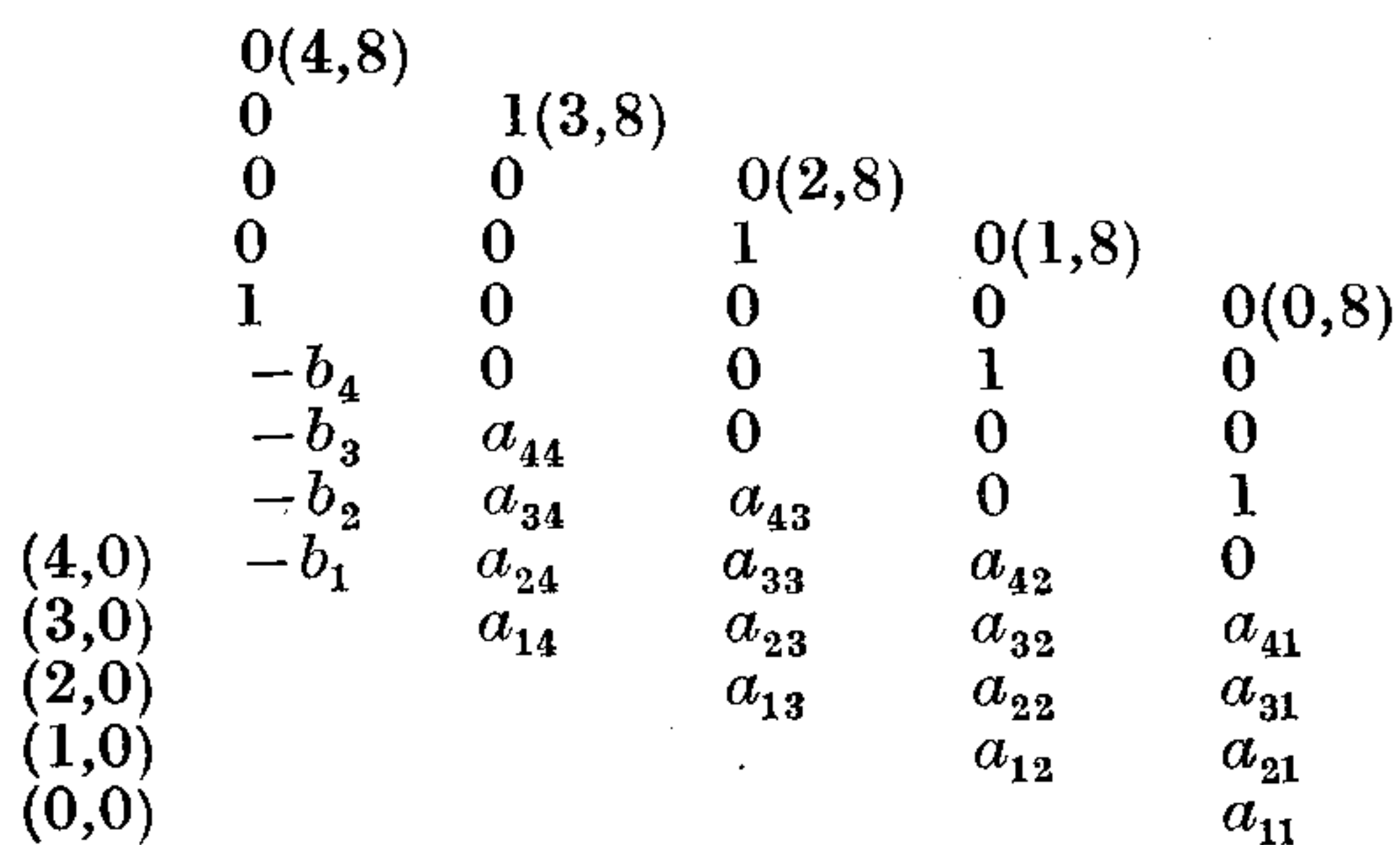
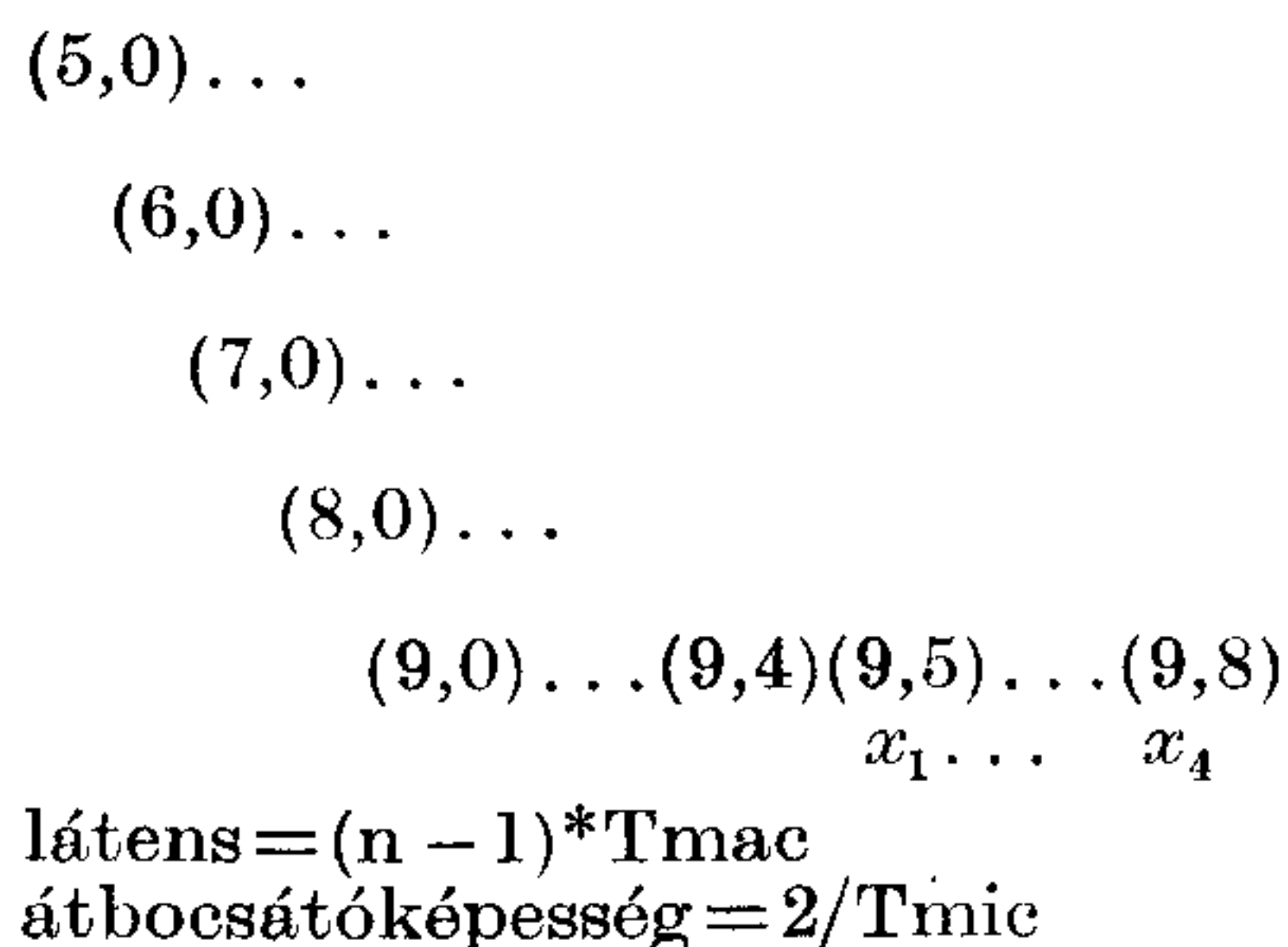
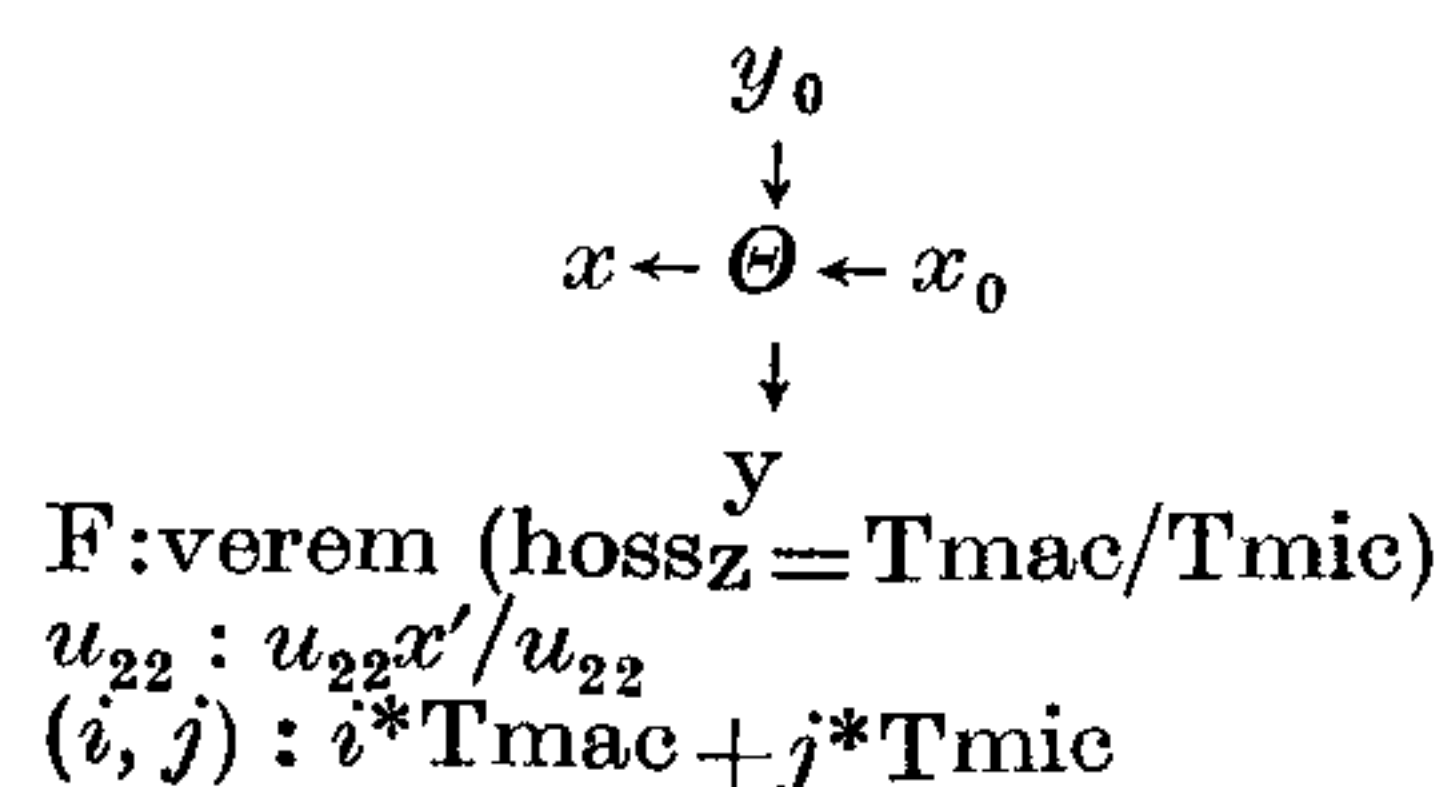
Ennek az algoritmusnak CORDIC-processzorokkal ($m=1$) szisztolés vagy hullámfront-tömbben való realizálása ismeretesek. (Gentleman és Kung 1981, Ahmed et al. 1982). A CORDIC-processzorokat pipeline-struktúrával előnyösen alkalmazhatjuk, mivel a (10) számítása a $\sigma_0, \sigma_1, \dots, \sigma_{n-1}$ forgásirányok szekvenciális számítását jelenti, amely azonos sorrendben a (12) és (13)-ban van kidolgozva. Természetesen a mikrorotáció szintjén egy pipelining kapható (Deprettere et al 1984). Jainandunsig és Deprettere (1986) megmutatták, hogy az $x = R^{-1}c$ Givens' rotációkra vonatkozó Faddeeva algoritmus egyik változatának visszahelyettesítése is $U_{22}x$ és $U_{22} = \pm(1+x'x)^{1/2}$ formában oldható meg. A 4. ábrán végül egy további változat található, amely x -et szolgáltatja egy szisztolés tömb 4×4 -es A mátrixának példáján. Θ -val jelöltük azokat a CORDIC-processzorokat amelyek a következőkben egy szöveget számítanak. Amint az i -edik PE-ben σ_i kiszámításra kerül, σ_i tárolódik és a következő mikrociklusban a (12) vagy (13) rotációkkal kezdődik. A megfelelő kontroll a bemenő adatok egy járulékos bitjével könnyen elvégezhető. Az F jelölés az $L = T_{mac}/T_{mic}$ várakozási sor hosszát adja meg, hogy egy T_{mac} időkétséltetést létrehozson. A leírt eljárás módosítható, hogy lineáris egyenletrendszer rekurzív legkisebb-négyzetes-megoldásait megkaphassuk; (McWitter 1983). Jainandunsig és Deprettere (1986 a és b) megoldásokat ad pozitív definit és különösen Töplitz-szerű mátrixokra.

5. Köszönetnyilvánítás

Bár még nincs a CORDIC-algoritmusokkal kapcsolatos összes probléma megoldva, különösen nincs a hiperbolikus függvények konvergencia-problémája, ebben a cikkben bemutatjuk azokat a fejtegetéseket, melyek szerint számos alkalmazásban előnyös a CORDIC-processzorok alkalmazása. Északrajna-Wesztfália tartomány Tudományos és Kutatási Minisztériuma támogatja ezeket a vizsgálatokat és különösen azon integrált áramkörök fejlesztését, (Schmidt et al. 1986) amelyeket a düsseldorf mikroelektronikai áramkörök és rendszerek Frauehofer Intézetével közösen végeztünk. Szeretnénk Zimmer és Hosticka kollégáimnak, valamint Hahn, Schmidt, Timmermann és Yang munkatársaimnak a sok értékes észrevételért köszönetet mondani.

A $x=b$ lineáris egyenletrendszer Givens rotációval történő megoldása

$$\begin{pmatrix} U_{11} & u_{12} \\ u'_{21} & u_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A' & O_n & I_n \\ -b' & 1 & O'_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & u_{12} & U_{11} \\ O'_n & u_{22} & u_{22}x' \end{pmatrix}$$



processzorok $n(n-1)/2 - 1$
vermek n

4. ábra. Lineáris egyenletrendszer CORDIC-procesz-szorok szisztolés tömbbel való megoldása

I R O D A L O M

- [1] Ahmed, M. A. (1980): Signal processing algorithms and architectures Ph. D. Thesis, Dept. of Electrical Eng., Stanford University
- [2] Ahmed, M. A., Delosme, J. M. and Morf, M. (1982): Highly concurrent computing structures for matrix arithmetic and signal processing. IEEE Computer 15, 65—82.
- [3] Andrews M. and Eggerding, D. A. (1978): A pipelined computer architecture for unified elementary functions. Computer and Electr. Eng. 5. 189—202.
- [4] Deprettere, E. F. A., Dewilde, P. M. and Udo, R. (1984): Pipelined CORDIC architectures for fast VLSI filtering and array processing. Proc. IEEE ICASSP San Diego, 41A. 6.1-4.
- [5] Despain, A. V. (1979): Very Fast Fourier transform algorithms hardware for implementation. IEEE Trans. C-28, 333—341.
- [6] Fettweis, A. (1986): Passive and lossless digital filter structures. Proc. And. Nordic Symp. VLSI in Computers and Communication, Linköping.
- [7] Gentleman, M. W. and Kung, H. T. (1981): Matrix Triangulation by Systolic Arrays. Proc. S. P. I. E. 298 „Real Time Signal Processing IV”, 19—26.
- [8] Haviland, G. L. and Tuszinski, A. A. (1980): A CORDIC arithmetic processor chip. IEEE Trans. C-29, 68—79.
- [9] Hosticka, B. J. et al. (1985): Power wave digital filters using CORDIC adaptors, AEÜ 39, 242—244.
- [10] Jainandunsig, K. and Deprettere, E. F. A. (1986a): Design and VLSI Implementation of a concurrent solver for N-coupled least-squares fitting problems. IEEE J. SAC-4, 39—48.
- [11] Jainandunsig, K. and Deprettere, E. F. A. (1986b): Solving sets of linear equations for real time signal processing. In *Signal Processing III: Theory and Applications*, I. T. Young et al. (eds.), North-Holland, Amsterdam, 1287—1290.
- [12] Lerch, R. et al. (1986): CORDIC realization of a DFT processor. In *Signal Processing III, Theory and Applications*. I. T. Young et al. (eds.), North Holland, Amsterdam, 1319—1322.
- [13] McWhirter, J. G. (1983): Recursive least-squares minimization using a systolic array. Proc. S. P. I. E. „Real Time Signal Processing VI”.
- [14] Rao, S. K. and Kailath, T. (1984): Orthogonal digital filters for VLSI implementation. IEEE Trans. CAS-31, 922—945.
- [15] Schmidt, G. (1984): Filterverfahren zur Spektralanalyse auf der Basis von CORDIC-Prozessoren. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Signaltheorie der Ruhr-Universität Bochum.
- [16] Schmidt, G. et al. (1986): Parameter optimization of the CORDIC-algorithm and implementation in a CMOS-chip. In *Signal Processing III: Theory and Applications*, I. T. Young et al. (eds.), North Holland, Amsterdam, 1219—1222.
- [17] Schüßler, W. (Hsg.) (1976): Ausgewählte Arbeiten über Nachrichtensysteme, Heft 22, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, Universität Erlangen.
- [18] Volder, E. J. (1959): The CORDIC trigonometric computing technique. IRE Trans. EC-8, 330—334.
- [19] Walter, J. S. (1971): A unified algorithm for elementary functions. Proc. Spring Joint Comp. Conf. 38, 379—388.
- [20] Yang, B. (1986): Untersuchung zu einem 32-Bit-Gleitkomma CORDIC-Prozessor. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Signaltheorie der Ruhr-Universität Bochum.

Áramkörök gyártási kihozatalának és jellemzőinek optimalizálása toleranciaközpontosítás segítségével

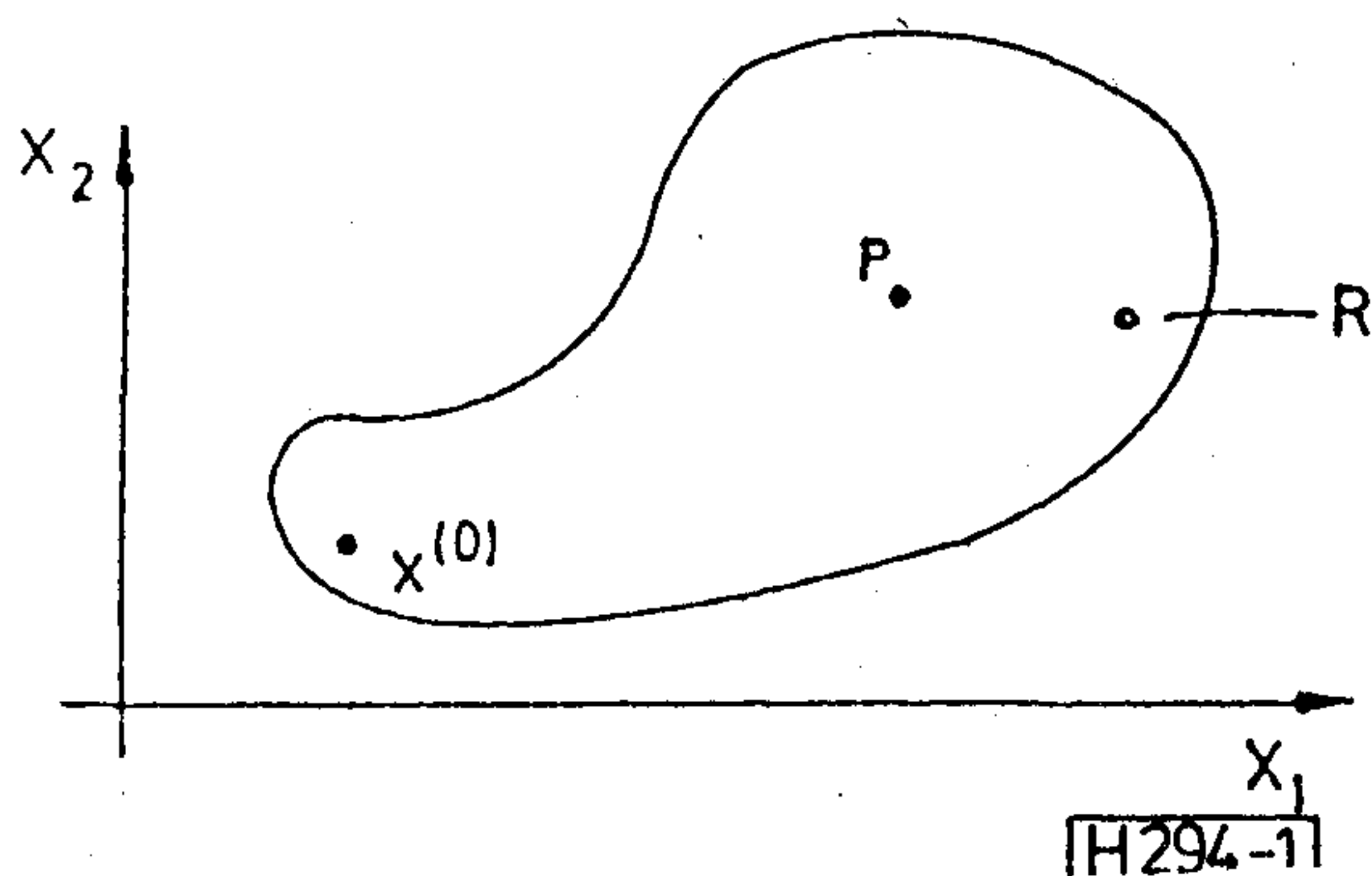
E. LÜDER
Universität Stuttgart



Összefoglalás:

A cikk egy statisztikus eljárást mutat be, melynek során egy, a kapcsolásokat reprezentáló ponthalmazt állítunk elő, amelyet Monte-Carlo analízis segítségével a megengedett tartomány optimumába mozdítunk el. A szükséges áramköranalízisek száma néhány pont ismételt felhasználásával csökkenthető. Lokális optimumok a ponthalmaz felfújásával kerülhetők el. Két példa mutatja a módszer használhatóságát. Optimalizálendő paraméterek az ellenállásokon és kondenzátorokon kívül MOS tranzisztorok csatornahosszei lehetnek.

Az előadás áramkörök gyártási kihozatalának és valamely jellemzőjének együttes javítására szolgáló statisztikus eljárást mutat be. Az eljárás során egy Gauss-eloszlású ponthalmazt állítunk elő, amelyben az egyes pontok egy adott kapcsolás paramétervektorát reprezentálják. Monte-Carlo analízis segítségével a ponthalmazt az optimumba, az ún. toleranciaközpontba mozdítjuk el. A megengedett tartománynak (R) nem kell konvexnek lennie, s a tartomány határait sem kell ismernünk. A szükséges áramköranalízisek száma néhány kiválasztott pont ismételt felhasználásával csökkenthető. Lokális optimumok a ponthalmazt célszerű „felfújásával” gyakran kikerülhetnek. Két példa, amelyben egyidejűleg max. 14 paraméter optimalizálendő, mutatja a módszer használhatóságát: a futási idő 40%-os csökkenése, valamint a kihozatal 2%-ról 90%-ra való növekedése. A változtatható paraméterek: MOS tranzisztorok csatornahossza és -szélessége, továbbá ellenállások és kondenzátorok értéke.



1. ábra. Az R megengedett tartomány és a P toleranciaközpont

* Fordította: dr. Gefferth László,
Elhangzott a 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián.

ERNST LÜDER

A Stuttgarteri Műszaki Egyetem Villamosmérnöki karán végezte tanulmányait. Disszertációjának tárgya és képesítése az elméleti híradástechnika területe. 1968—71 között a Bell Telephone Laboratories, Holmdel (USA) munkatársa volt, ahol a vékonyrétegtechnika alkalmazott miniatürizált kapcsolások szintézisével foglalkozott. 1971 óta e-

gyetemi tanár a Stuttgarteri Egyetemen és igazgatója a Hálózattervezési és Rendszerelméleti Intézetnek, amelyben egy vékony- és is vastagrétegtechnika foglalkozó laboratórium működik.

Munkaterülete:

- elektromos kapcsolások tervezése és optimalizálása,
- vékonyréteg technika-jú kapcsolási elemek készítése.

1. Bevezetés

Egy adott kapcsolás kihozatalnövelésének és jellemzőjavításának problémáját az 1. ábrán mutatjuk be két paraméter esetére. Paraméter lehet elektromos építőelem értéke vagy integrált áramköröknél tranzisztor-méret, úgymint csatornahossz és -szélesség. Azon áramkörök paraméterei, amelyek jellemzői az előírásokat teljesítik, az R megengedett tartomány belsejében helyezkednek el. Ezek azonban R széléhez nagyon közel is lehetnek — ahogy az az 1. ábrában x ($^\circ$) esetében látható — mivel tervezéskor általában nem vagyunk tekintettel az R tartományon belüli elhelyezkedésre. A paramétereknek eltolása R azon pontjára, amely a szélektől legtávolabb van — amelyet toleranciaközpontnak nevezünk —, növeli a gyártási kihozatal, mivel most a paraméterek jobban szórhatnak.

A kihozatal:

$$Y = \frac{N_z}{N}, \quad (1)$$

ahol N_z az elfogadható áramkörök,

N az összes előállított áramkör száma.

A paramétereknek a névleges érték körüli szórása gyakran Gauss-eloszlással írható le. Az n -dimenziós esetben az $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ paramétervektorral megadott áramkör valószínűség-sűrűség függvénye

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n \det V}} \exp[-0,5(x - \bar{x})^T V^{-1}(x - \bar{x})] \quad (2)$$

A várható érték:

$$\bar{x} = \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot p(x) dx_1 dx_2 \dots dx_n \quad (3)$$

A kovariancia mátrix:

$$V = S \cdot K \cdot S \quad (4)$$

amelynek elemei a kovarianciák.

A (4) egyenlet mátrixai a szórás mátrix:

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & & \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & 0 & & \sigma_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

és a korrelációmátrix:

$$K = \begin{bmatrix} 1 & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & 1 & \dots & K_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

A σ_i értékek az egyes elemek szórása, míg K_{ik} a korrelációs együttható. Nyilvánvalóan érvényes, hogy

$$V_{ik} = \sigma_i \cdot \sigma_k \cdot K_{ik} \quad (7)$$

Kétdimenziós esetben kapjuk, hogy

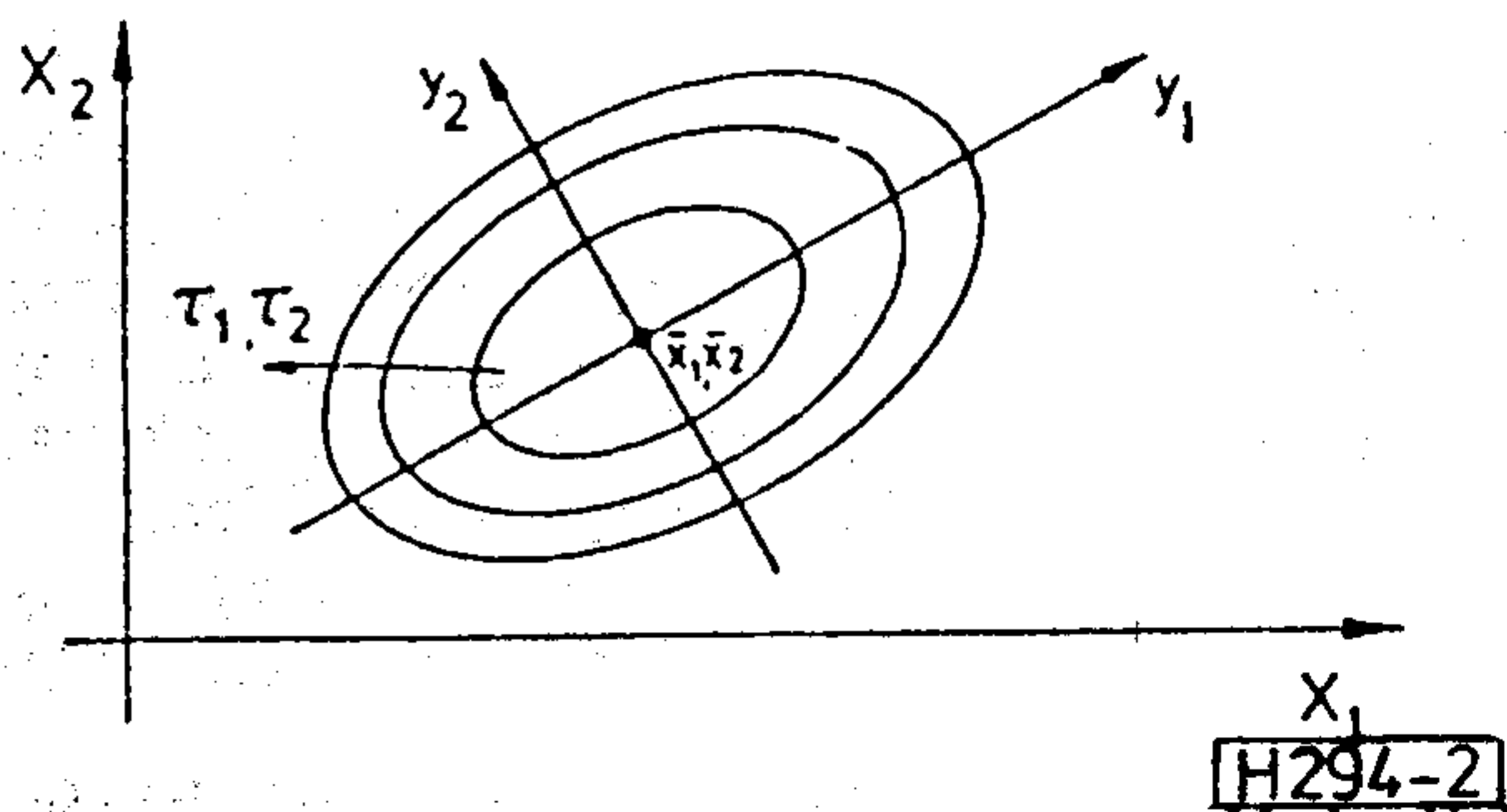
$$p(\mathbf{x}) = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{\det V}} \times \quad (8)$$

$$\times \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(x_1 - \bar{x}_1)^2}{\sigma_1^2} - 2 \cdot K_{12} \frac{(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} + \frac{(x_2 - \bar{x}_2)^2}{\sigma_2^2} \right) \right]$$

A konstans valószínűség görbéi az alábbi egyenlettel leírt ellipszisek:

$$\frac{(x_1 - \bar{x}_1)^2}{\sigma_1^2} - 2 \cdot K_{12} \frac{(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} + \frac{(x_2 - \bar{x}_2)^2}{\sigma_2^2} = \text{const} \quad (9)$$

amelyeket a 2. ábrán láthatunk. Minél nagyobb σ_i , annál hosszabbak az ellipszis főtengelei. A



2. ábra. Kétdimenziós Gauss-eloszlás azonos valószínűségű szintvonalai

(9) egyenlet az ortogonális sajátértékmátrix segítségével az

$$\frac{y_1^2}{\lambda_1} + \frac{y_2^2}{\lambda_2} = 1 \quad (10)$$

ellipszis egyenletbe transzformálható, ahol y_1, y_2 az új koordináták, $\sqrt{\lambda_1}$ és $\sqrt{\lambda_2}$ az ellipszis főtengelei (2. ábra). A V kovariancia mátrix a transzformáció után fődiagonális formájú lett, ahol is a V_{ii} elemek az ellipszis főtengelei:

$$\sqrt{\lambda_i} = \sigma_i \quad (11)$$

$n > 2$ esetben ellipszoidok vagy hiper-ellipszoidok adódnak. Az ellipszoidok tengelyei párhuzamosak a koordinátatengelyekkel, ha a K_{ik} korrelációs együtthatók nullával egyenlők. A kihozatal-növelés azzal a feladattal írható le, hogy a lehető legnagyobb térfogatú ellipszoidot illesszük az R tartományba. Az ellipszoid középpontja, vagy a valószínűség sűrűség \bar{x} várható értéke — lásd (8) egyenlet — az optimalizált kapcsolat elemeinek névleges értéke lesz. A kiinduló $x^{(0)}$ névleges értéket az \bar{x} pontba kell eltolni. A V -beli K_{ik} korrelációs együtthatók a főtengelek irányát határozzák meg; K_{ik} adja meg az i -edik és k -edik paraméter gyártási szórása közötti korrelációt. A feladatot tehát oly módon pontosíthatjuk, hogy az ellipszoidot a megadott korrelációs együtthatókkal úgy kell R -be illeszteni, hogy térfogata a legnagyobb legyen.

Ez a cél determinisztikus [2—4] vagy statisztikus [1], [5], [9] módszerekkel érhető el. Mi egy statisztikus eljárást alkalmazunk, mert ekkor nem követelmény, hogy a megengedett tartomány konvex legyen. A módszerek rendszerint elkerülik az R tartomány alakjának kiszámítását, tekintettel arra, hogy ez nagyobb dimenziók esetén túlságosan komplikált.

2. A keresési algoritmus

A kiindulási névleges értékek körül egy Gauss-eloszlású pontthalmazt generálunk, ahol minden egyes pont egy kapcsolat paraméter-vektorának felel meg. Minden egyes pontot ellenőrizünk, vajon a kapcsolat teljesíti-e az előírásokat. A programnak ez a része igényli a legtöbb gépidőt, mivel integrált áramkörök esetében egy áramköranalízist — például a SPICE programmal — kell végeznünk. Azokból a pontokból, amelyek a megengedett tartományba esnek, a középpontot, vagy súlypontot, számolhatjuk:

$$\bar{x} = \frac{1}{N_z} \sum_{j=1}^{N_z} \mathbf{x}^{(j)} \quad (12)$$

ahol $\mathbf{x}^{(j)}$ az N_z db a követelményeket teljesítő, jó paramétervektor. Az \bar{x} pontra kiszámítjuk a V kovarianciamátrixot — lásd (4) egyenlet — a σ_k szórások négyzetének:

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{N_z - 1} \cdot \sum_{j=1}^{N_z} (x_k^{(j)} - \bar{x}_k)^2 \quad (13)$$

$k=1, 2, \dots, n$ (a dimenziók száma)

és a kovarianciák segítségével [7]:

$$v_{ik} = \frac{1}{N_z - 1} \cdot \sum_{j=1}^{N_z} (x_i^{(j)} - \bar{x}_i)(x_k^{(j)} - \bar{x}_k) \quad (14)$$

$i \neq k; i, k=1, 2, \dots, n$

A (13) és (14) egyenletben

$$\mathbf{x}^{(j)T} = (x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, \dots, x_n^{(j)})^T \quad (15)$$

az N_z db jó kapcsolás $x_k^{(j)}$ komponenseinek $x^{(j)}$ paramétervektora;

a (12) egyenlet \bar{x}_k középértékének k -adik eleme.

A következő lépésben \bar{x} körül egy újabb, Gauss-eloszlású ponthalmazt állítunk elő, amely azonban nem a gyártási pontatlanságokat képezi le, hanem amely a legnagyobb térfogatú, \bar{x} középpontú ellipszoidot R -be illeszti [5—6]. Ily módon R -ről információt nyerünk, amely később, a toleranciaközpont irányába teendő lépésnél értékesíthető. Ehhez a (2) egyenlet V mátrixát fődiagonális formára transzformáljuk, amely a (8) egyenlet szerint

a következő új koordinátákra vezet:

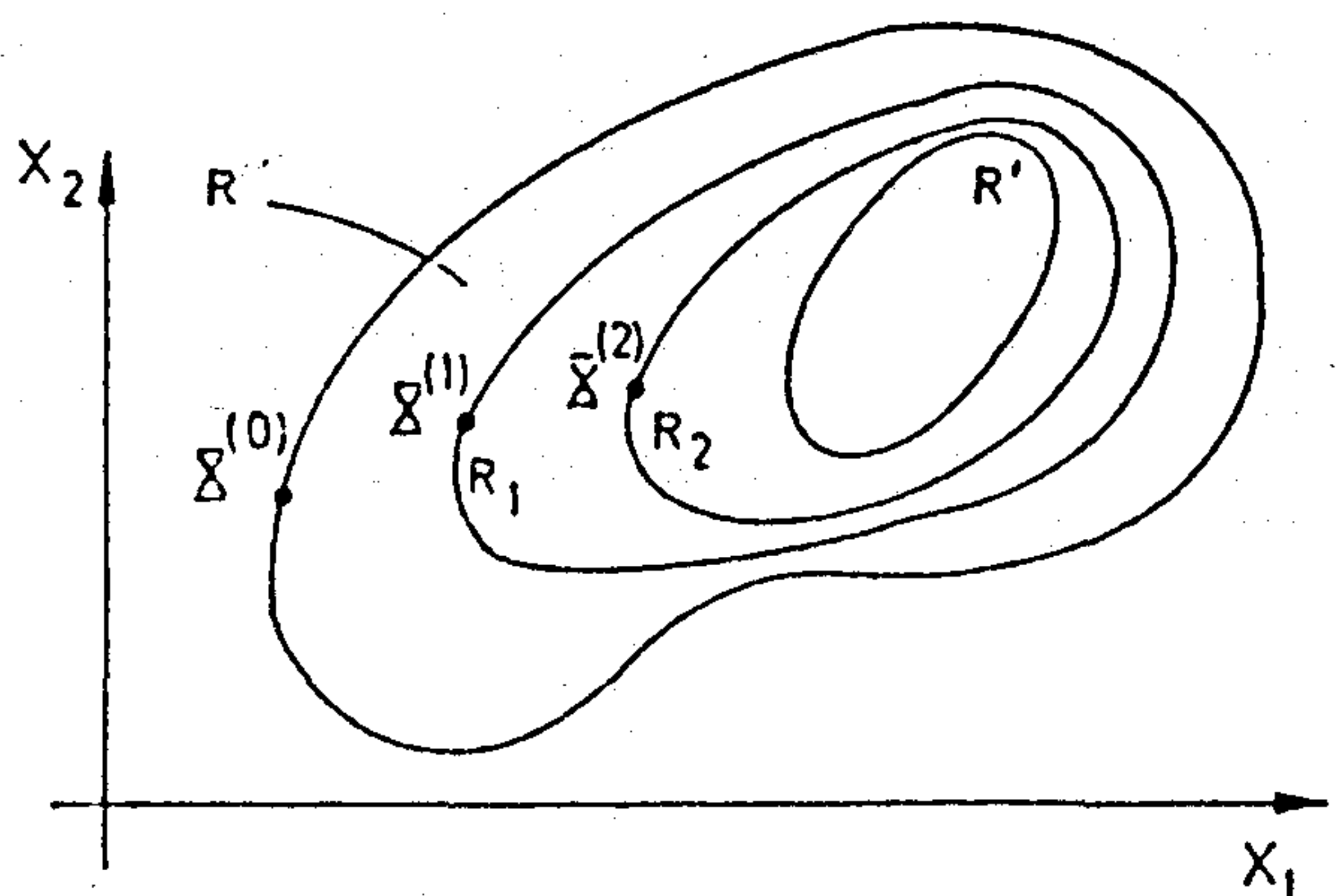
$$y^{(j)} = \mathbf{T}^T \cdot (\mathbf{x}^{(j)} - \bar{\mathbf{x}}) \quad (16)$$

A diagonális mátrix:

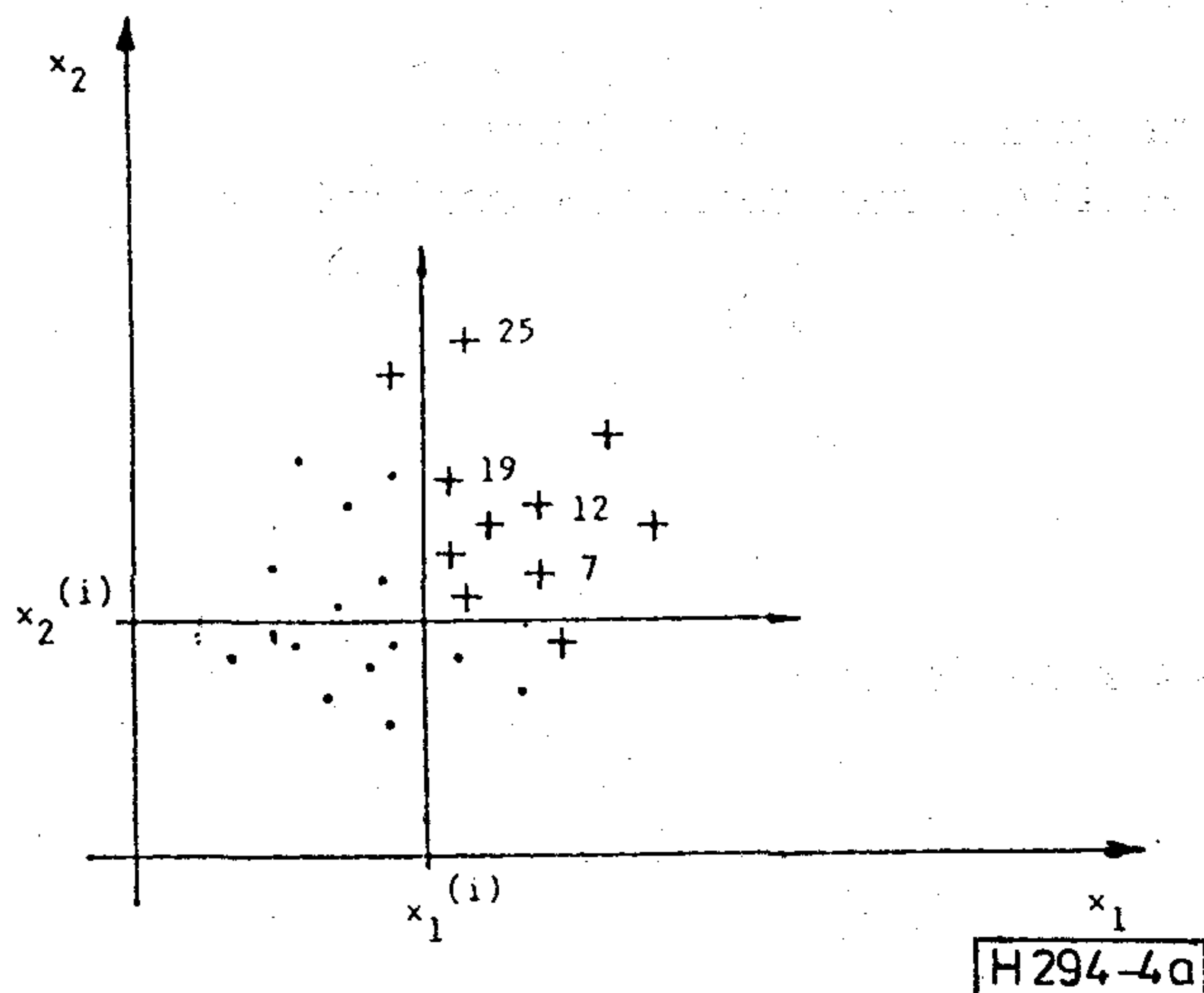
$$\mathbf{D} = \mathbf{T}^{-1} \cdot \mathbf{V} \cdot \mathbf{T} \quad (17)$$

ahol \mathbf{T} a transzformációs mátrix. \mathbf{D} fődiagonálisában a λ_i elemek az ellipszis $\sqrt{\lambda_i}$ főtengelyei.

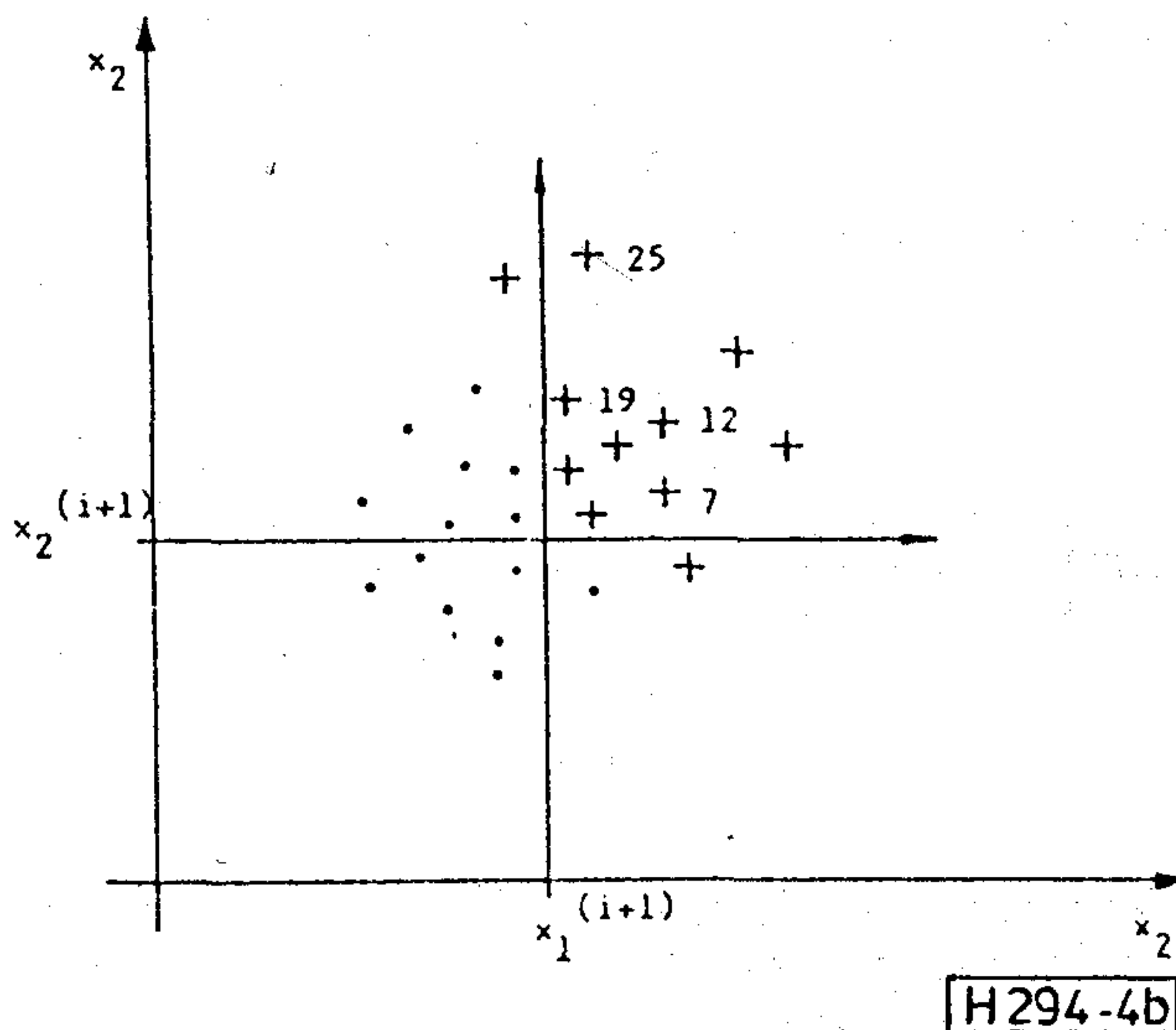
Most állítjuk elő az új Gauss-eloszlású ponthalmazt az x origójú y koordinátákban. E ponthalmaz σ_i értékei a következő megfontolásokkal nyerhetők. Az y koordináták minden i irányban a legkülső jó pontot, $y_{i, \max}$ -ot, meghatározzuk. Ezek után előírjuk, hogy a jó pontok q valószínűséggel



3. ábra. Toleranciaközponosítás áramkörök tulajdonságainak javítására



4. a. ábra. Ponthalmaz az $x_1^{(i)}, x_2^{(i)}$ középértékek körül az i -edik iterációban



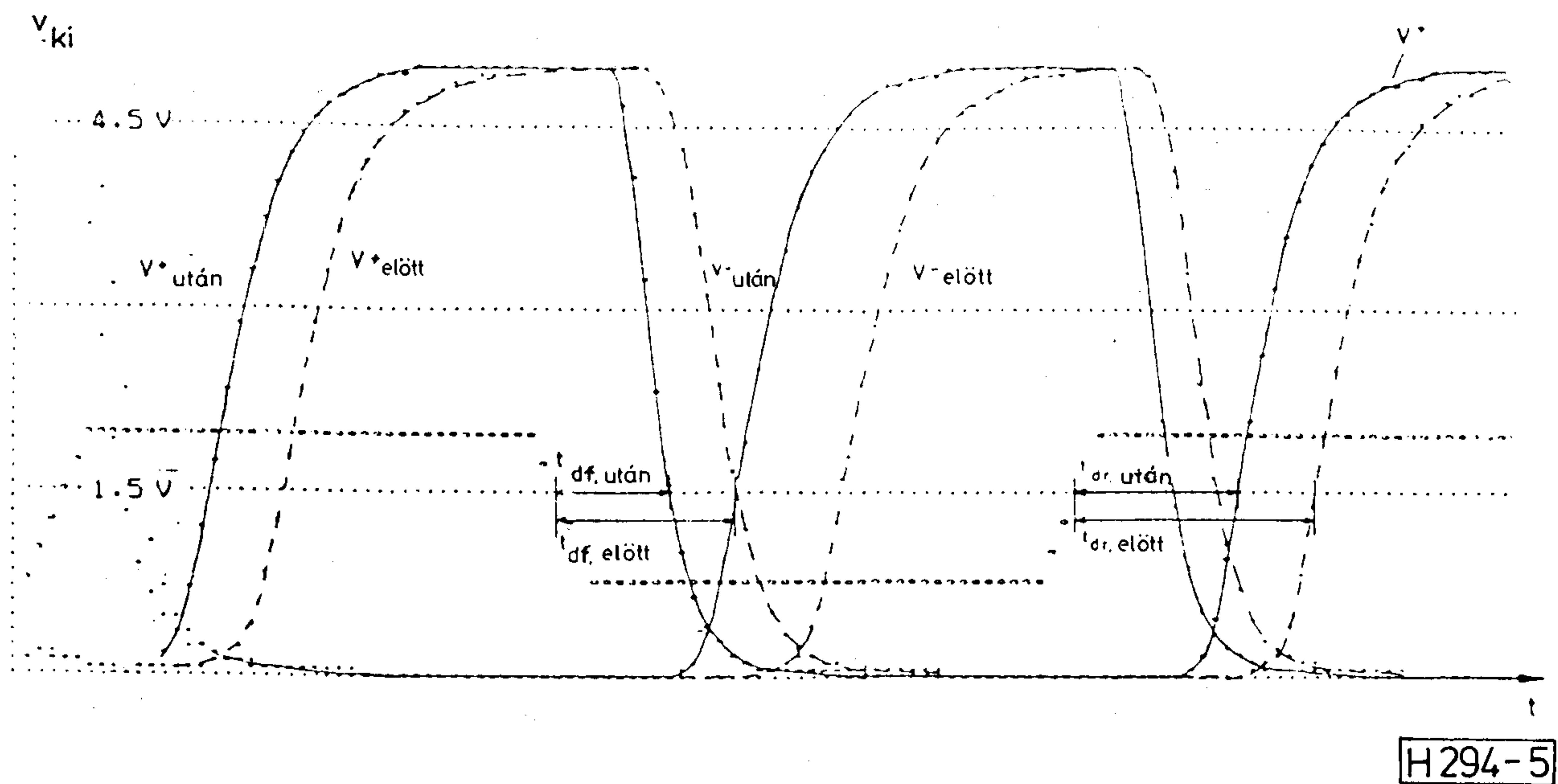
4. b. ábra. Ponthalmaz az $x_1^{(i+1)}, x_2^{(i+1)}$ középértékek körül az $i+1$ -edik iterációban 7, 12, 19 sorozat alkalmazásával

helyezkedjenek el az y_i tengelyen. Ez azt jelenti, hogy

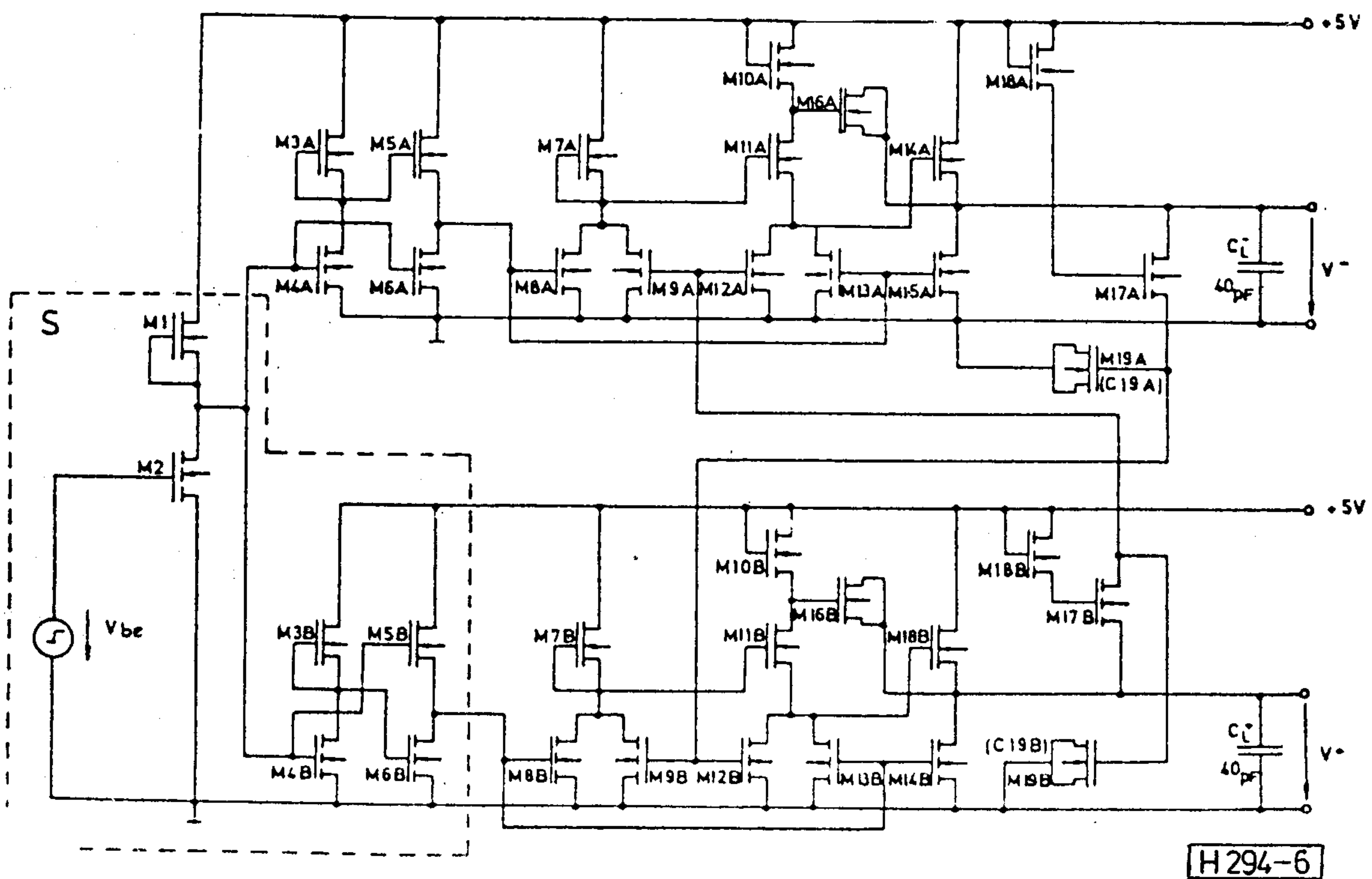
$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{i, \text{new}}}} \int_{-y_{i, \max}}^{+y_{i, \max}} \exp[-1/2(y_i/\sigma_{i, \text{new}})^2] dy_i = q \quad (18)$$

ahonnan is $\delta_{i, \text{new}}$ számítható. Numerikus tapasztalataink szerint a $q=0,4$ egy jó érték. A $\delta_{i, \text{new}}$ szórást egy, dimenziótól függő tényezővel megszorozzuk [6]. Ezzel vesszük figyelembe azt a tényt, hogy növekvő dimenzióval csökken annak valószínűsége, hogy ponthalmaz egy adott hipergömbben pontokat tartalmaz. E hatást kiegyensúlyozandó $\delta_{i, \text{new}}$ értékét növekvő n -re csökkentjük.

Az \bar{x} körüli új ponthalmaz az \bar{x}_{new} új középértékre, mint a jó pontok súlypontjára vezet. Az eljárást addig folytatjuk, míg [6]:



5. ábra. A 6. ábra kapcsolásának feszültségmenete (időosztás: 2ns a vízszintes tengely két pontja között)



6. ábra. Óra- és ellenütemű meghajtó fokozat. Az invertálástól eltekintve a felső rész (A indexek) és az alsó rész (B indexek) azonos. A szövegben ezért az indexeket elhagytuk. Az S részáramkört szaggattott vonal keretezi

és

$$\left| \frac{x_{i, \text{new}} - x_i}{y_{i, \text{max}}} \right| \leq 5\% \quad (19)$$

$$\left| \frac{\sigma_{i, \text{new}} - \sigma_i}{y_{i, \text{max}}} \right| \leq 5\% \quad (20)$$

egyenlőtlenségeket minden dimenzióra el nem ér-

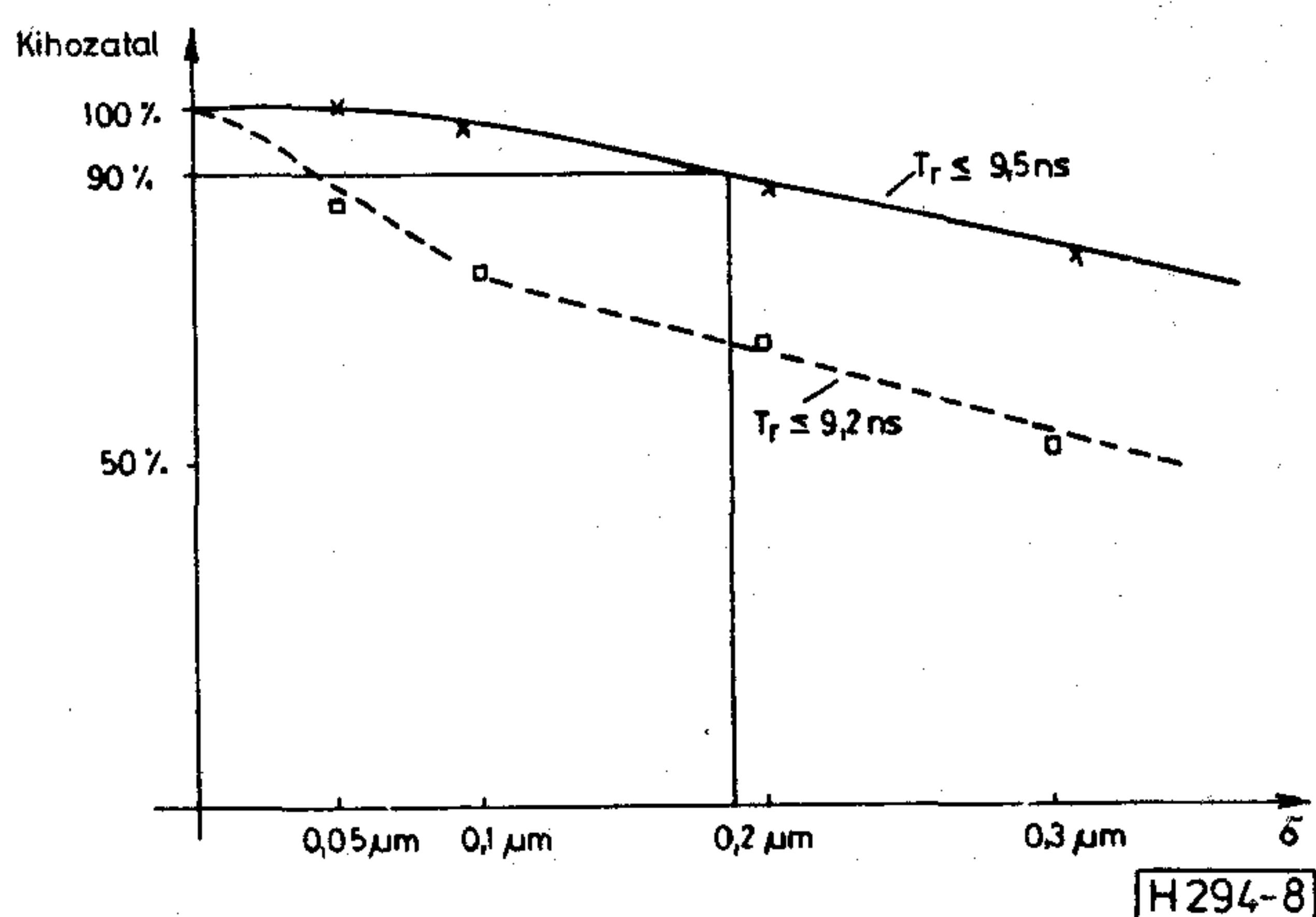
jük. Az utolsó \bar{x}_{new} érték a toleranciaközpont. Az ellipszoid szolgál tehát az R tartomány ismeretlen — nem szükségszerűen konvex — alakjának közelítésére. Az utolsó lépésben a gyártási pontatlanságokat leképező ponthalmazt állítjuk elő. Az (1) egyenletből nyerhető a kihozatal, amely a halmaz δ_i értékeitől függ. Meghatározhatók azonban azon

értékek is, amelyek egy adott kihozatal eléréséhez szükségesek. Egy kapcsolás tulajdonságai — amint azt az 1. pontban ismertettük — a követelmények fokozatos szigorításával javíthatók.

3. A gépidő csökkentése és a módszer javítása

Az eljárás legidőigényesebb része az áramköranalízis, különösen a tranziensanalízis. A vizsgált pontok számát ezért lehetőleg alacsonyan kell tartani. Egy további probléma — az iterációnkénti csekély javulás — akkor áll elő, ha a szórások az R megengedett tartomány egy szűk részében kicsik. Ez esetben a Gauss-eloszlású ponthalmaz R -nek csak kis részét fedi le. Ezt megfelelő intézkedésekkel el kell kerülnünk. Ezen kívül meg kell akadályozni, hogy az eljárás egy lokális optimum miatt befejeződjön.

Az áramköranalízisek száma a véletlengenerátor azon tulajdonságának kihasználásával csökkenthető, mely szerint a véletlen számok meghatározott és reprodukálható módon követik egymást. Azonos kezdeti feltételekkel mindig ugyanazon ponthalmazt állítjuk elő. A súlypont körüli teret ilyen ponthalmazzal tapogatójuk le. Meghatározzuk azt a síknegyedét — nagyobb dimenzió esetén tér-ill. hiper-negyedét — amelyben a legtöbb jó pont fekszik. A 4.a ábrán a jó pontokat '+', a rosszakat '.' jel jelöli. A jó pontokat a véletlenszám-generátor egy meghatározott sorrendben, pl. mint a 7, 12, 19, ... pontokat, állította elő. A jó pontok középpontja az $i+1$ -edik súlypontra vezet. Az ezen súlypont körül előállított ponthalmazból csak a 7, 12, 19, ... pontokban végzünk áramköranalízist, mert nagy valószínűséggel ezek újra jó pontok lesznek. Ez az eljárás nagyon hatásosan



8. ábra. A kihozatal a MOSFET tranzisztor méretszórásának függvényében. A kihozatal $T_r < 9.5$ ns-re (folytonos vonal), valamint $T_r < 9.2$ ns-re (szaggatott vonal) határoztuk meg

működik, s a gépidőt egy kb. háromszoros, az eddigi legjobb esetben egy ötszörös faktorial csökkentette.

Lassú előrehaladás és lokális optimum a szórások két-háromszoros növelésével kerülhető el, így egy nagyobb térfogatot tapogatójuk le. Végül, mint új súlypontot, meghatározzuk a legjobb tulajdonságokkal rendelkező pontot. A szórásoknak ez a „felfújása” és a középérték ugrásszerű változtatása szintén nagyon hatásos, különösen a lokális optimumok elkerülésében.

Egy további lehetőség az áramköranalízisek megspórolására az, hogy a ponthalmazbeli pontok helyett a ponthalmazbeli jó pontok számát írjuk elő. Így csak annyi véletlen pontot generálunk, míg a kívánt számú jó pontot elérjük. Numerikus tapasztalataink szerint a dimenziók számának kétszerese, mint a jó pontok száma, hatásosnak bizonyult.

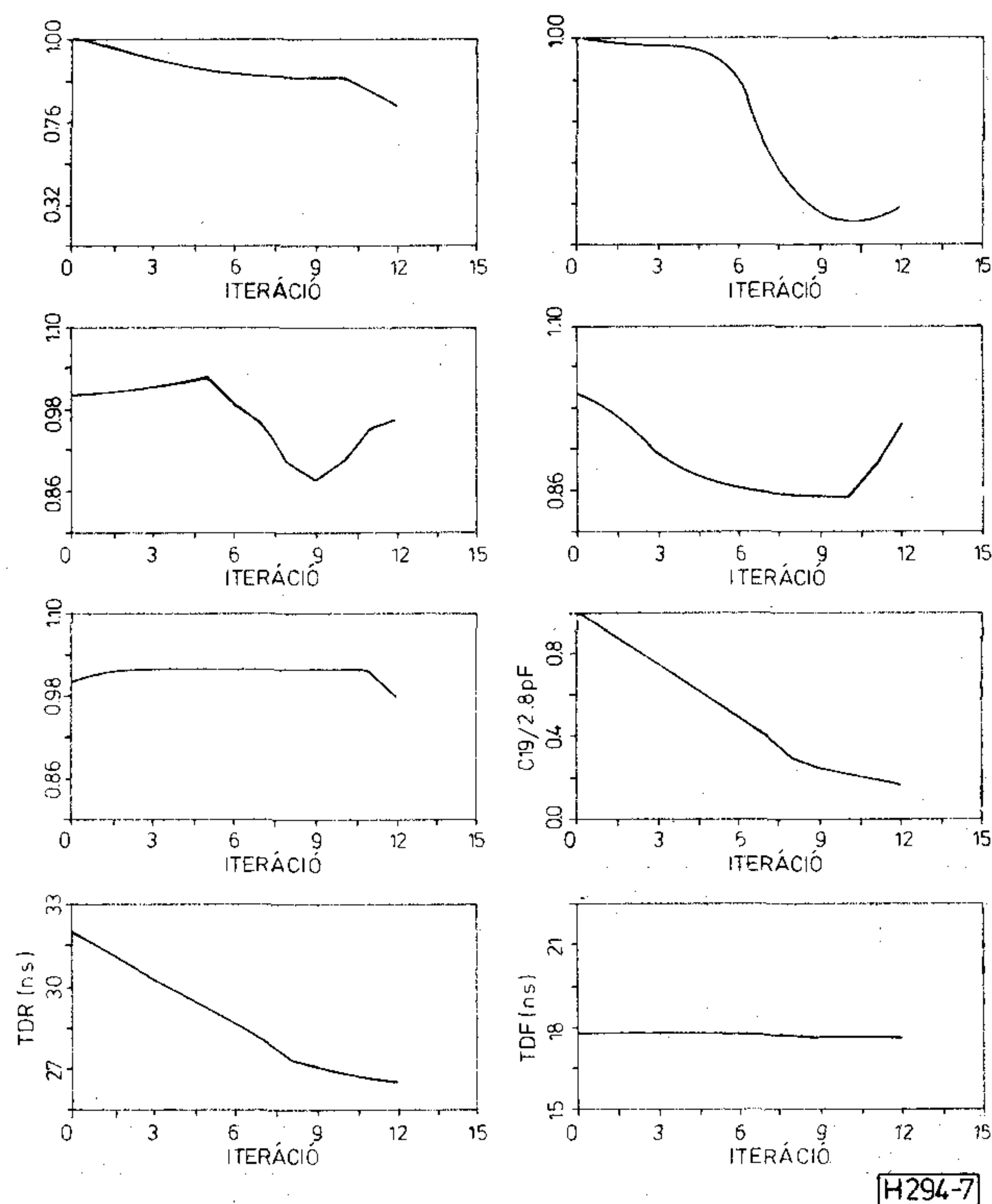
1. táblázat

paraméter	optimalizálás előtti érték	optimalizálás utáni érték (struktúra változatlan)	optimalizálás utáni érték (megváltoztatott struktúra)
w (M1) [μm]	3,0	7,1 (+4,1)	7,1 (+4,1)
w (M2) [μm]	30,0	25,0 (-5,0)	25,0 (-5,0)
w (M3) [μm]	3,0	10,3 (+7,3)	10,3 (+7,3)
w (M4) [μm]	10,0	3,2 (-6,8)	3,2 (-6,8)
w (M5) [μm]	12,0	17,2 (+5,2)	17,2 (+5,2)
w (M6) [μm]	8,0	15,7 (+7,7)	15,7 (+7,7)
w (M9) [μm]	25,0	20,1 (-4,9)	22,6 (-2,4)
w (M12) [μm]	50,0	25,5 (-24,5)	51,5 (+1,5)
w (M14) [μm]	490,0	472,0 (-18,0)	498,0 (+8,0)
w (M15) [μm]	1025,0	980,0 (-45,0)	1150,0 (+125)
w (M17) [μm]	24,5	23,9 (-0,6)	—
w (M18) [μm]	4,5	4,5 (±0,0)	—
C19 [pF]	2,8	0,5 (-2,3)	—

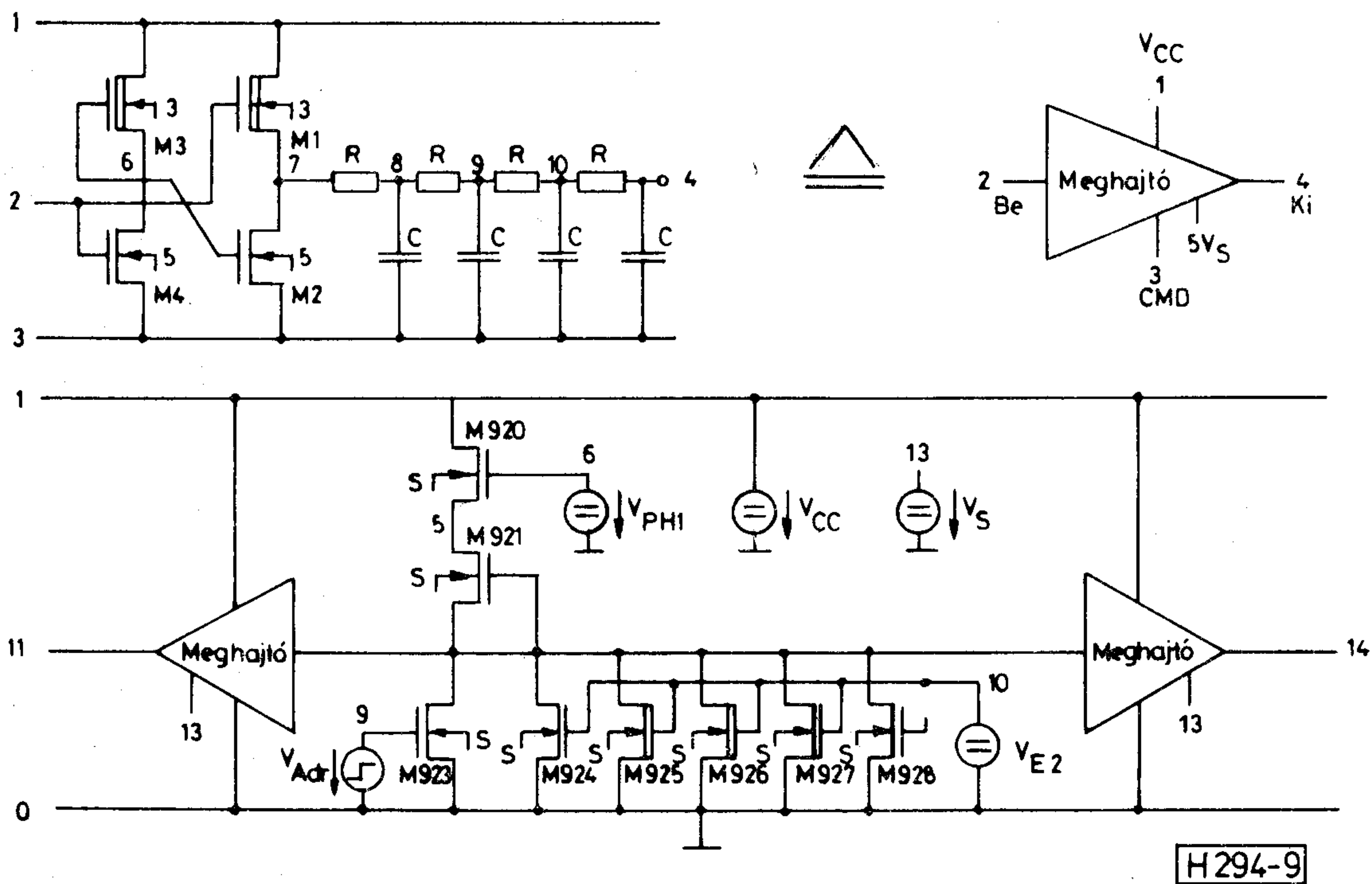
Késleltetési idők, V^- és V^+ pontokon lévő feszültségek és maximális áramok.

t...	[ns]	38,4	26,0 (-12,4)	25,6 (-12,8)
t...	[ns]	28,3	17,6 (-10,7)	17,5 (-10,8)
v...	[V]	0,23	0,40 (+0,17)	0,40 (+0,17)
i...	[mA]	12,5	12,6 (+0,1)	12,7 (+0,2)

Paraméterértékek, késleltetések, feszültségek a V^- és V^+ pontoknál, maximális tápáram a 6. ábra áramkörénél $w(M_i)$ az M_i MOS tranzisztor szélessége.



7. ábra. A kapcsolás paramétereinek és tulajdonságainak változása az iterációs lépések során



9. ábra. NMOS-sor-dekóder kapcsolási rajza: A „Driver” részkapcsolás ellenállásai és kondenzátorai képezik a kimeneti fokozat terhelését

2. táblázat

Paraméterek	Értékek optimalizálás előtt	Értékek optimalizálás után
l (M1 meghajtó) [μm]	3,50	4,00 (+0,50)
w (M1 meghajtó) [μm]	45,00	43,60 (-1,40)
l (M2 meghajtó) [μm]	2,25	2,50 (+0,25)
w (M2 meghajtó) [μm]	25,00	23,40 (-1,60)
l (M3 meghajtó) [μm]	4,00	4,60 (+0,60)
w (M3 meghajtó) [μm]	7,00	8,60 (+1,60)
l (M4 meghajtó) [μm]	2,25	2,70 (+0,45)
w (M4 meghajtó) [μm]	10,00	5,30 (-4,70)
l (M920) [μm]	3,50	3,90 (+0,40)
w (M920) [μm]	22,00	21,50 (-0,50)
l (M921) [μm]	2,50	2,50 ($\pm 0,00$)
w (M921) [μm]	11,00	20,30 (+9,30)
l (M923)* [μm]	2,25	5,20 (+2,95)
w (M923)* [μm]	17,00	16,30 (-0,70)

* Az M923, M924, M925, M926, M927 és M928 tranzisztorok az optimalizálás folyamán azonosak

Késleltetési idő

Tr [ns] 10,16 9,05 (-1,11)

A 9. ábra kapcsolásának elemértékei és késleltetési ideje optimalizálás előtt és után. A késleltetési időátlagértéke 9,05 ns, ezen érték körül a gyártási kihozatal $T_r < 9,5$ ns mellett 90%. A szórás $\sigma = 0,18 \mu\text{m}$ (8. ábra).

4. Példák

Első példaként a 6. ábra óra- és ellenütemű meghajtó fokozat 5. ábrán mutatott kimenőfeszültségét optimalizáljuk. A lefutó él késleltetése 28.3 ns-ről 17.5 ns-ra, a felfutó él pedig 38.4 ns-ről 26 ns-ra csökkent. Tizenhárom paraméter, az NMOS tranzisztorok 12 csatorna szélessége és egy kapacitás változott meg. A 7. ábra mutatja a paraméterek változását az iterációk során. A paraméterek hirtelen változását a pontthalmaz „felfújása” és a középértékek ugrása eredményezi. Ezen intézkedések nélkül az optimalizálás egy

lokális minimumban befejeződött volna. A paraméterek értékét az optimalizálás előtt és után az I. táblázat mutatja.

A második példa egy tároló sor-dekódere (9. ábra). A késleltetési idő 10 ns-ről 9.5 ns-ra csökkent, miközben a kihozatal 2%-ról 90%-ra nőtt. A 14 paraméter szórása $\sigma = 0,18 \mu\text{m}$ volt. A kihozatalt a szórás függvényében a 8. ábra mutatja. A II. táblázatban található a 14 paraméter, nevezetesen a CMOS tranzisztorok csatornahosszának és -szélességének értékei optimalizálás előtt és után.

- [1] Antreich, K. J. Kolitz, R. K. Design Centering by Yield Prediction IEEE, Trans. on Circ. and Systems, Vol. CAS-29, 1982, S. 88—95
- [2] Bandler, J. W. Abdel-Malek, H. Optimal Centering, Tolerancing and Yield Determination via Updated Approximation and Cuts IEEE, Trans. on Circ. and Systems, Vol. CAS-25, 1978, S. 853—871
- [3] Director, S. W. Hachtel, G. D.: The Simplicial Approximation Approach to Design Centering and Tolerance Assignment IEEE, Trans. on Circ. and Systems, Vol. CAS-24, 1977, S. 363—372
- [4] Director, S. W. Hachtel, G. D.: Computationally Efficient Yield Estimation Based on Simplicial Approximation IEEE, Trans. on Circ. and Systems Vol. CAS-25, 1978, S. 121—130.
- [5] Kjellström, G. Taxen, L.: Stochastic Optimization in System Design IEEE, Trans. on Circ. and Systems Vol. CAS-28, 1981, S. 702—715
- [6] Kreutzer, H.: Ein Verfahren zur Erhöhung der Ausbeute und zur Verbesserung der Eigenschaften von Schaltungen Dissertation, Universität Stuttgart, 1983
- [7] Kreyszig, E.: Statistische Methoden und ihre Anwendungen Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1982
- [8] Papoulis, A.: Probability, Random Variables and Stochastic Processes Mc Graw Hill, New York, 1984
- [9] Soim, R. S. Spence, R.: Manufacturing Yield Optimization by Statistical Exploration CADMECCS Conference, 1979, S. 154—158.

Az ISDN megvalósítása és alkalmazása

DIETRICH BECKER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart



DR. DIETRICH
BECKER

VDE/NTG, híradástechnikát tanult a darmstadti Műszaki Főiskolán. 1966 óta a Standard Elektrik

Lorenz AG munkatársaként dolgozik Stuttgartban. Most az ISDN és beszéd-kommunikáció központi kérdéseinek rendszertech-nikai fejlesztését vezeti.

Összefoglalás:

A jövőbeni integrált szolgáltatású digitális hálózat — az ISDN — jelenti a távközlési szolgáltatások számára az univerzális infrastruktúrát. Ez nyitott lesz a jelenlegi távbeszélő- és adathálózatbeli szolgáltatások mellett új szolgáltatások és alkalmazások általi felhasználásra.

Az ISDN-t jelenleg a Német Szövetségi Köztársaságban és más országokban a CCITT ajánlások alapján valósítják meg. A cikkben elsősorban azokat a műszaki előfeltételeket tárgyaljuk, amelyeket a szolgáltatások integrálásához és az ISDN-beli többféle kommunikációs lehetőségek kialakításához teljesíteni kell. Ezt követően példákat mutatunk megvalósításokra.

Az integrált szolgáltatású digitális hálózat — az ISDN — fogja jelenteni a jövőben a távközlési szolgáltatások számára az univerzális struktúrát. Az ISDN-ben azokat a szolgáltatásokat realizálják, amelyek a jelenlegi távbeszélő- és adathálózatokban összeegyeztethetők. Ebből kifolyólag az ISDN az új szolgáltatások és alkalmazások számára nyitott lesz.

Az ISDN-t jelenleg a Német Szövetségi Köztársaságban és más országokban a CCITT ajánlások szerint realizálják. A cikkben elsősorban azokat a műszaki előfeltételeket tárgyaljuk, amelyeket a szolgáltatások integrálásához és az ISDN-beli többféle kommunikációs lehetőségek kialakításához teljesíteni kell. Ezt követően példákat mutatunk megvalósításokra.

1. Az ISDN műszaki előfeltételei a szolgáltatás-integrálás szempontjából

Az ISDN a távbeszélőhálózatra alapoz és ebből fejlődik ki. Már a hetvenes évek közepétől gazdasági megfontolásból kiindulva ezeket az analóg technikával megvalósított hálózatokat elkezdtek digitalizálni. A szolgáltatás-integrálás ötlete nyilvánvaló volt. „Csupán” az előfizetői csatlakozásokat kellett még módosítani, hogy további szolgáltatásokat egyazon hálózatba integráljanak.

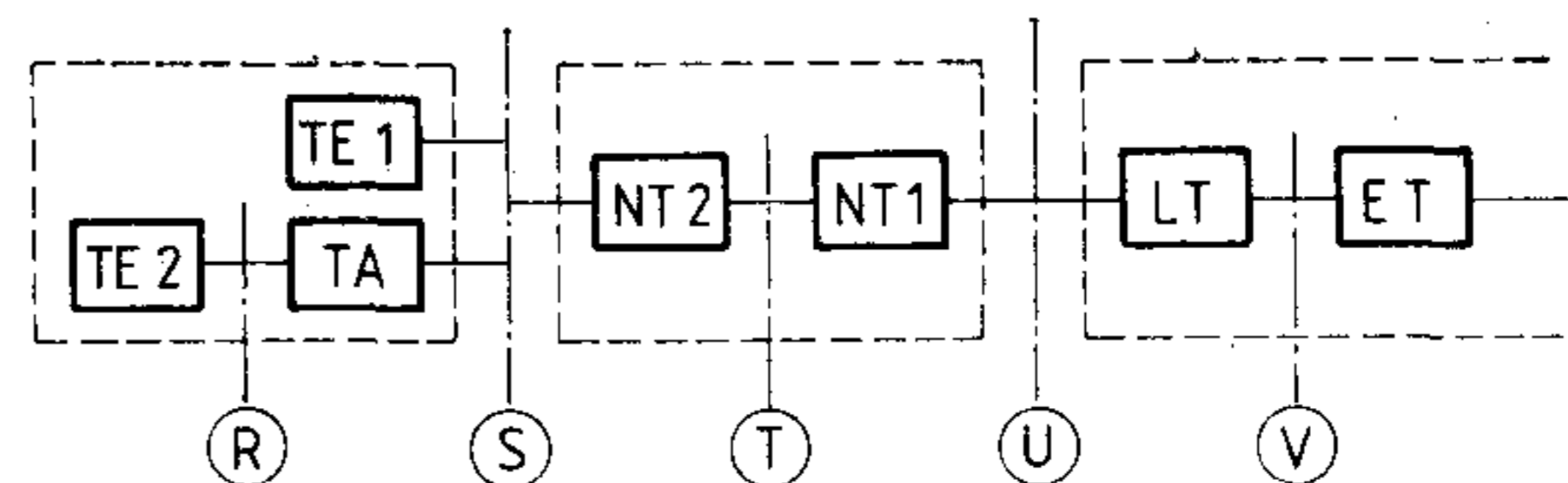
Ehhez kellett az ISDN-nek az összes szolgáltatás számára egységesen előnyös előfeltételeket biztosítani. A távbeszélő végberendezéseknek a nemhang-végberendezésekhez viszonyított nagy száma miatt, a távbeszélő-szolgáltatás hosszú ideig túlsúlyban lesz, és ennél fogva ez technikailag is meghatározó lesz.

Fordította: Csopaki Gyula

Elhangzott az 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián.

Már számos nemzetközi ISDN-szabvány létezik CCITT-ajánlás formájában, amelyek az elmúlt tanulmányi periódus (1981—1984) végén az úgynevezett piros könyvben [1] kerültek publikálásra.

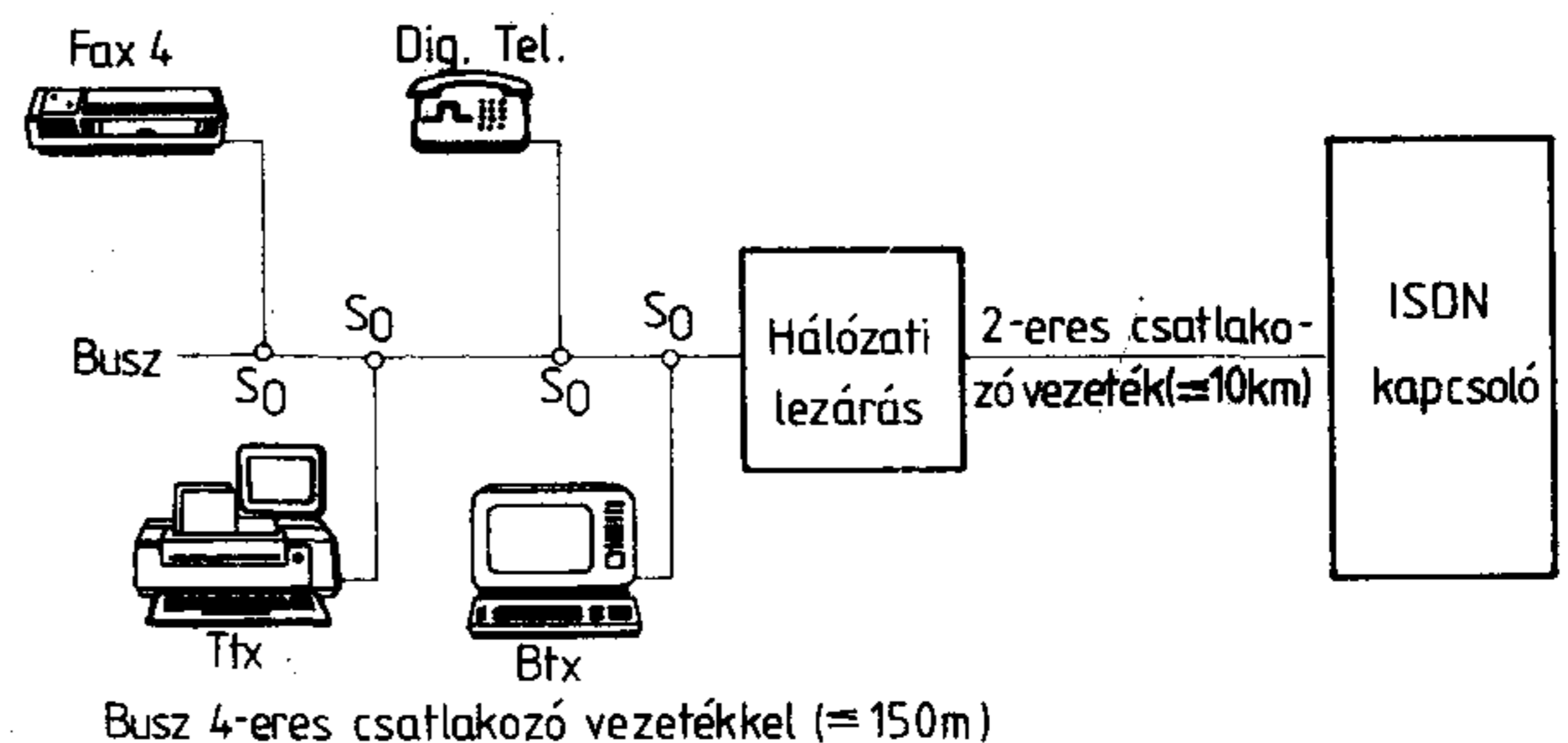
Ebben szerepel az 1. ábrán bemutatott ISDN-referencia-konfiguráció is, az előfizetői csatlakozások funkcionális egységeivel. A funkcionális egységek között az R, S, T, U, V referenciapontokat rögzítették, amelyeken interfészek specifikálhatók



Referencia pont	Interfészek a báziscsatlakozáson	Interfészek a primermultiplex csatlakozáson
V	—	V ₂
U	U _{KD}	U ₂ (≅ PCM 30)
T	S ₀ (transp. NT)	S _{2M} (transp. NT)
S	S ₀	—
R	z, B, V, 24, X, 21, a/b	—

H289-1

1. ábra. Az előfizetői csatlakozások ISDN-referenciakonfigurációja



H289-2

2. ábra. Az ISDN passzív busszal történő báziscsatlakoztatása

Réteg	D-csatorna	B-csatorna
3	Hármas réteg címe Üzenet információelemek- kel és paraméterekkel pl.: Kapcsolatvezérlés Szolgáltatásfajta-felhasz- nálás Hálózatinformáció	
2	HDLC-procedura Keretkorlátozás Vizsgálójel Vezérlőinformáció Információféleség Információsmező Végberendezéscím	
1	Keretrész 16 kbit/s-mal	Keretrész 2×64 kbit/s-mal
	Aktiválás, felügyelet, szinkronizáció	

3. ábra. Az ISDN előfizetői csatlakoztatások archi-
tektúrája

(S_0 , S_2 , U_{ko} , V_2 a Német Szövetségi Köztársaság-
ban).

A fentiekből származtatott egyik konfiguráció a Deutsche Bundespost által javasolt és a 2. ábrán látható passzív busszal történő báziscsatlakoztatás [2]. A báziscsatlakoztatás számára a már lefektetett és az előfizetőnél a jelenlegi távbeszélő-csatlakozásban rendelkezésre álló rézvezeték-érpár kerül felhasználásra.

Az ISDN-előfizetői csatlakoztatás a hálózati lezárásnál végződik. Az előfizetői hatáskör a szabványosított S_0 -interfésznél kezdődik. Az S_0 interfészen keresztül egyidejűleg nyolc ISDN-végberendezés csatlakoztatható a négyeres buszrendszerhez. A báziscsatlakoztatáson keresztül privát rendszerek (alközpontok) is csatlakoztathatók.

A tényleges adatátviteli sebesség az S_0 interfészen 144 kbit/sec. Ez a két 64 kbit/sec-es felhasználói „B” csatornán és egy 16 kbit/sec-es vezérlő-csatornán („D” csatorna) oszlik meg ($2B + D$). Az utóbbi ténylegesen a felhasználó és a hálózat közötti jelzésátvitelre szolgál; ezenkívül gondoskodik a felhasználótól felhasználóig történő jelzések, adatsomagok és távmérőszolgáltatások átviteléről.

A vezérlőcsatornabeli *jelzések* számára egy hatékony protokollt definiáltak, amely az OSI 7-rétegű modellje szerint került strukturálásra: a D csatorna protokoll (CCITT I. 441, I. 451 ajánlások). Ez magába foglalja a második réteg LAP D protokollt, amely az X25 LAP B protokolljához hasonló, továbbá járulékos funkciókat, mint például a több végberendezés egyidejű jelzésadását.

A 3. ábra az előfizetői csatlakoztatások architektúrájában lévő protokollokat mutatja.

Az S_0 interfész mellett az S_{2M} interfész is adott az úgynevezett *primermultiplex-csatlakoztatás* számára. Itt koncentrált forgalmú végberendezéseket, pl. egyéni kommunikációs berendezéseket vagy hálózati központokat csatlakoztathatunk. Az S_{2M} interfészen az adatátviteli sebesség 2,048

Mbit/s. Ez szétesztódik a harminc 64 kbit/s-es B csatornára, egy 64 kbit/s-es D csatornán és egy további 64 kbit/s-es, szinkronizációra szolgáló csatornán.

Egy további lényeges tulajdonsága az ISDN-nek a *címzés* (CCITT I. 331 és E164-es ajánlások). Egy ISDN-beli előfizetőnek csak egy előfizetői hívószám szükséges, függetlenül a szolgáltatások és végberendezések számától. Ez a jelenlegi helyzet jelentős javulását jelenti, mivel jelenleg minden előfizető minden szolgáltatásához külön hívószám tartozik. Ez a javulás mind az előfizetőnek, mind a központnak igen előnyös.

A passzív buszon lévő egyik végberendezésnek az azonosítására minden híváshoz egy szolgáltatásjelző is kiküldésre kerül, amely a hívó és hívott végberendezés előírt kompatibilitását a kívánt mértékben biztosítja. Emellett fennáll a lehetőség, hogy egy speciális végberendezést a végberendezés kijelölőszám segítségével válasszunk ki. Ez a hívószám utolsó számjegye.

Az ISDN-beli lehetséges *információáramlás* a 4. ábrán látható. Eltérően a jelenlegi hálózatoktól, az ISDN-ben párhuzamosan a B-csatornás hasznos információátvitelével, a külön D-csatornán egyidejűleg viszik át a jelzésinformációkat az előfizetőtől a hálózathoz és az előfizetőtől az előfizetőhöz.

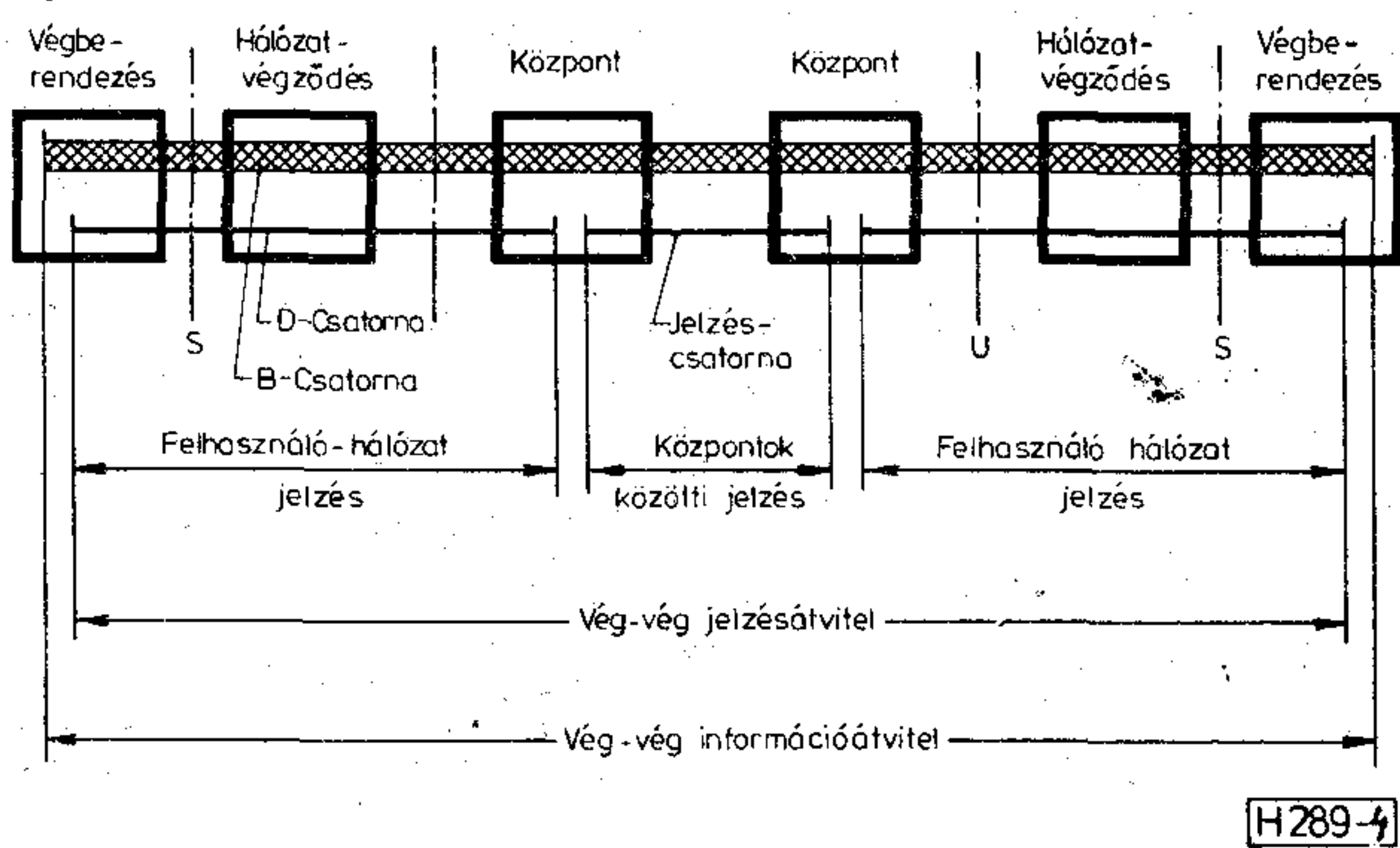
Az ISDN-beli felhasználó-hálózati interfész által nyújtott *szolgáltatásokat* a CCITT I.210, I.211 és I.212 ajánlások két kategóriába osztják: hordozó szolgáltatások és távszolgáltatások.

A hálózatban az átviteli szolgáltatások számára egy átviteli csatorna áll rendelkezésre, amelyhez az OSI modell 1 — (maximum) 3 protokollsintjei vannak rögzítve. A magasabb szinteken a szolgáltatások számára nincsenek protokollok rögzítve.

A távszolgáltatások a hálózatban ugyancsak egy átviteli csatornát használnak. Ebből kifolyólag a hívó és hívott végberendezés kompatibilitása a hálózati berendezések által biztosított a mindenkori szolgáltatásdefiníciónak megfelelően. A CCITT-ben rögzítették, hogy az ISDN-beli szolgáltatásokhoz a következő hívószámokat rendelik:

- Áthidaló képességek: a hálózatbeli szolgáltatás hívószám-követelményei
- Alsó réteg kompatibilitás: a hívott végberendezés opcionális hívószám-követelményei (OSI 1—3 réteg)
- Felső réteg kompatibilitás: a hívott végberendezés opcionális hívószám-követelményei (OSI 4—7 réteg)

A D — csatorna protokoll három információelemét *szolgáltatásindikátorra* lehet összevonni (mind ez ideig ez még csak egy Deutsche Bundespost megoldás, jelenleg megvitatás alatt a CCITT-nél). Előfizetői végberendezések közötti kommunikáció akkor és csak akkor lehetséges, ha a mindenkori szolgáltatásnak a szolgáltatásindikátor által jelzett lényeges jellemzői mind a hívó, mind a hívott előfizető, valamint a hálózat számára egyaránt rendelkezésre állanak. Ezért a szolgáltatásindikátor a hálózat és a részt vevő végberendezések által ellenőrzésre kerül, mielőtt a kapcsolat létrejönne



4. ábra. Az ISDN-beli információáramlás

A szolgáltatásindikátor feladatai:

- a mindenkori szolgáltatás által igényelt hálózati funkció biztosítása (pl. egy transzparens 64 kbit/s-os csatorna biztosítása),
- a hívott előfizetőnél egy kompatibilis végberendezés azonosítása (azaz a hívott előfizető max. 8 végberendezéséből az igényelt szolgáltatás számára legmegfelelőbb végberendezés kiválasztása),
- annak ellenőrzése, hogy a hívó vagy hívott előfizető számára a kívánt szolgáltatás engedélyezett-e.

2. Az ISDN-beli szolgáltatások

Az átviteli szolgáltatások az *S*-interfészen (az *S* és *T* referenciapontokon) kerülnek felajánlásra. Ez érvényes a *TE1* típusú végberendezésekre (1. ábra) az *S₀* interfészen 64 kbit/s-os adatátviteli sebességre. Emellett lehetőség van a végberendezéseket *X* vagy *V* interfésszel, ahogy a jelenlegi hálózatokban használják (*TE2*), szintén alkalmazni az ISDN-ben. Ehhez jönnek még a Deutsche Bundespost hatáskörében a *TA a/b*, *TA X. 21* és a *TA X. 25* terminálberendezések.

A távszolgáltatásokhoz az OSI-modell magasabb szintjeinek szolgáltatás-specifikus protokolljait definiálták. Ezeket a végberendezések valósítják meg.

Ahogy a 4. ábrán látható, a hasznos információ mind a *B*-csatornán, mind pedig — különleges feltételek mellett — a *D* csatornán átvihető. Az ISDN-ben az információátvitel kétféleképpen történik, vonalkapcsoltan és csomagkapcsoltan.

Vonalkapcsolt esetben a hasznos információ a *B*-csatornán kerül átvitelre a felhasználók között (5. ábra). Átviteli szolgáltatások esetén a hasznos csatornához csak az OSI-1 réteg van hozzárendelve, a 2—7 réteg protokolljait a felhasználónak kell rögzíteni. A felhasználó-hálózat jelzésátvitel a 2- és 3-rétegek szabványosított *D*-csatorna protokollja által kerül lebonyolításra.

A vonalkapcsolt ISDN-hordozó szolgáltatások információátvitelére a távbeszélőszolgáltatások tarifastruktúrájának megfelelően kerül díjelszámolásra. Különböző rövid dialógusú alkalmazásokhoz, mint pl. regisztrációs pénztárrendszereknél történő hitelkártya-ellenőrzésnél és más alkalmazások-

nál, amelyeknél a személyek által használt végberendezések központi számítógépekkel dolgoznak együtt, ez a tarifastruktúra hátrányos.

Ilyen alkalmazások akkor lesznek gazdaságosak, ha a díjelszámolás az átvendő adatvolumenre vonatkozik.

Az ISDN számára kétféle csomagkapcsolt átvitelt terveznek:

- a hasznos információ *D*-csatornán történő átvitele és
- a hasznos információ *B*-csatornán történő átvitele.

A *D* csatornán történő átvitel esetén a hasznos információ és jelzés ugyanazon a fizikai és logikai összeköttetésen kerül átvitelre, amikor is az OSI-2 rétegben (LAP-*D*) mindkét információféleség véletlen hozzáférésű időmultiplex eljárással kerül továbbításra. Az OSI-3 réteggel kapcsolatban a szabványosítás még nincs lezárva. Az 5. ábrának megfelelően különféle alternatívák vannak: a *D*-csatorna protokoll is tárgyalás alatt van.

A *B*-csatorna alkalmazásánál egy alapvető eltérés van az X. 25-től; a jelzés a *D*-csatornabeli felhasználói csatornától elválasztásra kerül. Ezért az ISDN-ben bizonyára más csomagkapcsolt protokollokat, mint pl. a jelenlegi X. 25 protokollt (5. ábra) fognak használni. A CCITT-ben jelenleg más protokollokon dolgoznak („New Packet Mode”). Az X. 25 protokollt azonban minden esetben lehet a már ismertetett módon termináladapteren keresztül alkalmazni.

Eltérően a hordozó szolgáltatásoktól, amelyek az OSI-modell 1., ill. 1—3. rétegeinek protokolljai által vannak leírva, a távszolgáltatásoknál az OSI-modell mind a hét rétegének protokollja mindig rögzített. Ebben az esetben — mint a hordozó szolgáltatásoknál — csomagkapcsolás esetén az 1-es rétegnek mind a hálózattól, mind a végberendezéstől való támogatását biztosítani kell a felhasználói csatornában.

O S I szint	Vonalkapcsolt		Csomagkapcsolt	
	D-csatorna	B-csatorna	D-csatorna	B-csatorna
	Felhasználó-hálózat-jelzés	Vég-vég információ	Felh.-hál. jelz.	Vég-vég információ
7		a felhasználó által szabadon választható	nem rel.	a felhasználó által szabadon választható
6	nem releváns			
5				
4				
3	D-csatorna protokoll 3. réteg		D-cs prot. 3. r.	D-cs prot. 3. r. X. 25 3. rét. vagy egyéb
2	D-csatorna protokoll 2. réteg		D-csatorna protokoll 2. réteg	X. 25. 2. rét. vagy egyéb
1	ISDN <i>s₀</i> - vagy <i>s₂</i> -interfész			

5. ábra. Az ISDN- és OSI-protokoll architektúra az átviteli szolgáltatáshoz

A magasabb rétegek protokolljai a végberendezésben (*TE1*, ill. *TE2*) kerülnek megvalósításra. A hálózatban csak olyan különleges berendezésekben vannak mint:

- Protokoll-konverziós központ
- Üzenetkezelő rendszerek
- Teletext-központok

A jelzésátvitelre, hasonlóképpen mint a hordozó szolgáltatásoknál, a *D*-csatorna protokollt alkalmazzzák.

A Deutsche Bundespost hatáskörében a közeljövőben a következő távszolgáltatásokat tervezik bevezetni:

- távbeszélő
- teletex
- telefax (3. csoport, végberendezések *TA* a/b-n keresztül csatlakoztatva)
- telefax (4. csoport)
- textfax (Mixed mode-nak is nevezik)
- teletext (végberendezés *TA* a/b-n keresztül csatlakoztatva)
- teletext (végberendezés 64 kbit/s interfészzel)

A szolgáltatások kommunikációs protokollok alapján történő definíciója megengedi, hogy a különféle típusú végberendezések mindig ugyanazt a szolgáltatást biztosíthassák. (6. ábra). Megfordítva, egy végberendezést több ISDN-távszolgáltatáshoz is hozzárendelhetünk. Az ilyen végberendezéseket többszolgáltatású vagy többfunkciós végberendezéseknek nevezik. Ezek a berendezések a kapcsolat felépítésekor a kívánt szolgáltatások szolgáltatás-indikátorát elküldik, amely az 1. fejezet kifejtésének megfelelően — arra a célra kerül felhasználásra, hogy a kompatibilitást a hívó és a hívott végberendezés között biztosítsa.

Ezentúl a protokoll-orientáltan definiált szolgáltatások korlátozott száma a szolgáltatás-átmenetek rendelkezésre állását is megkönnyíti. A szolgáltatás-átmenetek megengednek azon előfizetők

közötti kommunikációt is, akik különböző szolgáltatású végberendezésekkel rendelkeznek. A Deutsche Bundespost-nak szándékában áll az ISDN bevezetésével a Telefax (4. csoport) és a Telefax (3. csoport) közötti szolgáltatás-átmenetet az ISDN-ben biztosítani. További szolgáltatás-átmenetek valószínűleg a későbbiekben következnek.

Ezen szolgáltatás-átmenetek mellett, hálózat-átmeneteket is biztosítani fognak, pl. a *Ttx* (ISDN) és a *Ttx* (IDN) között, hogy a kommunikációt olyan előfizetők között is biztosítsák, ugyanarra a szolgáltatásra, amelyek végberendezései különféle hálózatokhoz vannak csatlakoztatva.

Az ISDN-beli szolgáltatások alapos tárgyalását adja egy nemrégén megjelent szakkönyv, amely az ISDN-beli hordozó szolgáltatásokat, távszolgáltatásokat, a szolgáltatás-ismertetőjegyeket és a szolgáltatás-átmeneteket tárgyalja [3].

3. Az ISDN megvalósításának kilátásai

A Deutsche Bundespost az ISDN megvalósítását két lépésben hajtja végre: egy ISDN-pilotprojekt 1986-ban kiépítésre kerül és ez év (1987) kezdetétől üzemel, a sorozatszerű bevezetés pedig 1988-tól történik [4]. A pilotprojekt által a Deutsche Bundespost lehetőséget nyújt saját magának, az előállítóknak és az alkalmazóknak az ISDN végberendezésekkel és szolgáltatásokkal kapcsolatos tapasztalatok összegyűjtésére, a sorozatszerű bevezetés előtt. A pilotprojekt és a sorozatszerű bevezetés közötti rövid idő feltételezi, hogy a két lépés között csekély a különbség. A következő fejtegetések túlnyomórészt a pilotprojektre vonatkoznak, amellyel az eltelt időszakban az első tapasztalatokat össze lehetett gyűjteni.

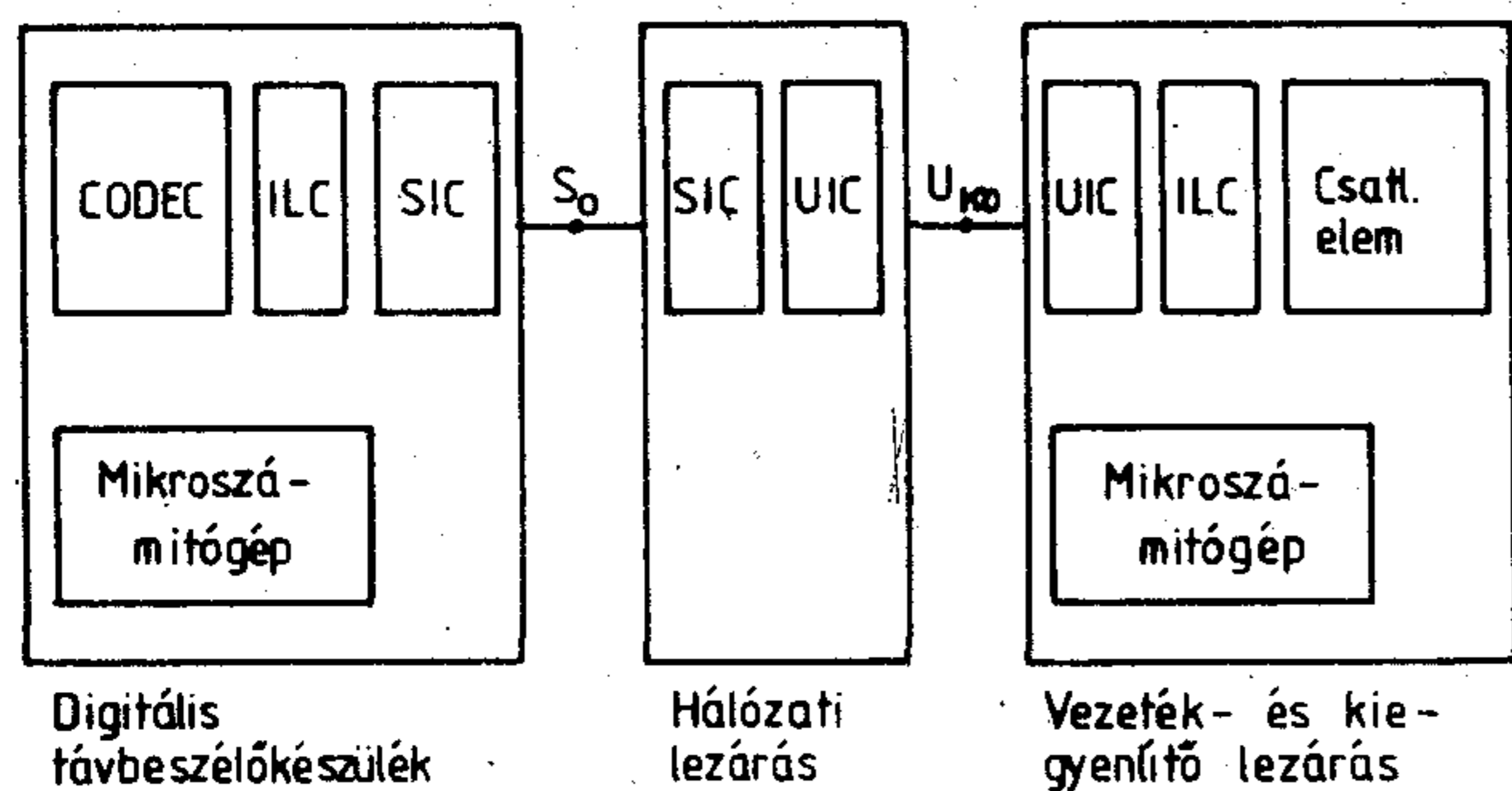
Az ISDN-specifikáció alapján történő műszaki megvalósítással kapcsolatos követelmények — lásd 1. fejezet — rendkívül magasak. Emiatt már a pilot kísérletek számára teljesen új műszaki fejlesztést kellett megvalósítani, különösen a drága nagyintegráltságú integrált áramkörök területén. Így például az ISDN-felhasználói interfész számára két nagyintegráltságú előfizetői integrált áramkört készítettek, hogy gazdaságos megoldásokhoz jussanak. Ehhez a *SEL* egy olyan integrált áramkör-konceptiót fejlesztett ki, (lásd 7. ábra), amelynek részei úgy vannak tagolva, hogy azok különböző berendezésekbe beépíthetők legyenek. Az *S*-interfész áramkör (*SIC*), amely a négyhuzalos áramkör számára az *S_o*-interfészt (1. szint) biztosítja, mind az *NT* hálózati végződésbe, mind pedig az *S_o*-buszra csatlakozó minden más végberendezésbe beépíthető.

Az ISDN-Link Controller (*ILC*) a *D*-csatorna protokoll 2. rétege funkciójának nagy részét képezi. Ez a végberendezésbe, a termináladapterbe és a távközlőállomásban lévő Exchange Termination (*ET*) egységbe van beépítve. Az *ILC*-t alkalmazzzák a No. 7 jelzésrendszer funkciójához is.

ISDN-beli szolgáltatás	Végberendezések
Telefax szolgáltatás	4-csoportbeli fakszimile berendezés Mixed-mode eszköz / 1. osztály / 2. osztály / 3. osztály
Teletex szolgáltatás	Teletex-végberendezés (beleértve a teletex-képes PC-ket) 4-es csoportbeli Fax berendezés, K1.2 (fogadó) 4-es csoportbeli Fax berendezés, K 1.3 Mixed-mode eszköz
Mixed-modú szolgáltatás	4-es csoportbeli Fax berendezés, K 1.2 (fogadó) 4-es csoportbeli Fax berendezés, K 1.3 Mixed-mode eszköz

6. ábra. Telematikai szolgáltatások és végberendezések hozzárendelése. Mixed- módú szolgáltatás esetén jel- és képpontkódolású információkat továbbítanak.

Az *U*-interfész áramkör (*UIC*) a legnagyobb komplexitású ISDN-beli integrált áramkör. Az ISDN-pilotprojekt számára négy különálló áramkörre osztották fel a fejlesztési feladatokat, hogy a fejlesztési kockázatot csökkentsék és a különböző fejlesztési csoportok párhuzamos együttműködését megkönnyítsék. Ez a négy részből álló áramkör a Deutsche Bundespost által meghatározott U_{ko} -interfész funkcióit realizálja. Ez az algoritmus 144 kbit/s-os teljes duplex átvitelrel számol minden irányban; járulékosan szinkronizációs- és felügyeleti jelek is átvitelre kerülnek.



H289-7

7. ábra. VLSI-építőelemek az ISDN-csatlakozás számára

UIC: *U*-Interface Circuit (az U_{ko} interfészhez);
SIC: *S*-Interface Circuit (az S_0 interfészhez); **ILC:** ISDN Link Controller, *HDLC*-építőelem

A frekvencia- és időosztásos átvitelt műszakilag igényes algoritmus segítségével, adaptív echokompensációval és kiegyenlítővel realizálják [5].

Míg az első két előbb említett integrált áramkört ugyanolyan kivitelben alkalmazzák az ISDN-sorozatban is, a sorozat számára a négy tagból álló *UIC*-áramkörnek egy egychipes változatát fejlesztik. A 8. ábra az előbbi három áramköregység lényeges paramétereit adja meg.

Az ISDN-kapcsolóközpont teljesen a mai digitális távközlő hálózatra épül. Lényegében hardver kiegészítések szükségesek az előfizetői modul számára, és szükség van szoftver bővítésre is. A következő megvalósítások például a *SEL SYSTEM 12*-vel kapcsolatosak. Az ISDN-alapú csatlakozóhoz (*DMM/BA*) szükséges előfizetői modul realizálásához csupán három új hardver építőelemre volt szükség, az eddigi építőelemek alkalmazása mellett (9. ábra) Az ISDN-alapcsatlakozás multiplexer csatlakozóhoz szükséges második előfizetői modul egy 2 Mbit/s-os vonalat vezérel, amelyen át a távoli előfizetők tizenkét alapcsatlakozója csatlakoztatható. Ehhez a fejlesztéshez két új építőelem vált szükségessé.

Az ISDN-szoftvernek az 1. fejezetben említett funkcióknak megfelelően, mindenekelőtt a következő

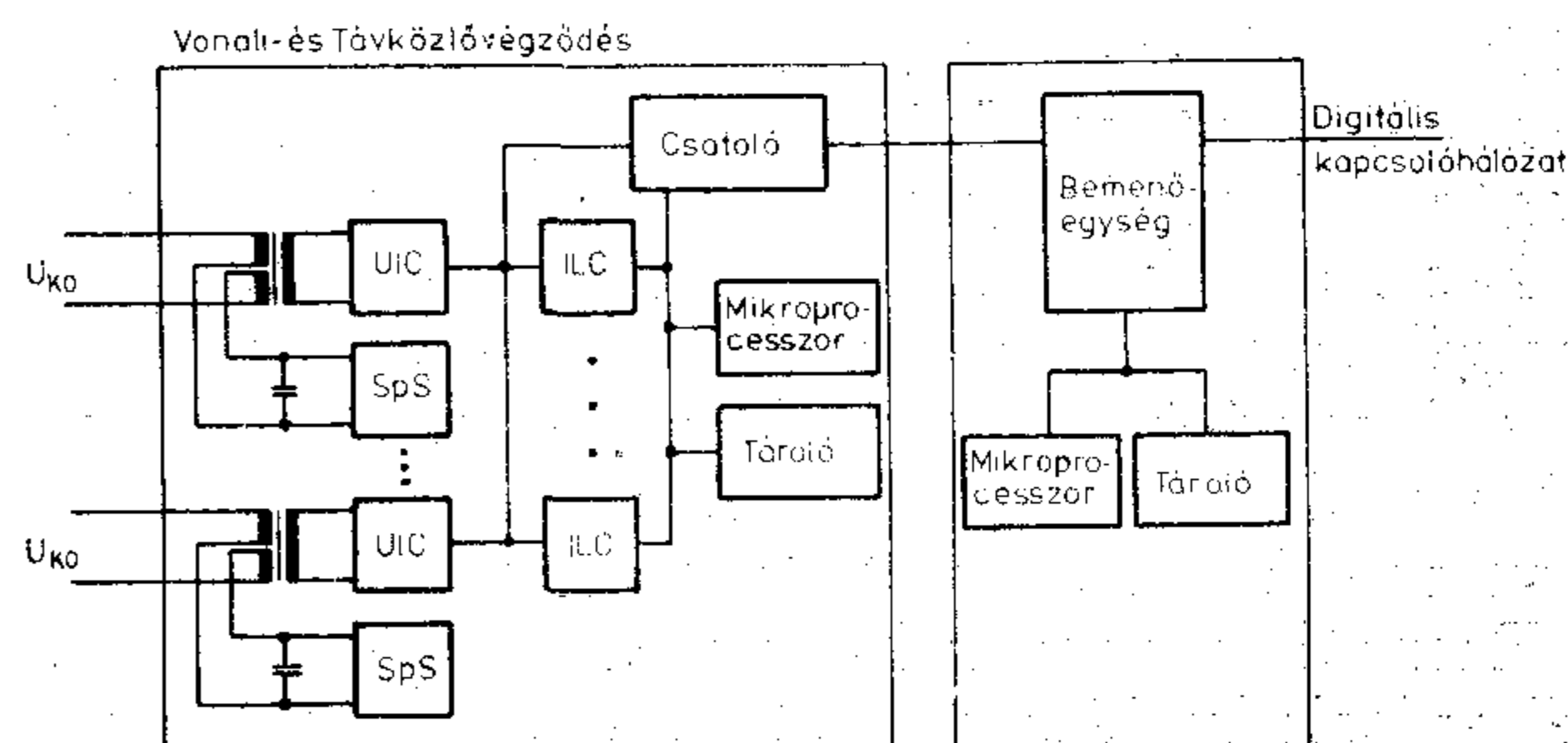
feladatokat kell ellátni: a *D*-csatorna protokoll-feldolgozást mind az alapcsatlakozásokra (pont-többpont-kapcsolatok), mind az alközponti (pont-

Integrált áramkör	Funkció	Technológia	Chip-felület	Tranzisztorszám
<i>SIC</i>	1. réteg s_0 interfész	2 μ CMOS	15 mm ²	10 000
<i>ILC</i>	2. réteg HDLC	3 μ CMOS	55 mm ²	22 000

UIC integrált áramkör

<i>UIC-A</i>	<i>A/D</i> konverter vonali interf.	3 μ CMOS	23 mm ²	4 000
<i>UIC-B</i>	Vezérlés Rendszerinterf. Cell	2 μ CMOS	100 mm ²	40 000
<i>UIC-C</i>	Echolyomó	3 μ CMOS	35 mm ²	38 000
<i>UIC-D</i>	Kiegyenlítő	3 μ CMOS	40 mm ²	40 000

8. ábra. ISDN integrált áramkörök

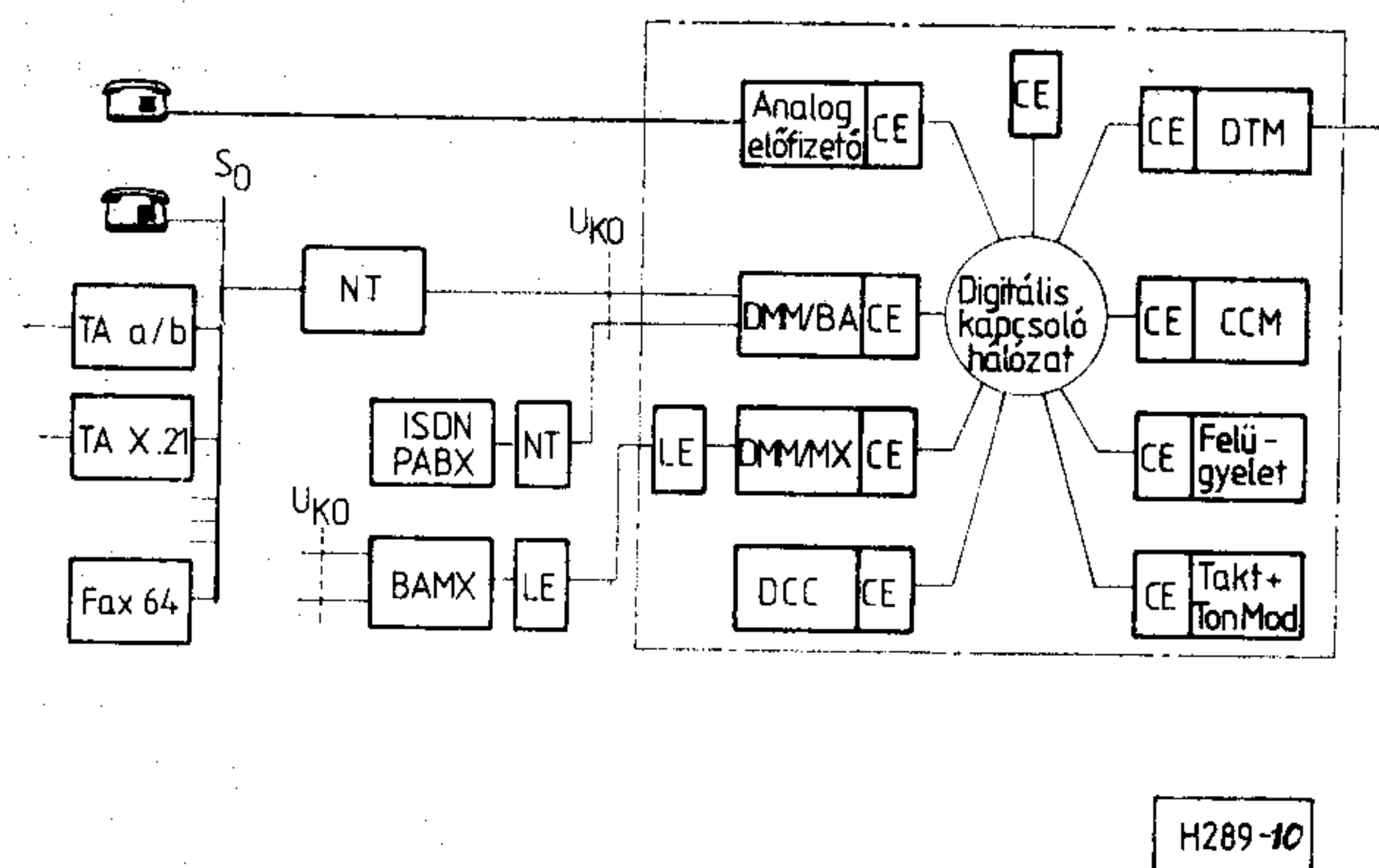


H289-9

9. ábra. ISDN előfizetői csatlakozóegység az ISDN-kapcsolóközpontban

pont-kapcsolatok) csatlakozásokra, beleértve az ISDN-beli számos új szolgáltatás feldolgozását és a szolgáltatás-indikátorok vizsgálatát; az analóg és ISDN-előfizetők együttműködését; miként a közös jelzescsatorna kezelését is az ISDN-felhasználói részével. A hagyományos digitális távközlő hálózat számára már megvalósított szoftver-modulban illesztések és kiegészítések megvalósításához fogtak hozzá, pl. a díjszámlálás, az üzemvitel és a felügyelet számára [6].

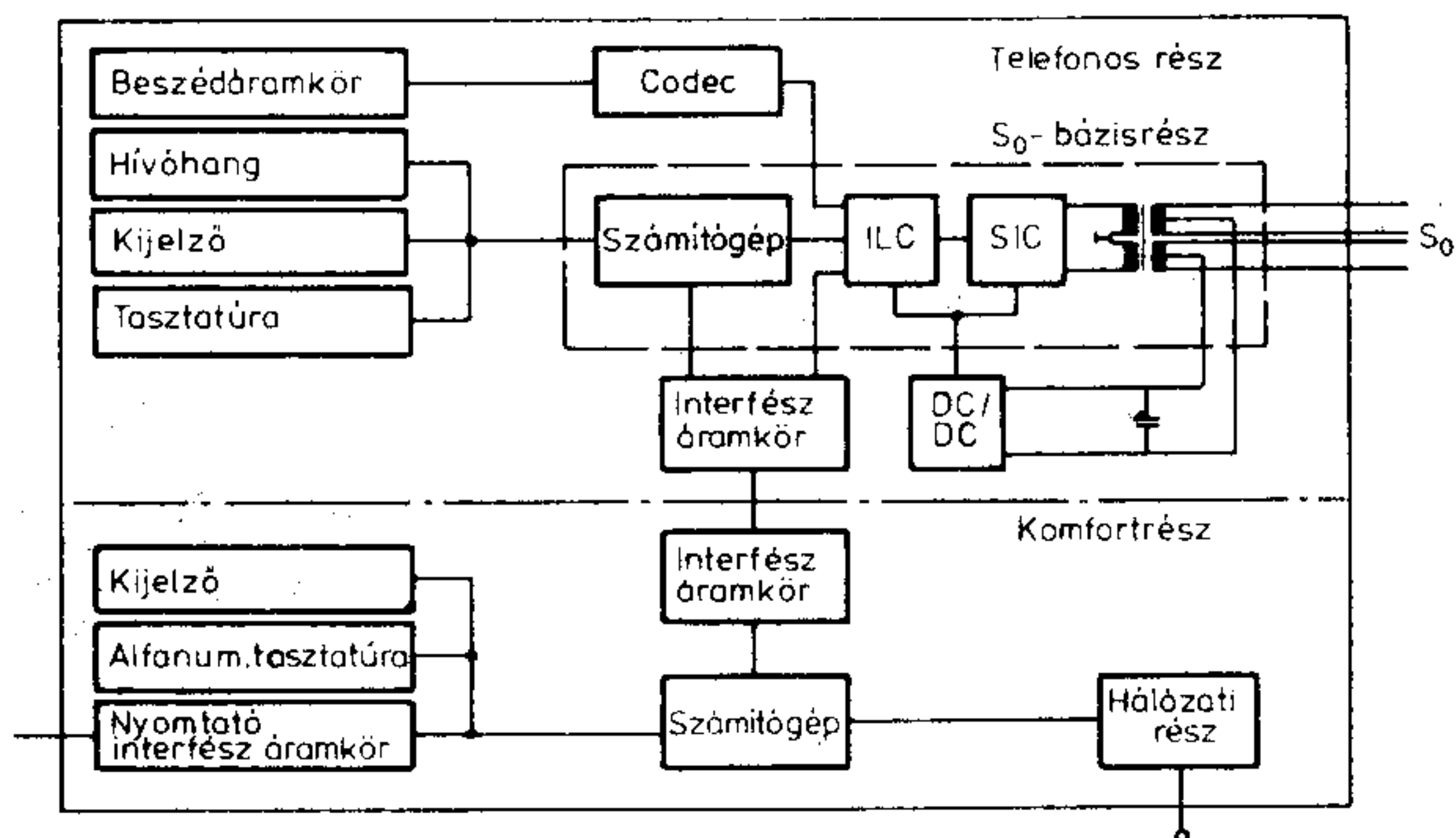
A 10. ábra egy ISDN-képes rendszer blokkdiagramja, amelyet 1986 végén a *SEL* Stuttgartban a Deutsche Bundespost ISDN-pilotprojektje számára installált [4]. Az ISDN-sorozat számára a távoli előfizetők csatlakozásához még egy ISDN-koncentrátort, az alközponti csatlakozás számára pedig egy primersebességű multiplex-csatlakozás fog járulni. Az ISDN-végberendezéseket és az ISDN-terminál-



H289-10

10. ábra. ISDN konfiguráció
DCC Adatkommunikációs számítógép; CCM Központi jelzésesatorna; DTM Trönk modul; TA Terminál-adapter; BAMXBáziscsatlakozás-multiplexer; CE Vezérlő számítógép

adaptereket egy közös ISDN-bázison fejlesztették ki. Ez a következő lényeges funkciókkal rendelkezik: az S_0 -buszhoz való hozzáférés (órajelillesztés, aktiválás/deaktiválás, eléréskonfliktus-vezérlés, multiplexálás); D -csatorna feldolgozás (2. rétegfunkciók, részben az ILC integrált áramkör által, részben szoftverszerűen; alapfunkciók a 3. réteg számára). A D -csatorna fennmaradó 3. rétegfunkcióit és a B -csatornajelek feldolgozása a mindenkori végberendezéstől és szolgáltatástól függenek, és többé nem kell a bázisrészben általánosan megoldani. A 11. ábra a SEL DIGITEL G digitális távbeszélőkészülékének blokkdiagramját mutatja, amelynek az S_0 -bázisrész különösen hangsúlyozott [7].

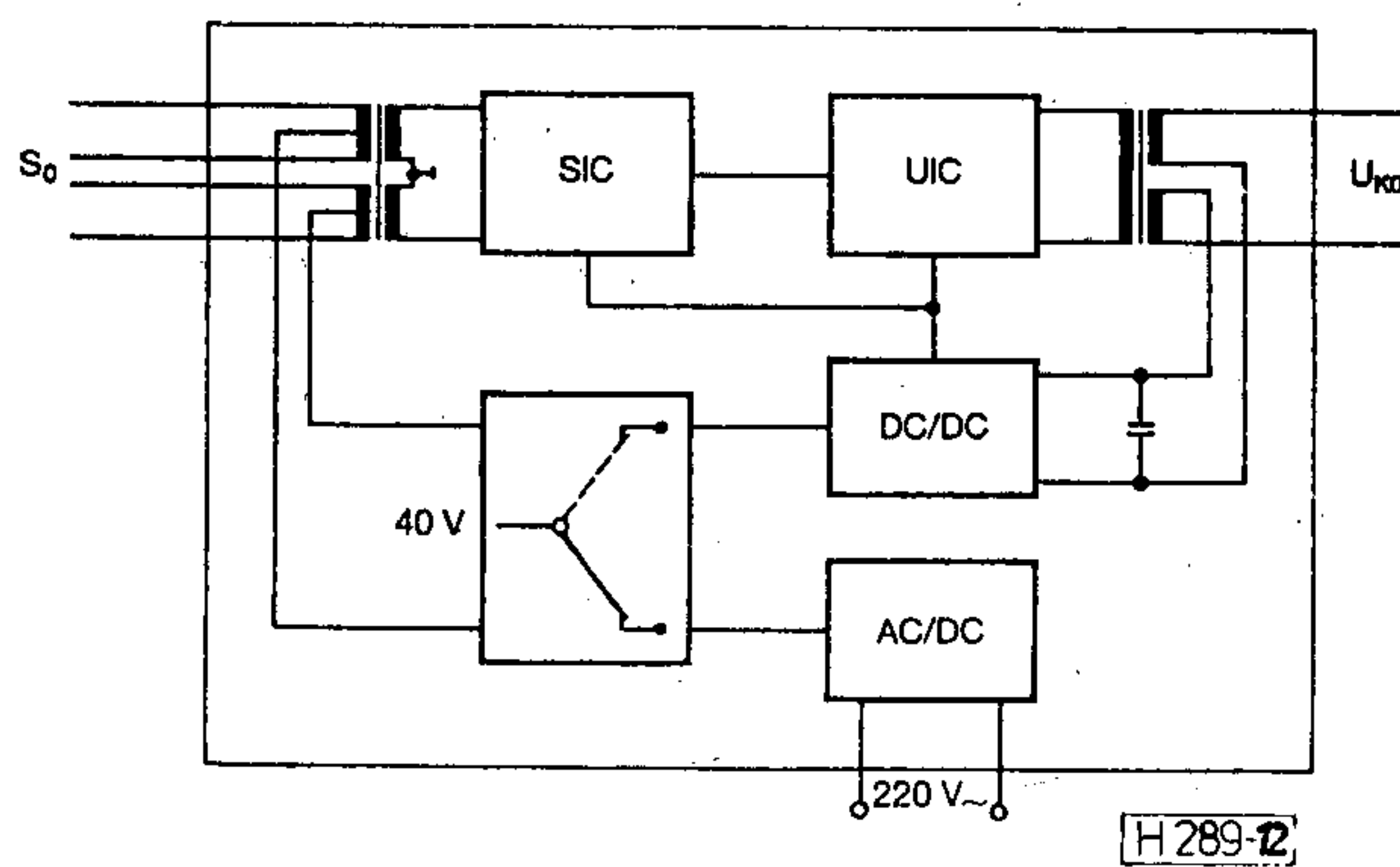


H289-11

11. ábra. Digitális távbeszélőkészülék

Az NT ISDN-hálózati végződés gondoskodik a két-huzalos U_{ko} -interfész és a négyhuzalos S_0 -interfész között szükséges konverzióról, amikor a hasznos információ mindkét B -csatornán és a D -csatornán

transzparens módon kerül átvitelre. A 12. ábra az NT blokkdiagramját tartalmazza. Az SIC és UIC egy belső modulinterfészen keresztül van összekötve, amelyen az adatok 256 kbit/s sebességgel cserélődnek ki. Az U_{ko} - és S_0 -interfészek számára a két nagyintegráltságú áramkör mellett a hálózati végződés tartalmaz egy hálózati adaptert is, mely hálózatkimaradás-átkapcsolóval rendelkezik, továbbá egy előfizetői csatlakozás-végződést is tartalmaz leválasztótranszformátorral és túlfeszültséglevezetővel [8].



H289-12

12. ábra. Hálózati végberendezés

4. Zárómegjegyzések

A jövőbeni digitális univerzális hálózat ISDN specifikációi adottak. Az ISDN-be a hordozó szolgáltatások és távszolgáltatások sokaságát fogják integrálni. A különféle szolgáltatások egyetlen hálózatba történő integrálásával a hálózat számára, különösen pedig a kapcsolóközpont számára új funkciók sokasága adódik, amelyeket a cikk fejteget. A megkívánt működés részben messzire vezet mindattól, amit eddig a kapcsolóközponttól elvártunk, különösen az előfizetői csatlakozások területén. Emiatt a nagyintegráltságú félvezetőtechnika lehetőségeit következetesen fel kellett használni, hogy az ISDN-előfizetői csatlakozást gazdaságos módon lehessen realizálni.

A Deutsche Bundespost hatáskörében az ISDN 1988-ban új kommunikációs infrastruktúráként fog rendelkezésre állni. Minden, ettől az időponttól szállított digitális kapcsolóközpontnak ISDN-képesnek kell lenni. A Deutsche Bundespost tervezi, hogy a Német Szövetségi Köztársaság góckörzeteiben a közeljövőben elkezd a bevezetést, és az előfizetők már öt év múlva az egész országban ISDN-csatlakozóképesek lesznek. Az ISDN-nek ez a gyors országos rendelkezésre állása fontos előfeltétele annak, hogy az ISDN-kínálatot az előfizetők elfogadják és használják.

[1] CCITT Redbook, Recommendations on ISDN (1985)
 Service Aspects: I. 210, I. 211, I. 212
 Protocol Reference Model: I. 320
 Numbering Plan: I. 331 (E. 164)
 User-Network Interfaces: I. 430, I. 431, I. 441 (Q.921), I. 451(Q.931)
 Packet Mode Terminals: I. 462 (X.31)

[2] P. Kahl
 ISDN, das künftige Fernmeldenetz der Deutschen Bundespost. R. v. Decker's Verlag, 1985

[3] Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG), Fachausschuss 1.6 Dienste im ISDN. VDE-Verlag, 1986.

[4] Becker, D. Gasser L.: Das ISDN Pilotprojekt der Deutschen Bundespost. Elektrisches Nachrichtenwesen, Sonderheft ISDN, 5 Band 61 (1987).

[5] Szechenyi, K. Zopf, F.: Die Übertragungstechnik auf der ISDN-Teilnehmeranschlußleitung. Elektrisches Nachrichtenwesen, Sonderheft ISDN, Band 61 (1987).

[6] Chalet, A., Mantal, H. u. a.: Die ISDN-Moduln des SYSTEM 12. Elektrisches Nachrichtenwesen, Sonderheft ISDN, Band 61 (1987).

[7] Adolphs, D. Wagner, P. u. a.: Endgeräte im ISDN. Elektrisches Nachrichtenwesen, Sonderheft ISDN, Band 61 (1987).

[8] Israel, T., Klein, D. und Schmoll, S.: Teilnehmeranschluß, Netzanschlußgerät, Digital-Fernsprechapparat und Endgeräteanpassung beim ISDN. Elektrisches Nachrichtenwesen, Band 59 (1985) Heft 1/2, S. 120—126.

СОДЕРЖАНИЕ

INHALT

CONTENS

Шухманн, X.:

Техническая информация — перспективы разработки и ее влияние на хозяйство и общество

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1987. № 4.

В настоящее время можем следить за совпадением двух, пока еще довольно характерным направлениям технического прогресса: среди них первое направление, это обработка данных, а второе — техника связи. В результате их синтеза создается новая, охватывающая область называемой нами «информационной техникой». Концепции основной технологии и системы техники а также использования ее носят черты обеих областей происхождения. Здесь исходим из того, что информационная техника в большой мере будет влиять на промышленное общество будущего. Доклад дает обзор о технических, экономических и общественных отношениях перспективно соображенного «информационного общества».

Д-р Бокер, П.:

Универсальные коммуникационные услуги по сети коммуникации будущего

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1987. № 4.

Сеть коммуникации будущего характеризуется следующими основными показателями: 1. цифровая, 2. интегрирование услуги, 3. обеспечение «открытой коммуникации». МККТТ и другие международные организации по стандартизации установили технический принцип построения коммуникационной сети будущего и в настоящее время в общих чертах в существенной подробности она готова. Базируется на цифровой сети с интегральными услугами (ISDN), в которой услуги подвергаются интеграции, а также на определении таких услуг, вследствие которых к сети налагаются функции по обработке и хранению. Статья рассматривает основные технические свойства коммуникационной сети будущего, а также использование ее в бюро-технике и в личной жизни.

Бауер, X.:

От цифровой сети с интегральными услугами с скоростью 64 кбит сек до широкополосной цифровой сети с интегральными услугами (ISDN)

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1987. № 4.

По цифровой сети с интегральными услугами (ISDN) с скоростью 64 кбит сек по отдельным абонентам для предоставления услуг с скоростью не более 64 кбит сек, достаточно одна пара скрученной кабельной жилы. Ступенчатое решение приводит от ISDN с скоростью 64 кбит сек до широкополосной световодной сети ISDN с скоростью 150 Мбит сек, с основными показателями которой являются комплектация световодной абонентской сети и переработка полей коммутации.

Клаус, Й.:

Путь Немецкой Федеративной Администрации Связи ISDN через опытной эксплуатации к цифровой сети с интегральными услугами с скоростью 64 кбит сек и к широкополосной цифровой сети с интегральными услугами ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1987. № 4.

Исходя из настоящей комплектации различных сетей в первой части рассматриваем техническое решение интерфейса ISDN с скоростью 64 кбит сек. Излагаем важнейшие международные рекомендации. Вторая часть описывает опытную эксплуатацию сети ISDN в городах Маннхейм и Штуттгарт. В заключительной части излагается пуск в эксплуатацию ISDN у Немецкой Федеративной Администрации Связи. Описываем принцип тарификации и тарифы предоставляемых услуг по сети ISDN. С целью полноты излагаем интегрирование широкополосных услуг по «общей широкополосной сети».

Марко, Н.:

Обработка изображения с помощью многомерной системной теории

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1987. № 4.

Системную теорию связи обоснованной А. К. Кюпфмюллер можно использовать для многомерных сигналов, как например для стоячих или бегущих изображений или ридных изображений. Здесь имеем в виду математические методы. С приведением множества примеров иллюстрируем пользование методами оптической обработки изображения.

Быхме, Й. Ф.:

Интегральные сигнальные процессоры на базе CORDIC и их применение

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1987. № 4.

С помощью метода CORDIC двухкомпонентные векторы с заданным углом, их смещение можно вычислять интеративно при помощи тригонометрической и гиперболической зависимости, или делением. Относящийся сюда процессор обладает преимущественно одной значимой структурой. В нижеследующем излагаем результаты исследований направленных на унификацию существующих алгоритмов CORDIC с различными функциями, которые в отношении реализации имеют структуру. Также, подчеркивается, что противоположно обычным сигнальным процессорам, преимущественно используются чипы CORDIC для решения некоторых задач по обработке сигналов.

Людер, Е.:

Оптимализация производственного исполнения и показателей схемы с помощью центровки допусков

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1987. № 4

Статья излагает статистический метод, при котором создается множество точек, характеризующего коммутации, которое смещается в оптимум допустимого диапазона с помощью анализа Монте-Карло. Необходимое количество анализа схем путем повторного использования некоторых точек, может быть уменьшено. Локальные оптимумы могут быть предотвращены путем увеличения объема множества точек. С приведением двух примеров продемонстрируем использование данного метода. Оптимализируемые параметры, кроме сопротивлений и конденсаторов, могут быть каналные размеры и транзисторы МОС.

Бекер, Д.:

Создание и использование цифровой сети с интегрированными услугами IS

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1987 № 4

Цифровая сеть с интегрированными услугами в будущем для услуги в технике связи будет означать универсальную структуру. В рамках ISDN будут реализованы те услуги, которые в существующих сетях телефонной связи и передачи данных являются совместимыми. Исходя из этого, ISDN в отношении новых услуг и применений будет являться открытой. Сеть ISDN в ФРГ и в других странах реализуется на основе рекомендации МККТТ. В данной статье в первую очередь рассматриваем те предусловия, выполнение которых необходимо для интегрирования услуг и создания различных возможностей коммуникации в рамках ISDN. Затем приводим примеры для реализации.

* * *

Schumann, H. R.:

Informationstechnik — Entwicklungsperspektiven und ihre Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Gegenwärtig laufen zwei bislang weitgehend eigenständige technische Entwicklungslinien zusammen: die Datenverarbeitung und die Nachrichtentechnik. Aus ihrer Synthese entsteht ein neues, umfassendes Gebiet, das wir mit „Informationstechnik“ bezeichnen wollen. Ihre Basistechnologien, die systemtechnischen Konzepte und ihre Anwendungen tragen Züge beider Herkunftsbereiche. Man kann heute davon ausgehen, da Informationstechnik der künftigen Industriegesellschaft weitgehend ihr Gepräge geben wird. Der Vortrag gibt einen Überblick über technische, wirtschaftliche und soziale Aspekte einer antizipierten „Informationsgesellschaft“.

Bocker, P.:

Universelle Kommunikationsdienste im Kommunikationsnetz der Zukunft

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Das Kommunikationsnetz der Zukunft ist durch folgende Stichworte gekennzeichnet: 1. Es ist durchgehend digital, 2. Es ist diensteintegrierend, 3. Es ist geeignet für „offene Kommunikation“. Das technische Konzept für das Kommunikationsnetz der Zukunft wurde bei CCITT und anderen internationalen Standardisierungsgremien festgelegt und liegt nun in allen Grundzügen und in wesentlichen Einzelheiten vor. Es beruht auf dem ISDN, dem diensteintegrierenden digitalen Nachrichtennetz sowie auf Dienstdefinitionen, die auch Verarbeitungs- und Speicherfunktionen im Netz mit einschließen. Es sollen die technischen Grundmerkmale des Kommunikationsnetzes der Zukunft behandelt werden sowie seine Anwendungen im Büround im Heimbereich.

Bauer, H.:

Vom 64-kbit/s-ISDN zum Breitband-ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Beim 64-kbit/s-ISDN genügt eine einzige Kupfer-Anschlußleitung pro Teilnehmer für alle Dienste mit Bitraten von maximal 64 kbit/s. Der Weg vom 64-kbit/s-ISDN hin zum Breitband-ISDN mit Glasfaser-Anschlußleitungen und mit Bitraten bis zu etwa 150 Mbit/s vollzieht sich in mehreren Schritten, von denen die wichtigsten das Verlegen von Glasfaserkabeln im Anschlußbereich und das Erweitern der Vermittlungen sind.

Híradástechnika XXXVIII. évfolyam, 1987. 4. szám

Claus, J.:

Der Weg der Deutschen Bundespost über Pilotprojekt zum 64 kbit/s-ISDN und Breitband-ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Ausgehend vom derzeitigen Netzausbau der verschiedenen Netze wird im ersten Teil auf die technische Realisierung des 64 kbit/s-ISDN Anschlusses eingegangen. Die wichtigsten internationalen Empfehlungen werden genannt. Der zweite Teil beschreibt die ISDN-Pilotprojekte in Mannheim und Stuttgart. Im letzten Teil wird die serienmäßige Einführung des ISDN im Netz der Deutschen Bundespost dargestellt. Die Tarifprinzipien und Tarife für Dienste im ISDN werden genannt. Ein Ausblick auf die Integration von Breitbanddiensten in einem „Breitband-Universalnetz“ runden das Bild ab.

Marko, H.:

Bildverarbeitung mit Hilfe der mehrdimensionalen Systemtheorie

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Die von K. Küpfmüller 1949 begründete Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung lässt sich auch auf mehrdimensionale Signale wie feste und bewegte Bilder oder Bildfolgen anwenden. Die mathematischen Grundlagen hierzu werden angegeben. Für die lineare Bildverarbeitung eignet sich besonders eine optische Anordnung mit kohärentem Licht. Beispiele von Bildrestaurierung, Bildfilterung und Korrelation werden vorgeführt. Das mehrdimensionale Spektrum eignet sich besonders zur Beschreibung und Optimierung komplizierter Bildgewinnungsverfahren, wie z. B. der Tomographie oder der Redundanzreduktion bei bewegten Bildfolgen. Auch der visuelle Übertragungskanal des Menschen lässt sich mit Hilfe der mehrdimensionalen Systemtheorie beschreiben und mit in eine technische Bildübertragung mit einbeziehen.

Böhme, J. F.:

Integrierte Signalprozessoren auf CORDIC-Basis und Anwendungen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Mit dem CORDIC-Verfahren kann man iterativ die Drehung eines Zweikomponentenvektors um einen Winkel, trigonometrische und hyperbolische Funktionen, Divisionen u. a. berechnen. Ein entsprechender Prozessor besitzt eine hinsichtlich der Integration günstige, gleichmäßige Struktur. Zunächst wird über Untersuchungen zur Vereinheitlichung der für die verschiedenen Funktionstypen existierenden CORDIC-Algorithmen hinsichtlich einer Realisierung in Form einer integrierten Pipeline berichtet. Weiterhin wird gezeigt, dass für bestimmte Signalverarbeitungsaufgaben der Einsatz solcher CORDIC-Chips vorteilhaft gegenüber dem üblicher Signalprozessoren ist.

Lüder, E.:

Die Optimierung der Leistungsfähigkeit und Fertigungsausbeute von Schaltungen mit Hilfe der Entwurfszentrierung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Der Vortrag präsentiert ein statistisches Verfahren. Dabei wird eine, die Schaltungen repräsentierende Punktwolke erzeugt, die sich mit Hilfe von Monte-Carlo-Analysen ins Optimum des Akzeptanzgebietes bewegen lässt. Die Zahl der Schaltungsanalysen wird durch den wiederholten Gebrauch ausgewählter Punkte reduziert. Lokale Optima können durch Aufblächen vermieden werden. Zwei Beispiele demonstrieren die Brauchbarkeit des Verfahrens. Optimierende Parameter sind, ausser Widerständen und Kondensatoren, die Länge und Breite von MOS Transistoren.

Becker, D.:

Realisierung und Anwendungen des ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. Nr. 4

Das künftige Digitalnetz mit Dienstintegration — das ISDN — stellt die universelle Infrastruktur für Fernmeldedienste dar. Es wird neben den heutigen Diensten im Fernsprechnetz und in Datennetzen zur Nutzung durch neue Dienste und Anwendungen offen sein. Das ISDN wird gegenwärtig in der Bundesrepublik und in anderen Ländern auf der Basis von CCITT-Empfehlungen realisiert. Im Beitrag werden zunächst die technischen Voraussetzungen erörtert, die für die Dienstintegration und die vielfältigen Kommunikationsmöglichkeiten im ISDN zu erfüllen sind. Danach werden Beispiele aus der Realisierung dargestellt.

* * *

Schumann, H. R.:

Information technique — perspectives of the development and their effect upon the economy and the society

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

Recently two independent direction lines of the technical development are gradually merging that were far away from each other in the past: the data processing technique and the telecommunication. From their synthesis a new and comprehensive area is arising which we call „information technique”. Its basic technologies and procedures, system technical concepts, and applications are closely related to both areas of origin. Today we can surely start from the concept that the information technique will have a far-reaching impact on the industrial society of the future. The paper gives a short review of the technical, economical, and social aspects of this anticipated „information society” of the future.

Bocker, P.:

Universal communication services in the future communication network

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

The communication network of the future is characterized by the following features: 1. fully digital, 2. service integrated, 3. appropriate for „open communication”.

The technical concept of the future communication network was developed by CCITT and other international standardization organizations and all its basic principles and essential details have been elaborated. The basis is the ISDN, the Integrated Service Digital Network, and the service definitions adding processing and storing functions. The paper presents both all the basic technical features of the future communication network as well as its application in offices and homes.

Bauer, H.:

From 64 kbit/s ISDN toward broad-band ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

For each subscriber of 64 kbit/s ISDN only a twisted pair is sufficient for all the 64 kbit/s services. There is a strategic way from 64 kbit/s ISDN toward about 150 Mbit/s broad-band fiber optical ISDN. Main moments of it are: fiber optical cables installed in the subscriber area as well as widening exchanges.

Claus, J.:

The Way of German PTT (DBP) over a Pilotproject towards 64 kbit/s-ISDN and wide-band ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

Starting from the present network plant of different networks, the technical realization of 64 kbit/s ISDN-interface is dealt with in the first part. The most important international recommendations are recalled. The second part describes the ISDN-pilot projects in Mannheim and Stuttgart. The mass introduction of ISDN into the network of German PTT (DBP) is described in the last part. The ISDN Tariff principles and costs of services are presented. An outlook on the integration of wide-band services in a „universal wide-band network” makes the picture complete.

Marko, H.:

Image Processing with the help of Multidimensional System Theory

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

The system theory of electric information communication founded by K. Küpfmüller in 1949 can be applied to multidimensional signals such as static or moving images or image sequences. The mathematical basis for this is given here. For the linear image processing an optical mapping by coherent light is especially suitable. Examples of image restoration, image filtering, and correlation are presented. The multidimensional spectrum is particularly suited to the description and optimisation of complicated image-obtaining processes, for example, tomography of redundancy reduction in moving image sequences. Human visual communication channel could also be described by the multidimensional system theory and in this way related to the technical image communication.

Böhme, J. F.

Integrated signalprocessors on CORDIC-base and their applications

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

With the since 1959 known CORDIC-algorithm can be computed among others the turning with an angle, trigonometric or hyperbolic functions iteratively. A suitable processor has advantageous universal structure considering the integration. In this article are related those considerations for the unification of the various CORDIC-Algorithms, that have CMOS intrated pipeline structure. Moreover is referred, that the CORDIC-chips for certain signalprocessing tasks are more advantageous than the usual signalprocessors. As examples are discussed algorithms for Fourier-transformation, for wave digital filter and for tasks from the speech processing and linear algebra, that can be traced back rotation or hyperbolic rotation.

Lüder, E.:

Optimization of performance and yield of networks by design centering

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

The paper describes a statistical method. A set of points representing the networks will be set up and using Monte-Carlo analysis it will be moved into the optimum of the region of acceptability. The number of circuit analysis can be reduced by repeated usage of several points. Local optima can be avoided by blowing up the set of points. Two examples show the usefulness of the method. Parameters to be optimized are resistors, capacitors and the measures of the channels of MOS transistors.

Becker, D.:

Realization and application of the ISDN

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1987. No. 4

The coming ISDN constitute the universal infrastructure for telecommunication facilities. This will be open not only for facilities in the telephone- and data networks but for utilization of new facilities and applications. The ISDN is now in FRG and in other countries on the base of the CCITT recommendations realized. In this article are first those technical preconditions discussed, that for the integration of facilities and for the various possibilities of communication in ISDN are required. After this are examples for the realization.

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Tófalvi Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 531-027. Kiadja: a DELTA Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató leányvállalat, Budapest, Könaktár u. 4. 1093. Telefon: 175-200. Felelős kiadó: Dr. Varga György igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR, Budapest, József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 180,— Ft egész évre 360,— Ft. Egyes szám ára 30,— Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: a „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H-1389 Budapest, Postafiók 149. és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 279. 86-253.

Révai Nyomda Egri Gyáregység, Felelős vezető: Horváth Józsefné dr. 87 2037.

HU ISSN 0018—2028

Index: 25 375

P7401

MINIATŰR, SOKMENETES
FINOMBEÁLLÍTÓ CERMET
RÉTEGPOTENCIÓMÉTER
MŰSZERIPARI CÉLRA.

KÖZVETLENŰL NYOMTATOTTÁRAMKÖRI LAPBA ÜLTETHETŐ.

Réteg és huzalpoteencióméterek nagy
választéka mellett, speciális célokra
történo fejlesztés igénye esetén is
készséggel áll rendelkezésükre
a Potencióméter Ágazat.
Tel: 573-033/227-es melek.

 REMIX®

REMIX®

RÁDIÓTECHNIKAI VÁLLALAT

Budapest X., Pataki I. tér 20. • Tel.: 573-033 • Telex: 22-4565

REMIX® HŐÉRZÉKELŐK, HŐMÉRŐK,
HŐVONÓTÓK ÉS ÉRZÉKELŐK



REMIX® HŐÉRZÉKELŐK, HŐMÉRŐK, HŐVONÓTÓK ÉS ÉRZÉKELŐK

- Hal érzékelőről, vagy mikroprocesszoros előgyújtás szabályozóról vezérelt
- Automatikusan zárászög szabályozás
- 2-2,5-szer nagyobb szikraenergia
- Széles klimahatárok között (-40-tól ... +90°C-ig) nagy megbízhatósággal üzemel

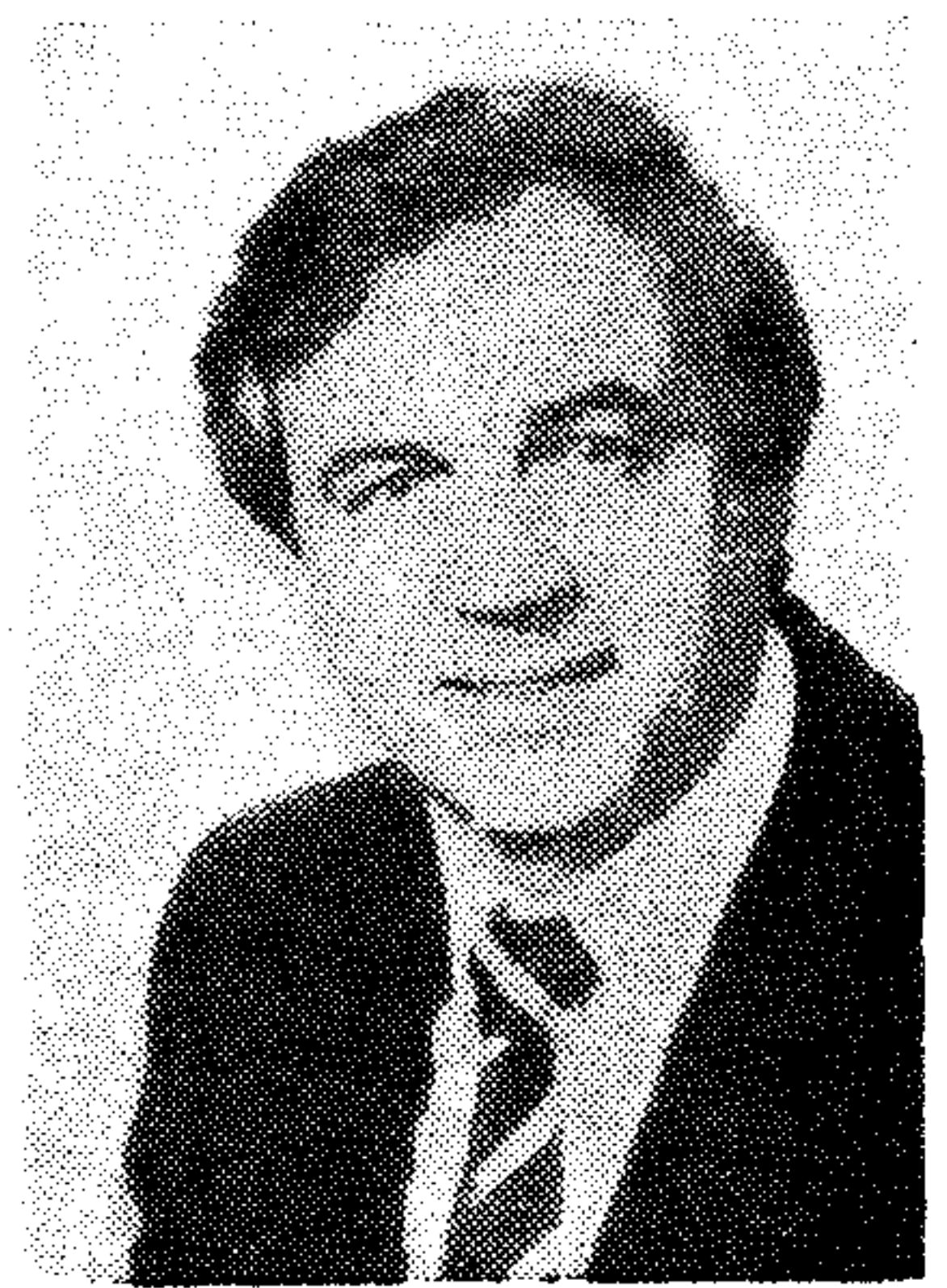


REMIX® RÁDIÓTECHNIKAI VÁLLALAT
Budapest X., Pataki I. tér 20. • Tel.: 573-033 • Telex: 22-4565

A digitális beszédfeldolgozás újabb eredményei: beszédkódolás, beszédfelismerés és beszéd-szintézis

HELMUT MANGOLD

AEG Forschungsinstitut Ulm



MANGOLD, H.

A Müncheneri Műszaki Egyetemen híradástechnikát és informatikát tanult. 1962-től a Telefunkennél dolgozott különféle fejlesztési munkákon. 1964-től az AEG-Telefunken ulmi kutatóintézeténél, a beszédlaboratóriumban a beszédkódolás új eljárásainak vizsgálatával foglalkozott. 1967-ben laborvezetővé ne-

vezték ki, és mint új témát az automatikus beszédfelismerést és beszéd-szintézist vezette. 1975 óta az AEG kutatóintézetében azt az osztályt vezeti, mely a beszédjelek feldolgozásával, felismerésével és szintézisével, valamint képalábrával foglalkozik. Ehhez csatlakozik még a digitális audiótechnika témakörének kutatása.

ÖSSZEFOGLALÁS:

A beszédfeldolgozás az utóbbi években jelentős előrehaladást tett a digitális jelfeldolgozás lehetőségeinek lényeges javulásával. Ez érvényes mind a digitális beszédkódolásra és beszédátvitelre, mind az automatikus beszédfelismerés és beszéd-szintézis területére.

Az automatikus beszédfelismerés és beszéd-szintézis már közben olyan szintet ért el, hogy bizonyos területeken érdemes alkalmazni őket. Ezáltal az ember-gép párbeszéd könnyebbé és megbízhatóbbá vált.

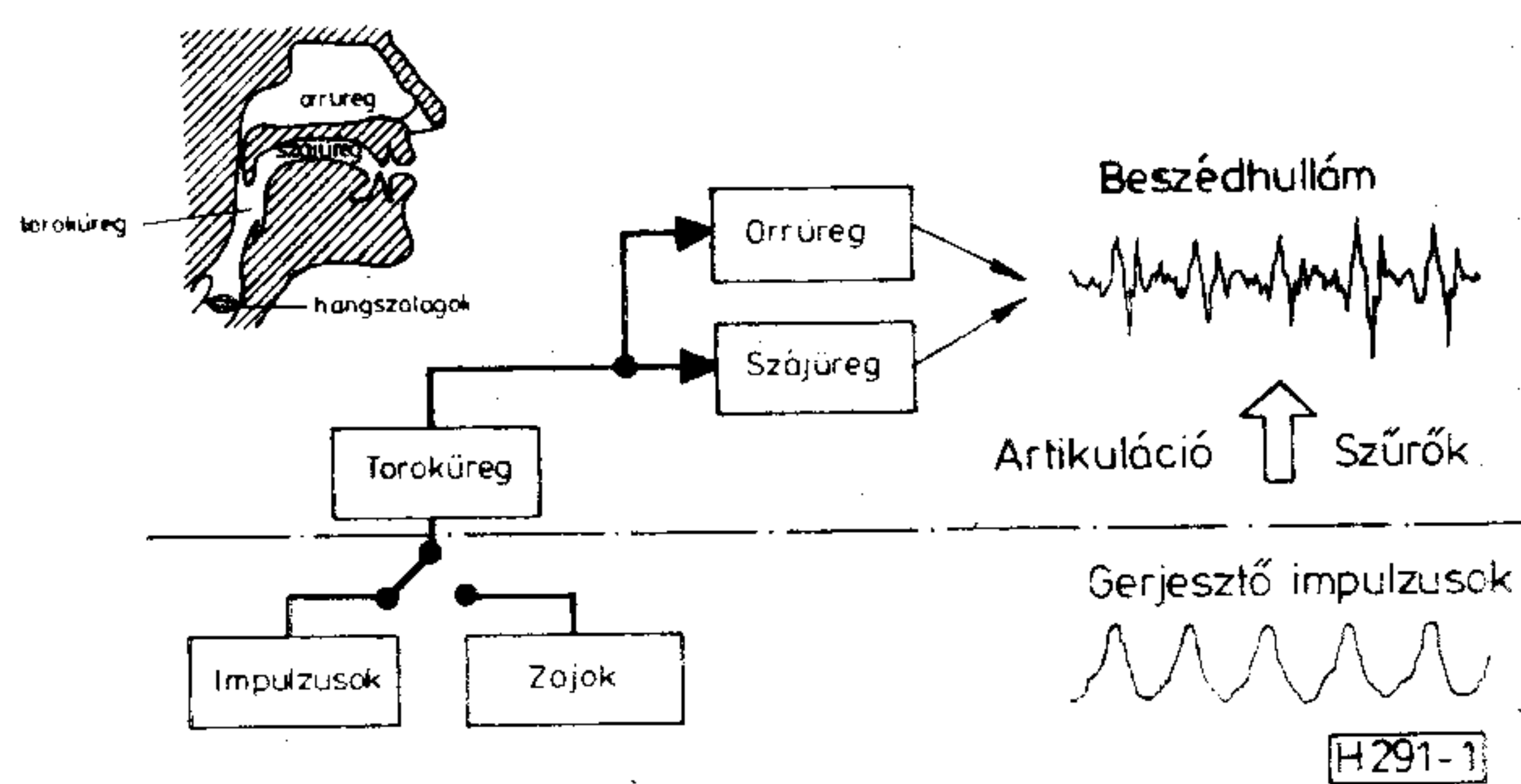
1. Beszédjel

A beszédjelek, az emberi beszédtraktusban létrejöttüktől kezdve, egészen jellegzetes jelek, melyekben az információ specifikus módon van kódolva. A feldolgozó algoritmusoknak ezeket a sajátos tulajdonságokat figyelembe kell venniük. Csak ebben az esetben lehetséges az információtartalom hatékony feldolgozása és elemzése.

A természetes beszéd-előállításnál a gégeben vagy a beszédtraktus szűkületében gerjesztőjelek képződnek, melyeket azután a torok, a száj- és az orrüreg az adott állásának megfelelően akusztikailag megszűr (1. ábra). Ezt a folyamatot artikulációnak nevezzük.

A beszédjel információjának lényeges elemei a jelek különböző jellemzőiben találhatók:

- * Az időfüggvény periodikus szerkezete zöngés hangokat, pl. magánhangzókat jelez.
- * Zajszerű jelrészletek zöngétlen hangokra utalnak.
- * A jelspektrum burkolója jellemzi az artikulációs szervek állását és ezzel a speciális hangot.



1. ábra. A beszédjel természetes előállításának elve

Fordította: Koutny Ilona
Elhangzott az 1987. máj 6—7-én tartott VDE konferencián.

* A tulajdonképpeni beszéd-folyamat mindezeknek a paramétereknek a dinamikus változásában rejlik.

A digitális jelfeldolgozás sokféle nagyon hatékony feldolgozási algoritmushoz vezetett, melyek lehetővé teszik a beszédjel különböző paramétereinek elemzését.

Lényegében megkülönböztetjük a tisztán jellemző eljárásokat és azokat, melyek osztályozással vannak egybekötve és ezért erősebben kapcsolódnak a jel tulajdonképpeni információtartalmához.

Az előbbi eljárásokhoz tartozik például a szűrés, a transzformációk különböző formái és az autokorreláció; az osztályozás-orientáltakhoz pedig a szegmentálás, az alapfrekvencia-elemzés, hangosztályozás, valamint a jelfelismerés egész területe. Példaként egy beszédjel digitálisan kiszámított spektrumát mutatjuk be a második ábrán.

2. Digitális beszédkódolás

A digitális beszédkódolás feladata, hogy a kommunikáció számára fontos információtartalmat úgy felkészítse, hogy egy rákövetkező átvitel és dekódolás ismét lehetőleg torzulatlan jelet eredményezzen, amely jól érthető és természetesen cseng. Mindamellet valójában csak releváns információt kell átvinni, a kódolónak el kell hagynia a redundáns és irreleváns információkat.

Digitális beszédkódoló rendszereket időközben nem csak híradástechnikai átvitelben használnak, hanem már a közeljövőben fontos szerepet játszanak a beszéd-tároló szolgáltatások, akár az emberek közötti kommunikációt megkönnyítő hangos posta (Voice-Mail), akár a számos bemondó és információszolgáltató rendszer terén.

A kódoló elv és a szükséges adatátviteli sebesség alapján lényegében három különböző kódolási

csoportot különböztetünk meg: a hullámforma-kódolást, a paraméteres kódolást és a kevertet, melyeknél mindkét elv elemeit alkalmazzák. Kiválasztott példák alapján bemutatjuk a különböző lehetőségeket.

2.1 Hullámforma-kódolás [1]

A hullámforma-kódolók az időfüggvényben rejlő statisztikus redundanciát használják ki.

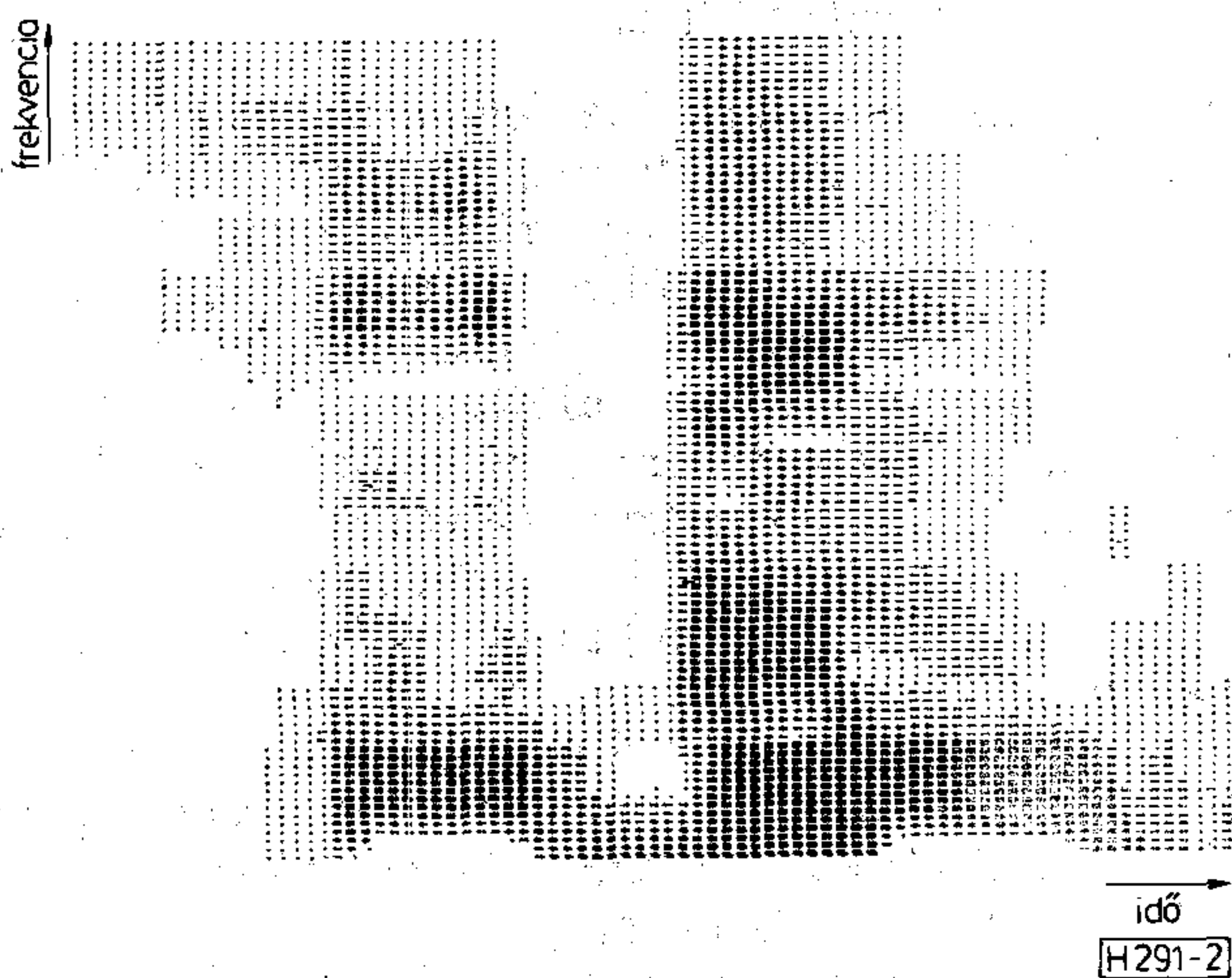
A hullámforma-kódoló legismertebb és legegyszerűbb példája a kompressziós pulzus-kód-moduláció (PCM), amelynél a minták nemlineáris kvantálása egy nagy dinamikai tartományban konstans jel/zaj viszonyhoz vezet. A kódolásnak ezzel az egyszerű formájával a beszédet az időközben 64 kbit/s-ra normált átviteli sebességgel jó minőségűen lehet átvinni.

A digitális kódolásról szóló újabb munkák egyre inkább a 8 kbit/s-tól mintegy 16 kbit/s-ig terjedő középső átviteli tartománnyal foglalkoznak. A kapcsolt rádiótelefon adáshoz tervezett digitális adórendszereket ennél az átviteli sebességnél igen hatékonyan lehet üzemeltetni.

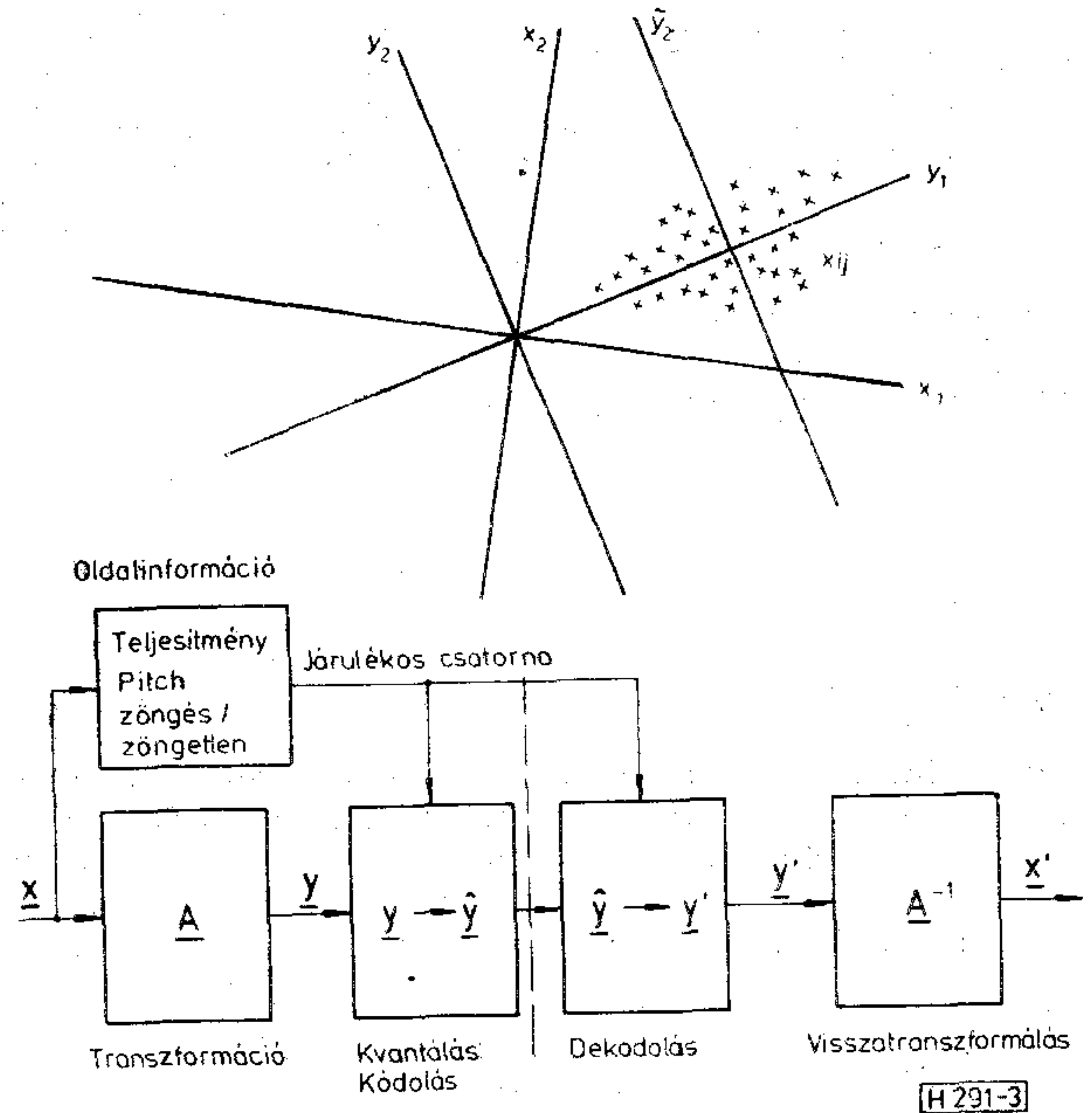
A hullámforma-kódoló modern példaként a transzformáció-kódolót mutatjuk be. A PCM és számos változatával szemben, itt a képtartománybeli, azaz pl. a frekvenciatartománybeli, jelstatisztikát használják ki [2]. A 3. ábra mutatja példaként a mintavételek statisztikus eloszlását kétdimenziós koordinátarendszerben. Az eredetileg x_1 -gyel és x_2 -vel leírt mintákat egy elforgatott és eltolott y_1 és y_2 koordinátarendszerben jelentősen kevesebb bittel lehet leírni.

A kódolandó jel mintáit egy megfelelő jeltérben egy transzformációnak (pl. Fourier-transzformáció) vetik alá, és ott kódolják és továbbítják. A vevőhelyen történik a dekódolás és a visszatranszformálás. Általában egy kiegészítő csatornán a beszédjel további jellemzőit, mint például a zöngés hangrészletek periodicitását, értékelik ki és továbbítják. Ezzel a transzformált jel kódolása tovább javítható.

A transzformáció-kódolással minden nehézség nélkül elérhető 10–20 kbit/s átviteli sebesség.



2. ábra. A „Lautsprache” szó spektrogramja



3. ábra. Transzformáció-kódoló; fent: koordinátatranszformáció; lent: elvi megvalósítás

Ezeknél az arányoknál a transzformáció-kódoló megfontolandó az átviteli minőséget illetően más eljárásokkal szemben [3].

2.2 Paraméteres rendszerek

A paraméteres beszédkódolásnál a beszédjel nem bármilyen formában lesz közvetlenül kódolva, hanem egy modell szerint, amelynek paraméterei adottak. Egy ilyen modell-elképzelés általában a természetes emberi beszédelőállításra irányul. Így kapjuk a 4. ábra szerinti kódoló elvet.

Párhuzamosan mind a gerjesztőjelet, mind a beszédtraktus átviteli függvényének a karakterisztikáját közlik. Ez a két paraméter jellemzi, az 1. ábra szerint, a beszédelőállításához szükséges összes tulajdonságot. Evvel lehet irányítani a vevőnél végbemenő, a szintézishez szükséges folyamatokat. Ezért nevezzük az ilyen rendszereket analízis-szintézis rendszereknek is.

Így a szükséges átviteli sebesség egészen 2 kbit/s-ra csökkenthető. A vocoderek az egyedüli olyan rendszerek, amelyekkel a digitális beszédátvitel rövidhullámon is lehetséges.

A vocoderek néhány éve egy rendkívül érdekes, új alkalmazásra találtak a digitális beszédátvitel területén. Megfelelő beszédminőségűnél is alacsony tárolófelhasználásuk miatt széleskörűen bevetik őket az információ-szolgáltató rendszerekben és a hangos posta rendszerekben is.

2.3 Kevert kódolás

Beszédjelnél alkalmazott vegyes kódolón olyan kódolót értünk, melynél mind jelstatisztikai tulajdonságok, mind pedig a beszédmodellnek vagy a hallásunk működésének tulajdonságai felhasználásra kerülnek a kódolásnál.

Erre példa a részsáv-kódoló [4]. A részsáv-kódolók viszonylag szerény hardware-ráfordítást

igényelnek, és ennek ellenére meglepően jó beszédminőséget nyújtanak.

A beszédfrekvenciasávot több részsávra osztják. Ezek a sávok a különböző mértékű hallásérzékenységnek megfelelően a nagy frekvenciáknál sokkal szélesebbek. Az egyes sávokat így különböző frekvenciákkal tapogatják le, mégpedig a magasabb sávoknál az alsó sávszélnél. A felső sávok kvantáló pontosságát erősen lehet csökkenteni. Így egy olyan összadathalmaz adódik, amely jóval kisebb, mint a PCM-nél. A beszédjel természetessége mindamelletts messzemenően megmarad.

3. Automatikus beszédfelismerés

Míg néhány évvel ezelőtt a digitális beszédkódolás állt a tudományos és technikai érdeklődés előterében, ma egyértelműen az automatikus felismerésnek és szintézisnek van prioritása. Az ember és gép közötti párbeszéd egyszerűsítését nem kis mértékben a gépi beszédfeldolgozás teszi lehetővé.

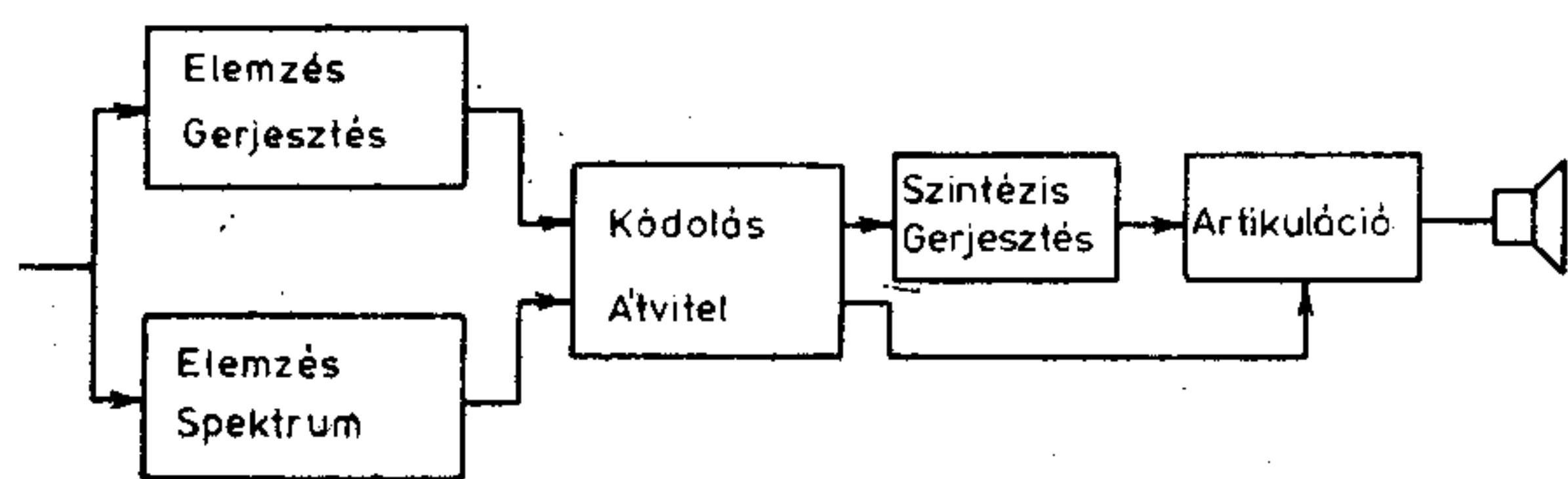
3.1 Szófelismerő

Napjainkban az alkalmazható beszédfelismerők gyakorlatilag mindannyian egész szavak alapján dolgoznak, azaz a legkisebb felismerési egység a szó. Ezzel gyakorlatilag már sok felmerülő feladatot, például az ipari technikában vagy irodákban, meg lehet oldani.

A beszédjelből paramétereket vonnak ki, rendszerint a jelspektrumot (2. ábra). A felismerendő szó kezdetének és végének a meghatározása után egy előfeldolgozási fázisban különböző normálások történnek. Ezek az előfeldolgozási lépések arra szolgálnak, hogy a különböző ejtészavaltatok sokféleségét valamennyire redukálják.

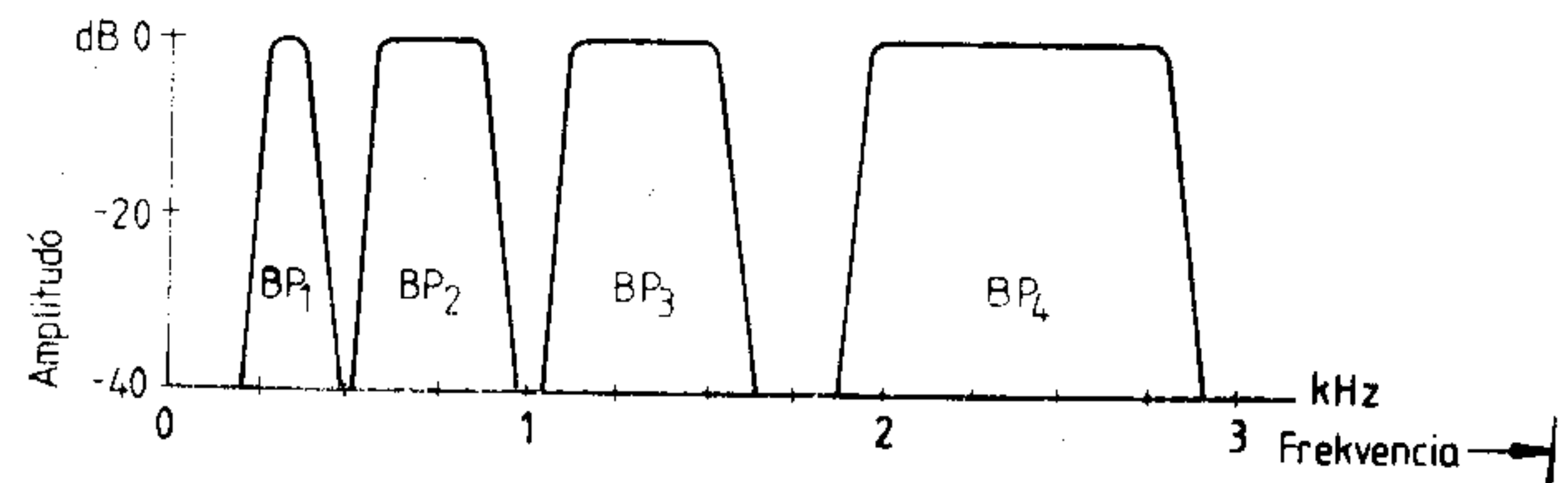
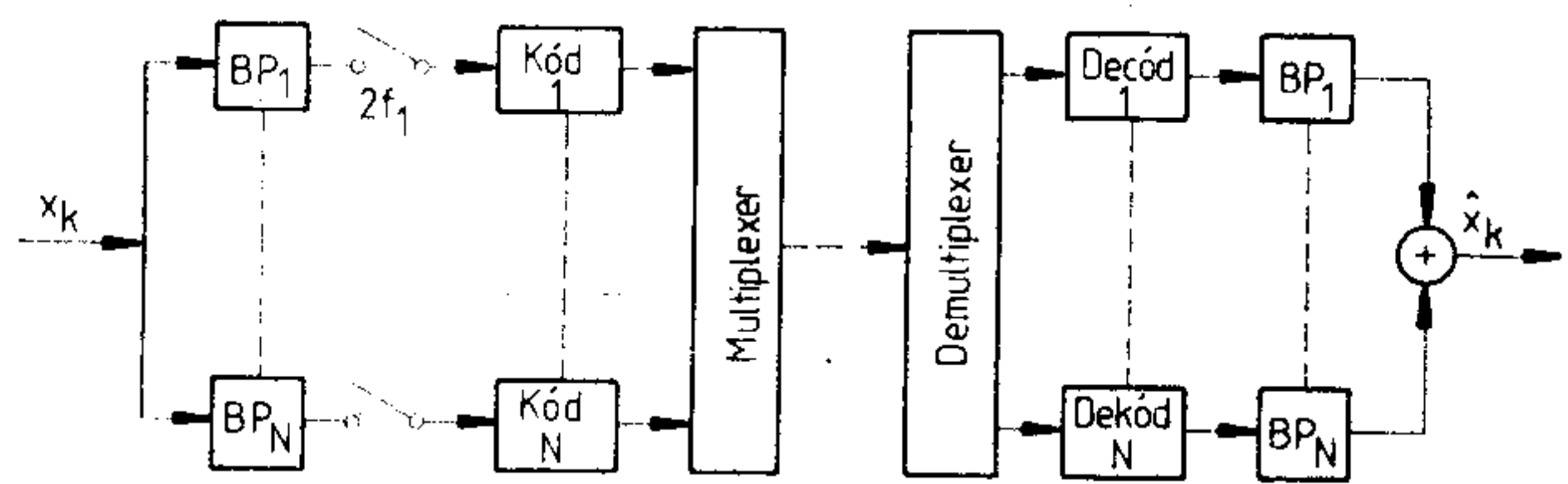
Ezután kezdődik a tulajdonképpeni felismerés, azaz a jelosztályozás. Az osztályozásra időközben a dinamikus programozás módszere honosult meg. Ennél az osztályozandó mintát az idő-tengely mentén leképezik a referenciamintára úgy, hogy optimális legyen a megfeleltetés. Az alkalmazott időtorzítás mértéke, valamint a két minta, ezután mért spektrális euklideszi távolsága szolgáltatja a mértéket a két minta hasonlóságára. Egy utólagos szintaktikai feldolgozás javíthatja a felismerési eredményt.

Az ilyen izoláltzavas felismerők kielégítő megbízhatósággal leginkább csak beszélőfüggően működnek. Tehát minden felismerendő szót a rend-



H 291-4

4. ábra. Paraméteres beszédkódoló elve (Vocoder)



H291-5

5. ábra. A részsáv-kódolás elve

szeknek előzőleg be kell mondani. Így a referenciaminták automatikusan létrejönnek, de természetesen beszélőspecifikusak. Kisebb szókincs, mintegy 200–500 szó esetén elérhető a 99% feletti helyes felismerési arány [5].

Egészen más a helyzet beszélőfüggetlen rendszereknél. Itt az eddig lehetséges felismerési arányok jóval alacsonyabbak. Laboratóriumban mért felismerési arányok 95% körül vannak.

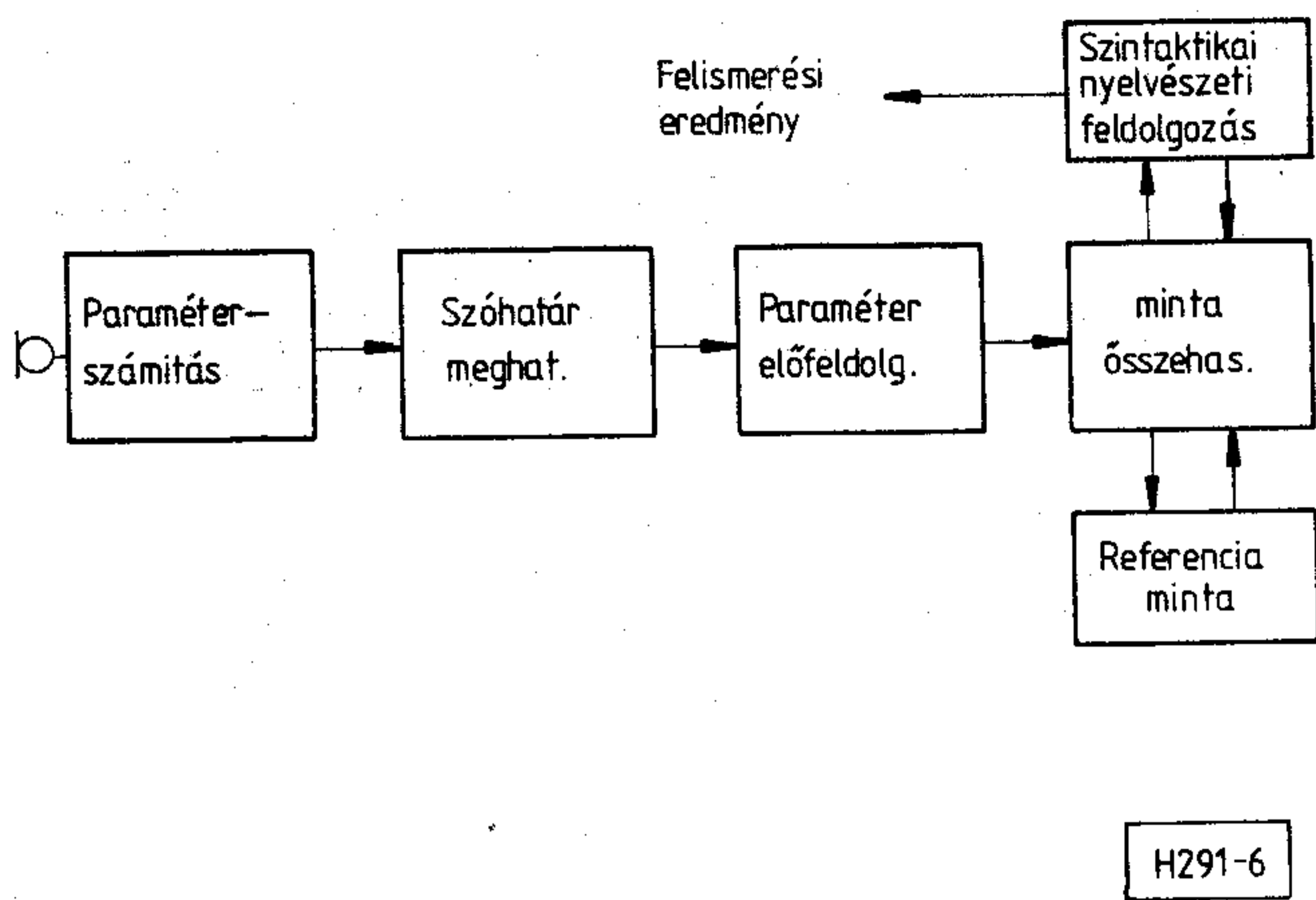
Hasonló problémák adódnak magas zajszintnél. Jóllehet izoláltzavas felismerőket gyakorlatilag már sok feladatra alkalmaznak, mégis intenzív alapkutatásra van szükség az elkövetkezendő években.

3.2 Kapcsolt szavak felismerése

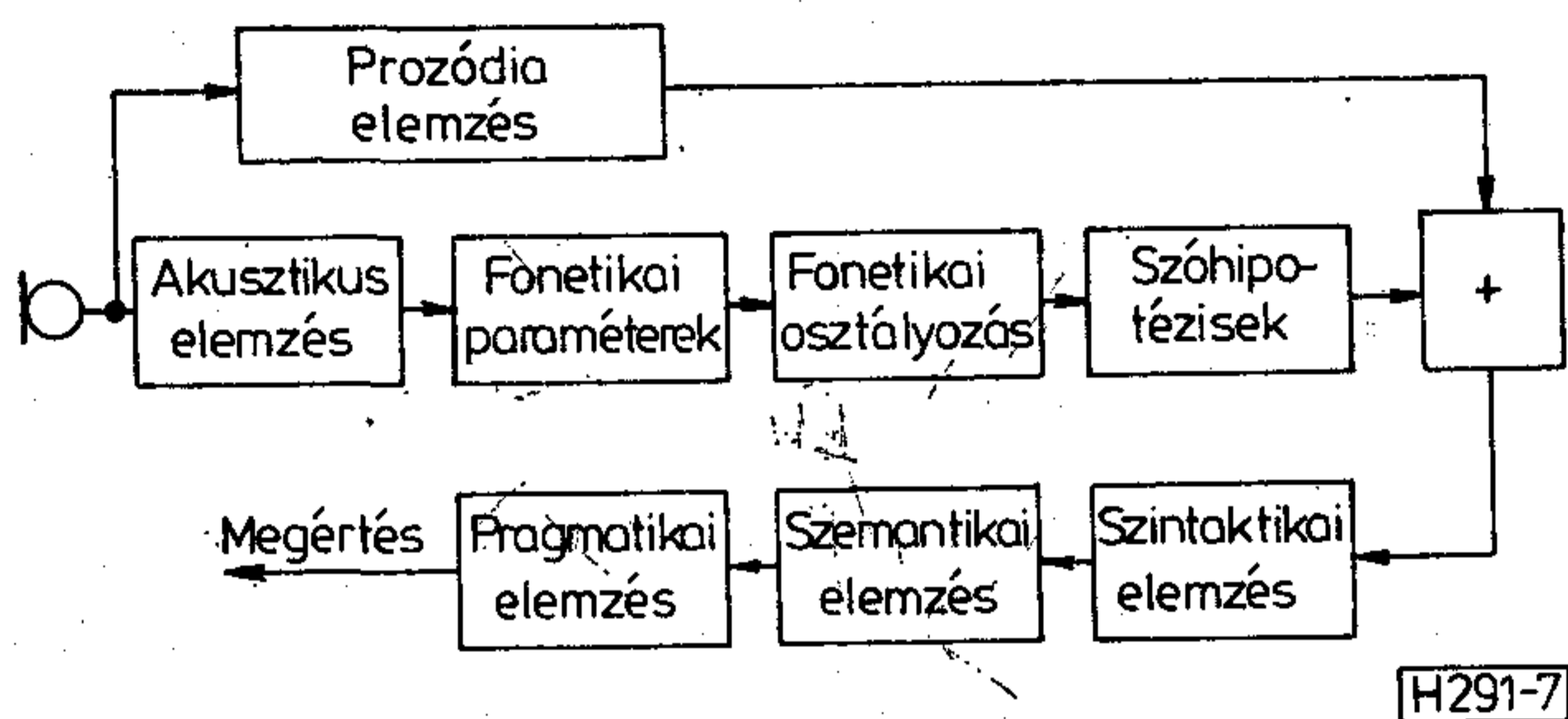
Egy ideje intenzív fejlesztéseket végeznek kapcsoltan kimondott szavak megbízható felismerése terén. Kapcsoltzavas beszédfelismerő alatt még nem folyamatos beszédfelismerőt értünk, azaz nem a szokásos mindennapi beszédünk felismerését. Kapcsoltzavas felismerők messzemenően az izoláltzavas felismerő elvén működnek. Tehát elvüket tekintve ugyanúgy épülnek fel, mint az izoláltzavas felismerők (6. ábra).

Megkülönböztetünk explicite és implicite szegmentáló felismerőket [6], ahol az osztályozás és szegmentálás ugyanabban a feldolgozási fázisban megy végbe. Mindkét eljárásnak a teljesítőképessége körülbelül ugyanolyan.

Számcsoportokkal — akár 5 egymás után következő számmal — végzett tesztek kb. 97%-os csoportfelismerési arányt produkálnak beszélőadaptív üzemben. Itt még jobban megmutatkozik, mint az izoláltzavas felismerőknél, hogy egy teljesítőképés tanulóeljárás a felismerés minőségére egészen döntő. A megtanulandó referenciamintába bele kell dolgozni egy szónak a különböző ejtéseit, a szócsoport elején, közepén és végén.



6. ábra. Izolált szavas felismerő alapvető felépítése



7. ábra. Beszédmegértő rendszer elvi vázlata

3.3 Beszédmegértés

A gépi beszédfelismerés területén minden kutatási munka tulajdonképpen célja természetesen olyan rendszerek kifejlesztése, melyek teljesítőképesége egyre inkább megközelíti az emberét a beszéd megértésében. Hosszú az út odáig, és nem is teljesen világos, hogy ezt a célt egyáltalán el lehet érni. Mégis egy egész sor olyan köztes célkitűzés van, melyeket addig kutatási projekteknél vizsgálni lehet [7].

Beszédmegértő rendszerek már nem dolgoznak egész szavak felismerése alapján. Egyedül az a tény, hogy folyamatos beszédben sok szót koartikulálunk, ezeket nem egyenként, hanem folyamatosan ejtjük ki, lehetetlenné teszi a szó, mint egység alkalmazását. Ehelyett hangokat vagy hangkapcsolatokat alkalmaznak a felismerés alapelemként.

Egy beszédmegértő rendszerben több, hierarchikus lépcsőben hajtják végre az egyes elemző lépéseket. A 7. ábra durva áttekintést ad a folyamatról.

A jelosztályozás kiértékelt szóhipotézisek felállításával fejeződik be. Ezek a hozzákapcsolt magasabb feldolgozási lépcsőkben tovább elemződnek fonetikai és szemantikai összefüggésben.

4. Automatikus beszéd-szintézis

A gépi beszédfelismeréssel ellentétben, mely a többévi intenzív kutatás ellenére is csak szerény eredményeket tud felmutatni, a beszéd-szintézist különböző formáiban intenzíven alkalmazzák. A

siker részben annak is köszönhető, hogy a szintetizált jel vevője mindig az ember, aki egy nem teljesen természetes jelet is meg tud érteni az emberi percepció rendszer magas teljesítménye következtében.

4.1 Reprodukáló eljárás

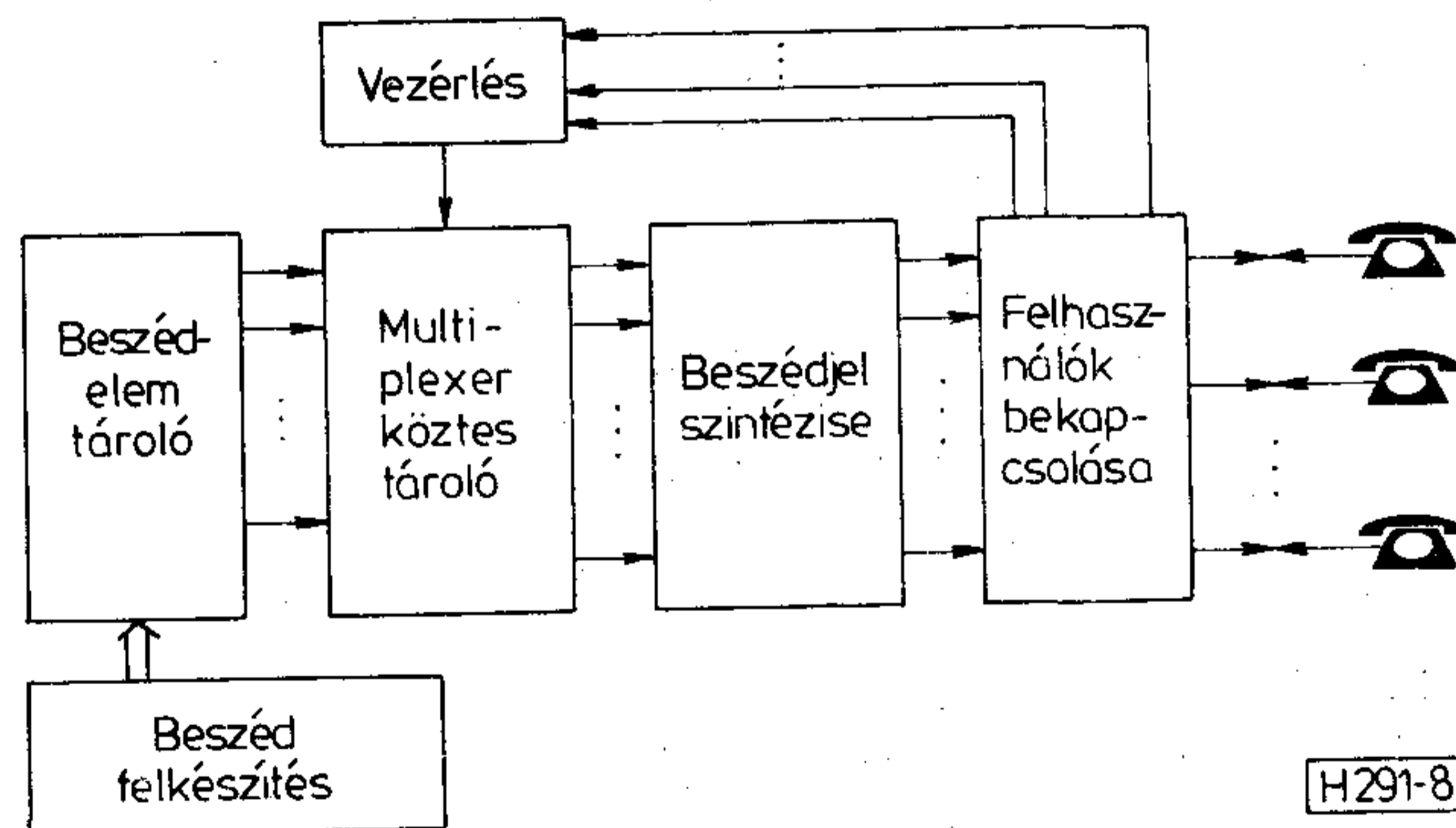
Reprodukáló vagy félig-szintetizáló eljárás alatt olyan beszéd-kimenetű rendszert értünk, ahol a kiadandó szöveg több vagy kevesebb olyan elem-ből tevődik össze, melyeket rendszerint előzőleg egy emberi beszélő bemondott és azután digitálisan tároltak.

A félig-szintetizáló rendszerek nem mások mint rugalmasan irányítható tárolórendszerek. A minőség végső soron attól függ, hogy a báziselemeket milyen ügyesen választották ki és készítették elő, és hogy a jelkódolás melyik formáját használják. A technika mai állásánál már nem probléma a telefonnál megszokott minőséget ezeknél a rendszereknél is biztosítani.

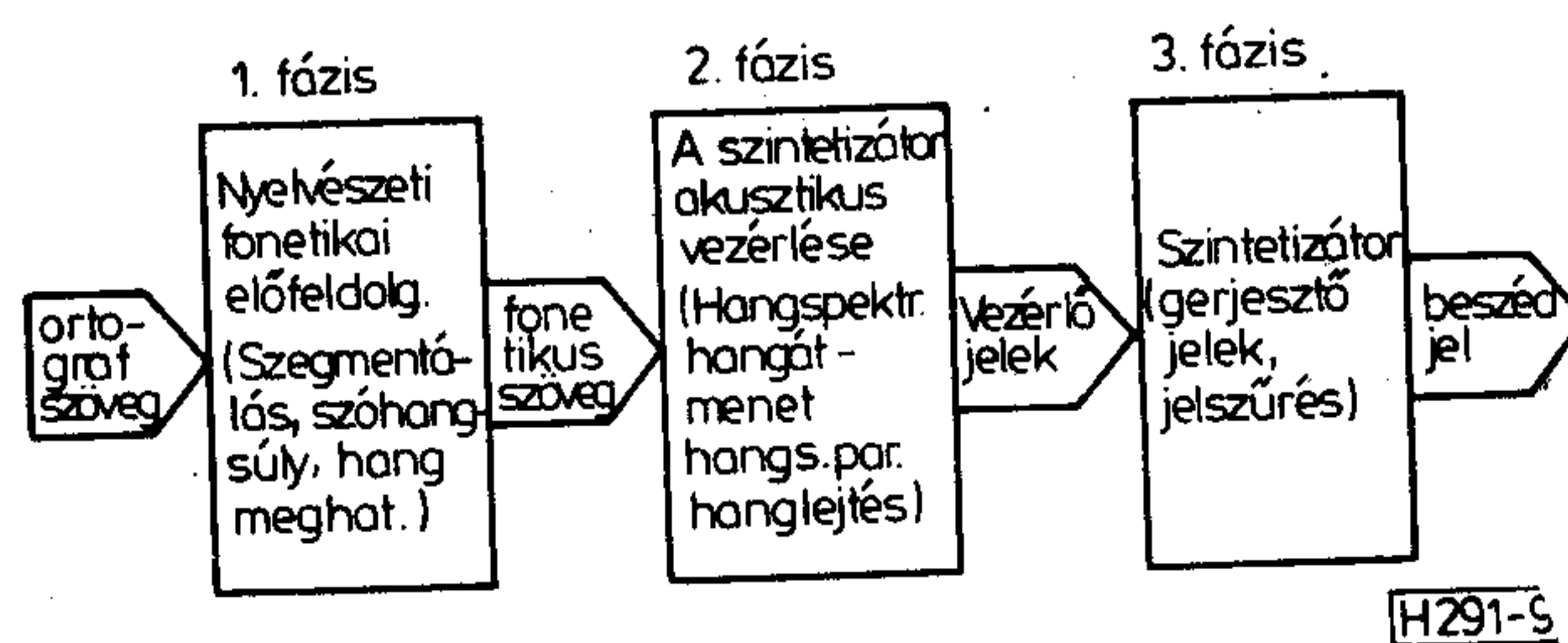
Félig-szintetizáló rendszereket akkor lehet előnyösen alkalmazni, ha a kiadandó szöveg előzőleg ismert, és csak nagyon ritkán fordulnak elő szöveg-változások, mivel minden szöveg-változás nagy mennyiségű manuális előkészítő munkát igényel. Amennyiben gyakorlatilag bármilyen szöveget, amely gyakran változhat, akarunk kiadni, akkor a teljes szintézis a megfelelő rendszer.

4.2 Beszédelőállítás teljes szintézissel

A teljes szintézissel dolgozó rendszerek a beszédjel előállításához nem igényelnek tárolt beszédelemeket, hanem az ortografikusan írt szövegből teljes egészében beszédet tudnak generálni. Ezért ango-



8. ábra. Félig-szintetizáló beszédelőállító rendszer elve



9. ábra. A teljes szintézis alapelve

lul *text-to-speech* rendszereknek nevezik őket. Lényegében három feldolgozási lépést tudunk megkülönböztetni.

A nyelvészeti fázisban lesznek a beadott szövegből kivonva és elemezve a kiejtés számára fontos jellemzők egy átfogó és nyelvspecifikus szabályrendszer segítségével.

A következő fázis tárolja az artikulációs szabályokat és meghatározza a tulajdonképpeni beszédszintetizátor vezérléséhez szükséges vezérlő paramétereket. Itt hozzák létre például a hangátmeneteket, melyeknek lehetőleg természetesen kell csengenüik.

A harmadik fázis állítja végül elő a tényleges beszédjelet a gerjesztő és átviteli függvényből.

Az első jól érthető teljes-szintézisű rendszerek nem régóta vannak a piacon. Már különböző berendezésekben alkalmazzák őket. A teljes szintézist először a testi fogyatékosokat segítő segéd-eszközökben használták fel, elsősorban vakoknak szánt felolvasógépekben. Időközben a teljes szintézist irodai rendszerekben is egyre inkább alkalmazzák, hála a megjavult beszédminőségnek.

5. Kitekintés

A digitális beszédfeldolgozás az elmúlt években nagymértékben szélesítette a kommunikáció lehetőségeit az emberek számára. Mind az emberek közötti, mind az ember-gép kommunikáció terén olyan alkalmazások adódnak, melyek a pusztán

híradástechnikai alkalmazáson túl az információtechnika fontos közegévé teszik az emberi beszédet. A jövőbeli kutatások segíteni fognak, hogy a beszédkommunikációban rejlő információs folyamatot jobban megértsük és ezáltal jobban felhasználhassuk.

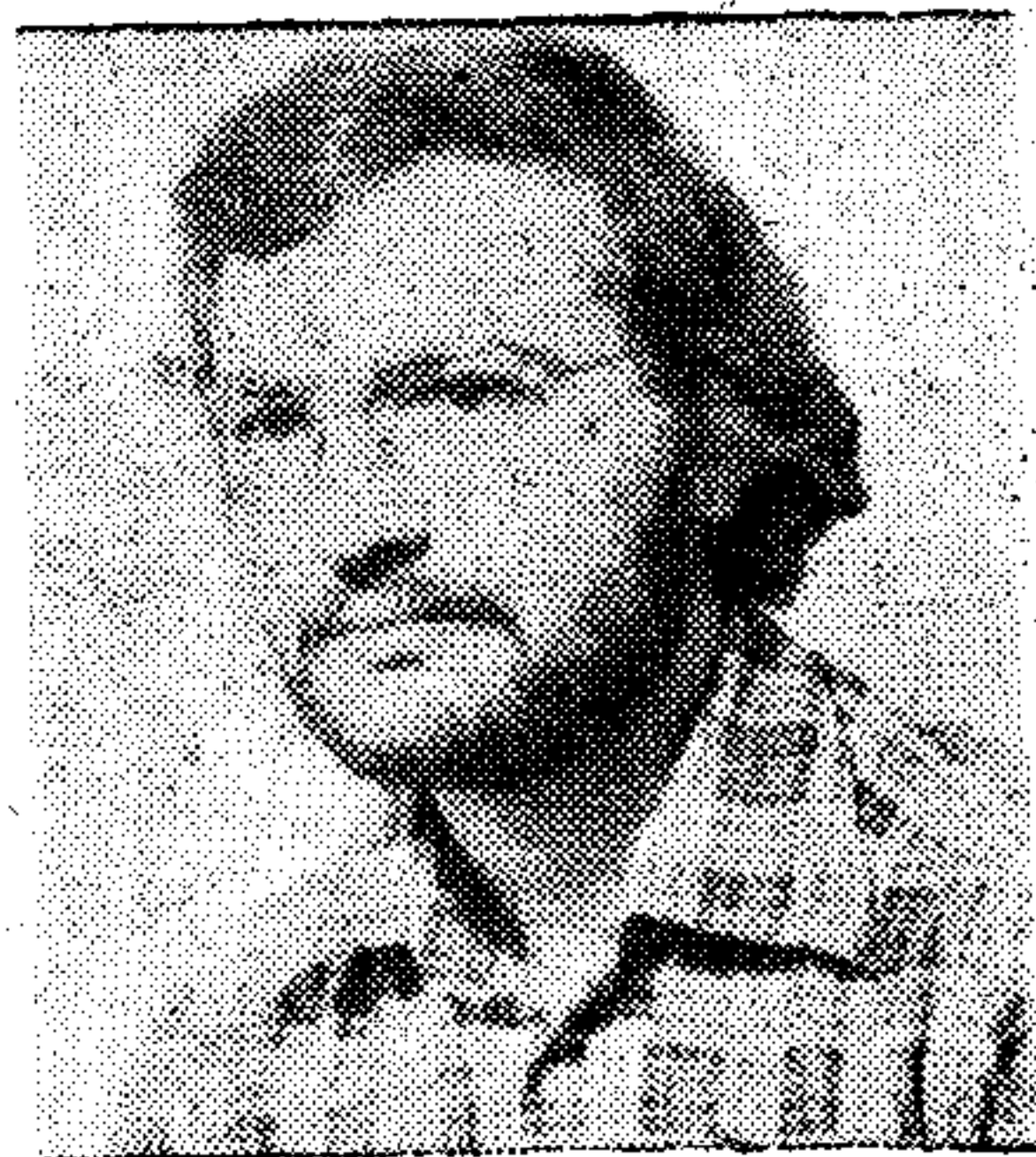
I R O D A L O M

- [1] *R. E. Crochiere, J. M. Tribolet*: Frequency Domain Techniques for Speech Coding, *J. Acoust. Soc. Am.* Dec. 1979 512—530.
- [2] *R. Zelinski*: Ein System zur adaptiven Transformationscodierung mit cepstraler Steuerung und Entropiecodierung, *Frequenz* 36 (1982) 7/8, 193—198.
- [3] *J. M. Tribolet, et. al.*: A Comparison of the Performance of Four Low Bit Rate Speech Waveform Coders, *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 58, March 1979, 699—712.
- [4] *U. Schneider*: Digitale Sprachübertragung mit 9.6 kbit/s über Funkkanäle, *NTG-Fachberichte Bd. 94, Sprachkommunikation*, 1986, 168—173.
- [5] *F. Class, R. Zelinski*: Ein Algorithmus zur Beschleunigung der dynamischen Zeitnormierung für die automatische Spracherkennung, *Fortschritte der Akustik — DAGA 1984, Bad Honnef, DPG-GmbH 1984*, 853ff.
- [6] *F. Class, H. Mangold, R. Zelinski*: Zur Segmentierung bei der automatischen Erkennung von Wortgruppen, *Frequenz* 34 (1980) 5, 142—148.
- [7] *H. Ney*, *Automatic Speech Recognition*, *VDE-Tage 1987, Budapest*
- [8] *H. Mangold*, *Prinzipien und Möglichkeiten der elektronischen Sprachausgabe*, *ED 85, Vol. 1, Network 1985*, 1. 3. 1—17.

Automatikus beszéd felismerés a SPICOS rendszerben

HERMANN NEY

Philips GmbH Kutató Laboratórium, Hamburg



ÖSSZEFOGLALÁS:

Ebben a cikkben a SPICOS rendszerben használt technika kerül bemutatásra. Egy olyan integrált megközelítés az alap, ahol különböző ismeretforrások, mint részszómodellek tára, kiejtési lexikon és nyelvmodell, kombinálódnak a döntési folyamatban az akusztikai felismerés javítása érdekében. A felismerési döntés egy nagy állapot-térben való keresést jelent késleltetett döntésekkel. 5 beszélővel mentek végbe a kísérleti tesztek. Beszélőnként 376 mondatot teszteltek, ami 2584 szó felismerési tesztjét jelenti.

1. Bevezetés

A SPICOS szó a 'Siemens-Philips-Ipo Continuous Speech recognition and understanding' (Siemens-Philips-Ipo folyamatos beszéd felismerése és megértése) helyett áll. A projekt célja egy olyan ember-gép párbeszéd rendszer, amely képes folyamatosan kimondott német mondatokat megérteni és így hanggal történő hozzáférést tesz lehetővé adatbázisokhoz.

A választott adatbázis információkat tartalmaz a SPICOS projektről magáról. Személyi dokumentációs rendszernek lehet tekinteni a belső tevékenységekről és a SPICOS projektbe bevont kutatócsoportok közötti kommunikációról. 200 mondatot választottak ki a rendszer által kezelendő kérdések lefedésére. Hogy egyszerűsítsük a nyelvészeti szerkezeteket, néhány megszorítást vezettünk be: nincs vonatkozó mellékmondat, szenvedő szerkezet, névmások. A szótár 917 teljes szóalakot tartalmaz, amelyek 420 szótóból származnak.

Ebben a cikkben egy, a kimondott szavak akusztikai felismerésére szolgáló módszerről van szó. Úgy sorolható be, mint integrált megközelítés és kísérlet az input beszéd adatok legjobb értelmezésére olyan ismeretforrásokkal használva, mint nyelvmodell, kiejtési lexikon és részszó egységek tára.

2. Statisztikai döntésmélet

Folyamatos beszéd felismerése bonyolultabb feladat, mint izolált szavaké több tekintetből: a szókincs nagyobb, a szavakat kevésbé tisztán ejtik, és a felismerő rendszernek figyelembe kell vennie a mondatok szintaktikai-szemantikai szerkezetét. A következmény az, hogy a felismerő folyamatnak egy nagyobb keresési térben kell mozognia, azaz nagyobb a szavakhoz és mondatokhoz alkotott hipotézisek száma, és magasszintű szin-

HERMANN NEY

Fizikából szerzett diplomát 1977-ben a Göttingeni Egyetemen (NSZK) és elektromérnöki doktori fokozatot 1982-ben a Braunschweigi Műszaki Egyetemen. 1977 óta a Philips Kutató Laboratóriumában dolgozik Hamburgban telefonos beszélő felismerés, digitális jelfeldolgozás, valamint szó-

és beszéd felismerés területén. Tevékenysége olyan adott környezetbeli döntéshozatal alkalmazására koncentrálódik, mint például a nemlineáris időnormálás és nemlineáris simítás. Különösen érdekli a jelfeldolgozás és alakfelismerés matematikai módszereinek alkalmazása iránt. Jelenleg a folyamatos beszéd felismerése kutatási témák felelőse.

taktikai és szemantikai megszorításokkal kell számolnia.

A rendszerfelépítések szisztematikus osztályozására hasznos kritérium az a mód, ahogyan a hipotézisek kétértelműségeit kezelik és a kereső eljárás szervezése [Lea, 1980; Haton, 1982; de Mori, Suen, 1985]. Gyakran a rendszerfelépítést aszerint osztályozzák, hogy a hipotéziseket alulról-fölfelé (bottom-up) vagy fölülről-lefelé (top-down) hozzák létre. Az attributumok eredetileg egy nem-probabilisztikus környezetfüggetlen nyelvtan elemzéséből származnak [Hopcroft, Ullman, 1979].

Az alulról-fölfelé megközelítésben a részszó és szó szintű felismerés a magasszintű komponensektől függetlenül működik, amikor részszó vagy szó hipotéziseket hoz létre. A fölülről-lefelé megközelítésben a magasszintű komponensek előre jósolnak bizonyos részszavakat vagy szavakat a már eddig feldolgozott mondatok, valamint szintaktikai, szemantikai és pragmatikai ismeretek alapján, majd pedig továbbadják ezeket az akusztikai szintnek a hasonlóság kiértékelésére.

A statisztikai döntésmélet szempontjából a probléma a következőképpen néz ki. Azért, hogy minimalizáljuk a hiba valószínűségét, Bayes döntési szabálya alapján [Fukunaga, 1972], a beszéd felismerő feladata meghatározni azt a $w(1), \dots, w(n), \dots, w(N) := w[1:N]$ (nem ismert N hosszúságú) szósort, amely a legvalószínűbben előidézte az $x(1), \dots, x(i), \dots, x(I) := x[1:I]$ mérősort. A Bayes tételt felhasználva a következő formára alakíthatjuk ezt [Jelinek, 1976]: Meghatározandó az a $w[1:N]$ szósort, amely maximálja a

$$Pr(w[1:N]) * Pr(x[1:I] | w[1:N]) - t.$$

Ez a fontos egyenlet megvilágítja a megfigyelt adatok és a rendszer ismeretforrásai közötti kölcsönhatást: a döntés a megfigyelt adatok és a

Fordította: Koutny Ilona

Elhangzott az 1987. máj 6-7-én tartott VDE konferencián.

Híradástechnika XXXVIII. évfolyam, 1987. 5. szám

rendszer ismeretforrásai közötti legjobb kompromisszumra kell hogy vezessen. Az egyenlet egyidejűleg lehetővé teszi, hogy világosan definiáljuk a határt az akusztikai-fonetikai és magasabb-szintű ismeretforrások között.

Az első tag $Pr(w[1:N])$ a $w[1:N]$ szószorozat a-priori valószínűsége. Független az akusztikai megfigyelésektől és a magasabb-szintű ismeretforrások határozzák meg egyértelműen. Más szavakkal a magasabb-szintű ismeretforrások, mint a szintaxis, a szemantika és pragmatika, ekvivalensek minden $w[1:N]$ szószorozat $Pr(w[1:N])$ a-priori valószínűségének a tudásával. Ezeket az ismeretforrásokat rendszerint nyelvmodellnek hívják.

A második tag $Pr(x[1:I] | w[1:N])$ az $x[1:I]$ sorozat megfigyelésének feltételes valószínűsége, ha a $w[1:N]$ szószorozat lett kiejtve. Ennek tükröznie kell az akusztikai-fonetikai és lexikai ismeretforrásokat. Amennyiben a nyelv és az akusztikai fonetika valószínűségfüggvényei adottak, elvileg lehetséges kiértékelni minden egyes $w[1:N]$ szószorozat esetében a $Pr(w[1:N]) * Pr(w[1:N] | x[1:I])$ -t és meghatározni közvetlenül a legvalószínűbb szószorozatot.

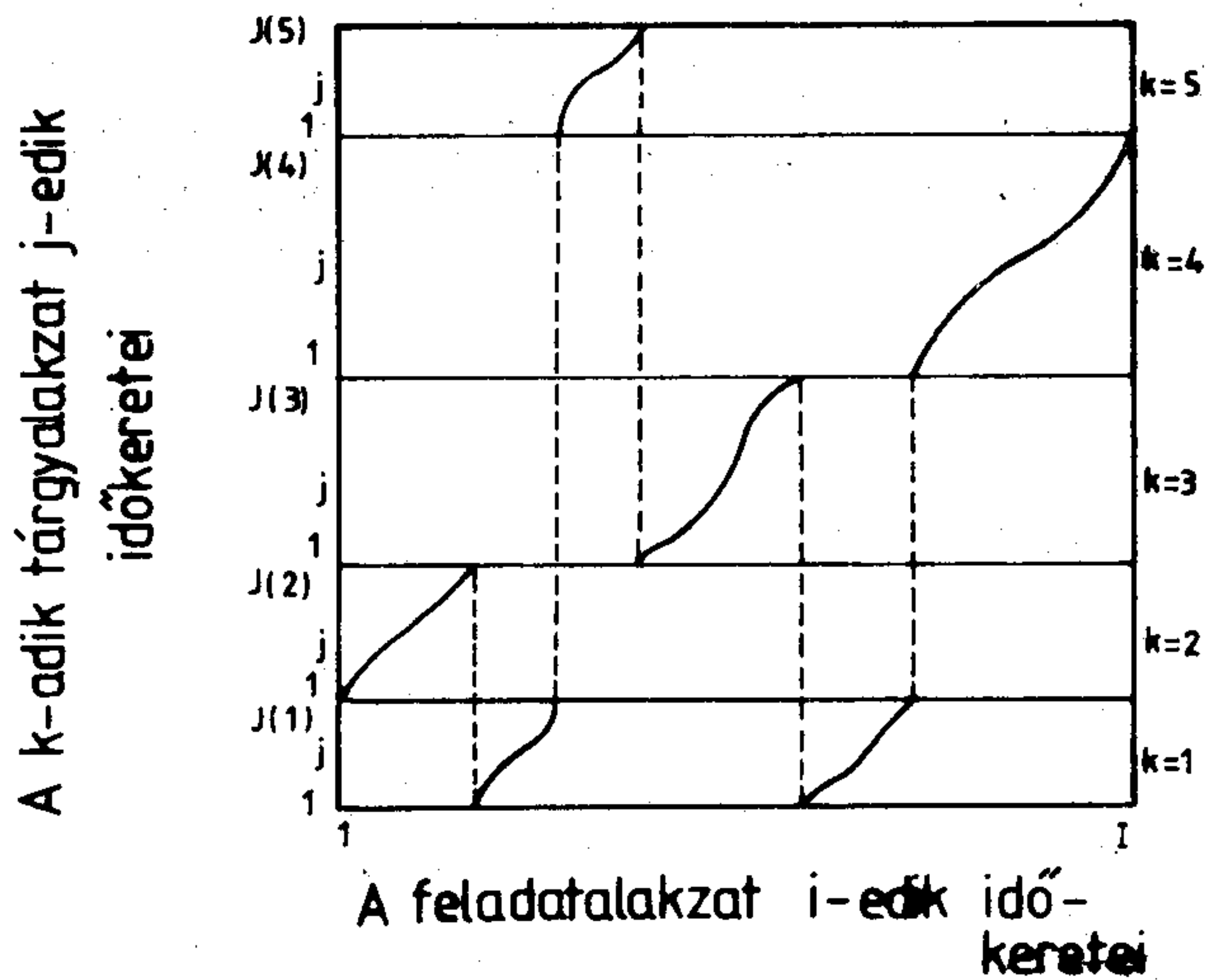
A statisztikai döntésmélet szempontjából a megkülönböztetés top-down és bottom-up megközelítés szerint irreleváns. A kereső eljárás a lényeges a leghasonlóbb szószorozat megtalálására. A továbbiakban olyan modelleket és megközelítéseket tárgyalunk, melyek kiszámolják a nyelvi modellek feltételes valószínűségeit és a-priori valószínűségeit, valamint elvégzik az optimalizálást.

3. Egylépéses algoritmus

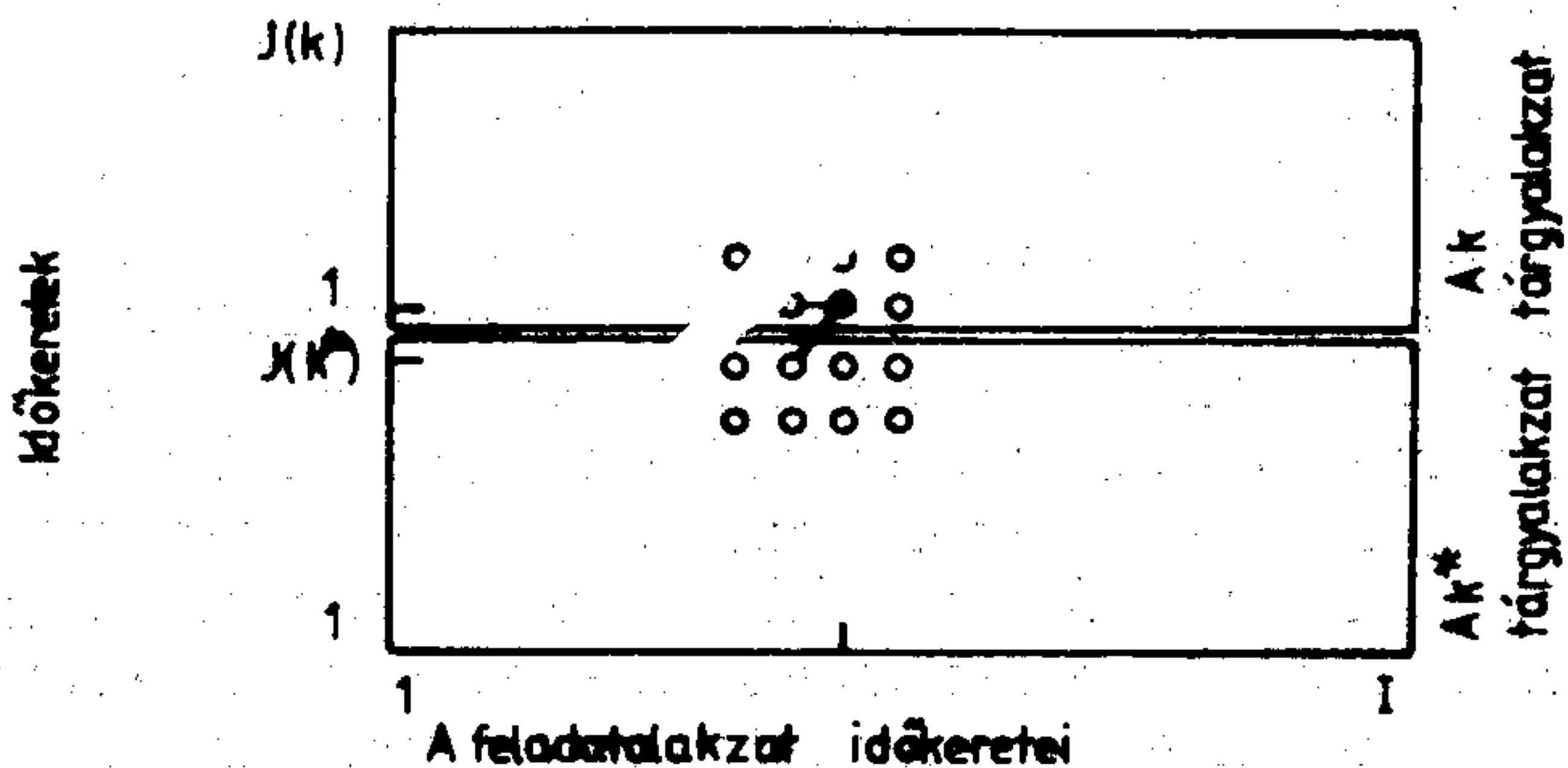
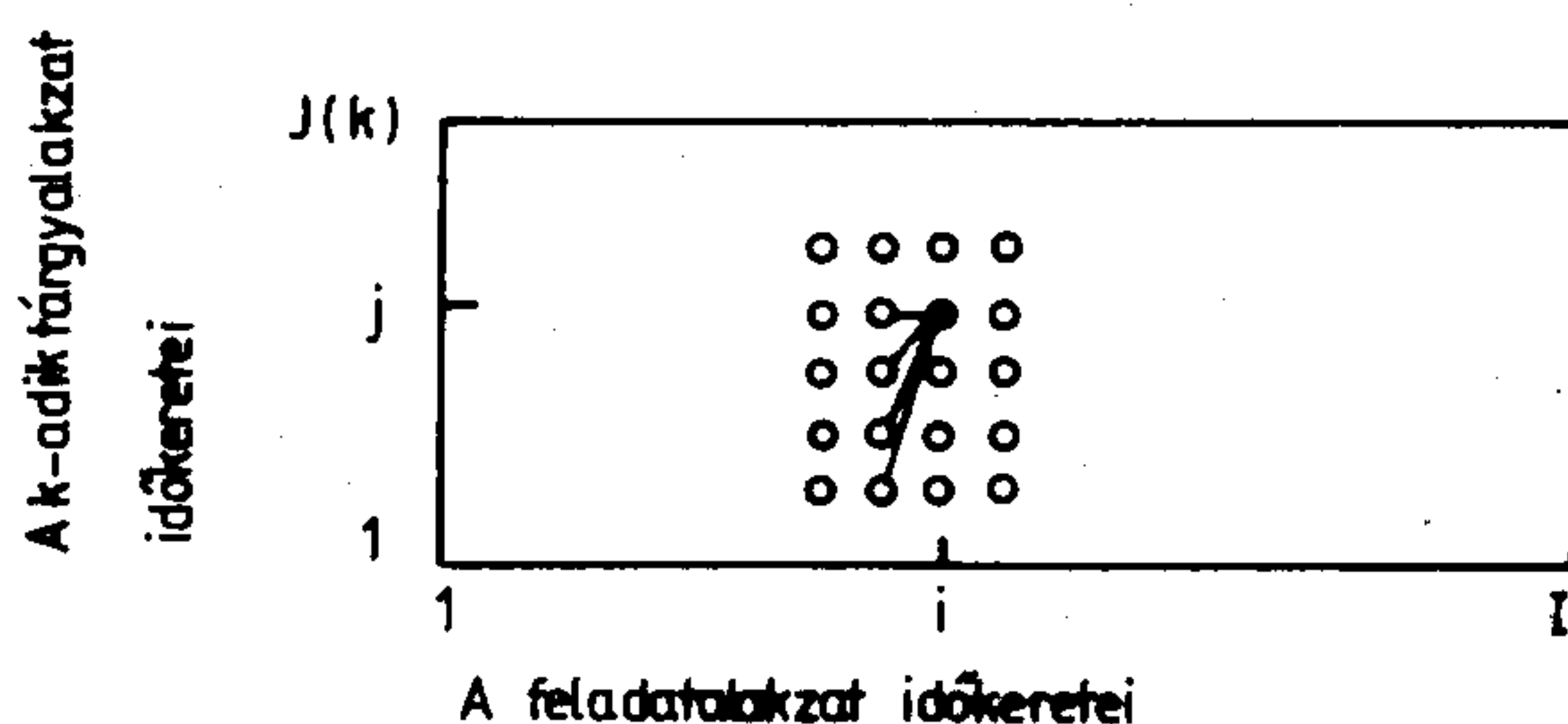
Ebben a részben egy dinamikus programozási algoritmus kerül bemutatásra, mely zárt alakban kínálja a megoldást nemlineáris időnormálás, szóhatár-meghatározás és szóazonosítás összefüggéseinek a kezelésére folyamatos beszéd felismerésében [Ney, 1984; Bridle, Brown, Chamberlain, 1982; Vintsyuk, 1971]. Ez az algoritmus lehetővé teszi, hogy a 2. részben bemutatott feltételes valószínűséget kiszámoljuk.

Az ismeretlen bemenő vagy tesztminta $i = 1, \dots, I$ időablakból áll, mindegyiket egy $x(i)$ akusztikai vektor reprezentál. Azt tudjuk, hogy a bemenő minta egyedi szavakból áll, melyeket az adott szótárból választottunk. A szótár szavai megfelelnek egy K referenciamintából álló halmaznak. A szómintákat k -val indexeljük, $k = 1, \dots, K$. Minden k mintát egy véges állapotú gép modellál [Baker, 1975a, b; Jelinek, 1976], melynek $j = 1, \dots, J(k)$ állapota lehet. Az alapötletet az 1. ábra illusztrálja.

A tesztminta i időablaka és minden k referenciaminta j állapota egy (i, j, k) rácsponthalmazzal definiál. Mindegyik (i, j, k) rácsponthoz létezik egy $d(x(i) | j, k)$ lokális távolságmérték, amely az i -edik tesztablak $x(i)$ vektorának a lokális távolsága a k -adik referenciaminta j -edik állapotának a referenciavektorától. Valószínűségi keretben ez a kibocsátási valószínűség sűrűségfüggvényének a



H292-1a



H292-1b

1. ábra

negatív logaritmusát jelenti. Ezenkívül számolni kell az időtorzítás 'büntetés'-eivel (Penalties), melyeket úgy kell érteni és kiszámolni, mint az átmeneti valószínűségek negatív logaritmusát. A $T(j|j', k)$ azt a büntetést jelenti, amikor a k -adik minta j' -edik állapotából a j -edik állapotába megyünk. A kapcsoltzavas felismerés nem más, mint az (i, j, k) rácspontok halmazában annak az útnak a megtalálása, amely a legjobb illeszkedést szolgáltatja a tesztminta és a referenciaszavak ismeretlen sorozata között (1a ábra).

A végesállapotú modell következtében bizonyos folyamatossági megszorítások vagy átmeneti szabályok érvényesek az (idő, állapot) pontok hálóján keresztül vezető útra. Célszerű különbséget tenni az átmenetek két típusa között, ahogy ezt az 1b ábra mutatja: átmenetek a szómintán belül és átmenetek a szóminták határánál. Hogy a dina-

mikus programozás technikáját alkalmazhassuk [Ney, 1982], definiáljuk, a $D(i, j, k)$ minimális kumulatív távolságot az (i, j, k) rácsponthalmazban bármely útra. Szó belsejében rekurziót kell alkalmazni minden $k=1, \dots, K$ -ra és $j=1, \dots, J(k)$ -ra:

$$D(i, j, k) = d(x(i)|j, k) + \min \{D(i-1, j', k) + T(j|j', k) : j' = 0, \dots, j\}$$

Hogy ki tudjuk számolni a szavak közötti átmenetet, bevezetünk egy további mesterséges rácspontot, $(i, 0, k)$ -t, melyet egy adott i időpontban az összes (i, j, k) rácspont ($k=1, \dots, K$ és $j=1, \dots, J(k)$) feldolgozása után értékelünk ki:

$$D(i, 0, k) = \min \{D(i, j(k'), k') : k' = 1, \dots, K\}$$

Általában a büntetéseket úgy modellálják, hogy csak az átviteli szélességtől függjenek: $T(j|j', k) = T(j-j')$. A rekurzív kiértékelés az összes referenciaszóra egy lépésben megy végbe. A megvalósítás három hurkot igényel; egyet a bemenő ablakoknál, egyet a referenciaszavaknál és egyet minden referenciaszó ablakaira. Az utolsó input ablak feldolgozása után úgy jön létre az optimális út, hogy visszamegyünk az egyes helyi optimalizáló lépések optimális döntéseire. Így határozzuk meg, hogy a szószorozat melyik mintával illeszkedik a legjobban.

4. A nyelvmodell megszorításai

A 2. részben bevezetett nyelvmodell olyan komplex felismerési feladathoz kapcsolódik, ahol nincs közvetlen függés a szótár méretével. A továbbiakban avval egyszerűsítjük a nyelvi modellt, hogy feltesszük, hogy minden mondat egyformán valószínű. Egy lehetőség arra, hogy a felismerési feladat komplexitását, más szóval a magasszintű tudásforrások megkövetelte megszorítások fokát mérjük, az ún. elágazási faktor vagy bonyolultság, mely azon szavak átlagos számát adja meg, melyek egy megengedett mondatban valamely szó után következhetnek. Ha minden megengedett mondat egyformán valószínű és a nyelvi bonyolultság p , akkor egy adott n -hosszúságú mondatból összesen p^n különböző van. Ezeket a megszorításokat leírhatja egy véges állapotú háló [Jelinek, 1976]. A hálóban minden út legális mondathoz vezet. Bár a folyamatos beszéd felismerése esetében a szótár 1000 vagy még több szót tartalmaz, egy adott állapotnál a választható szavak átlagos száma jóval kisebb, rendszerint 10 és 100 között van. Ilyen tekintetben a folyamatos beszéd felismerése könnyebb feladat lehet, mint számsorozatok felismerése, ha a bonyolultság kisebb, mint 10. A SPICOS feladatra kifejlesztett nyelvmodell [Mergel, 1986] bonyolultsága 58. A háló 368 csomópontból és 3481 átmenetből áll.

A nyelvi megszorításokat a következőképpen lehet beültetni a dinamikus programozás algoritmusába. A véges állapotú hálót úgy írjuk le, hogy minden k szóátmenetre megadjuk a $b(k)$ kezdeti csomópontot és $e(k)$ végpontot:

$b(k)$ = az a csomópont, ahol k kezdődik
 $e(k)$ = az a csomópont, ahol k befejeződik.

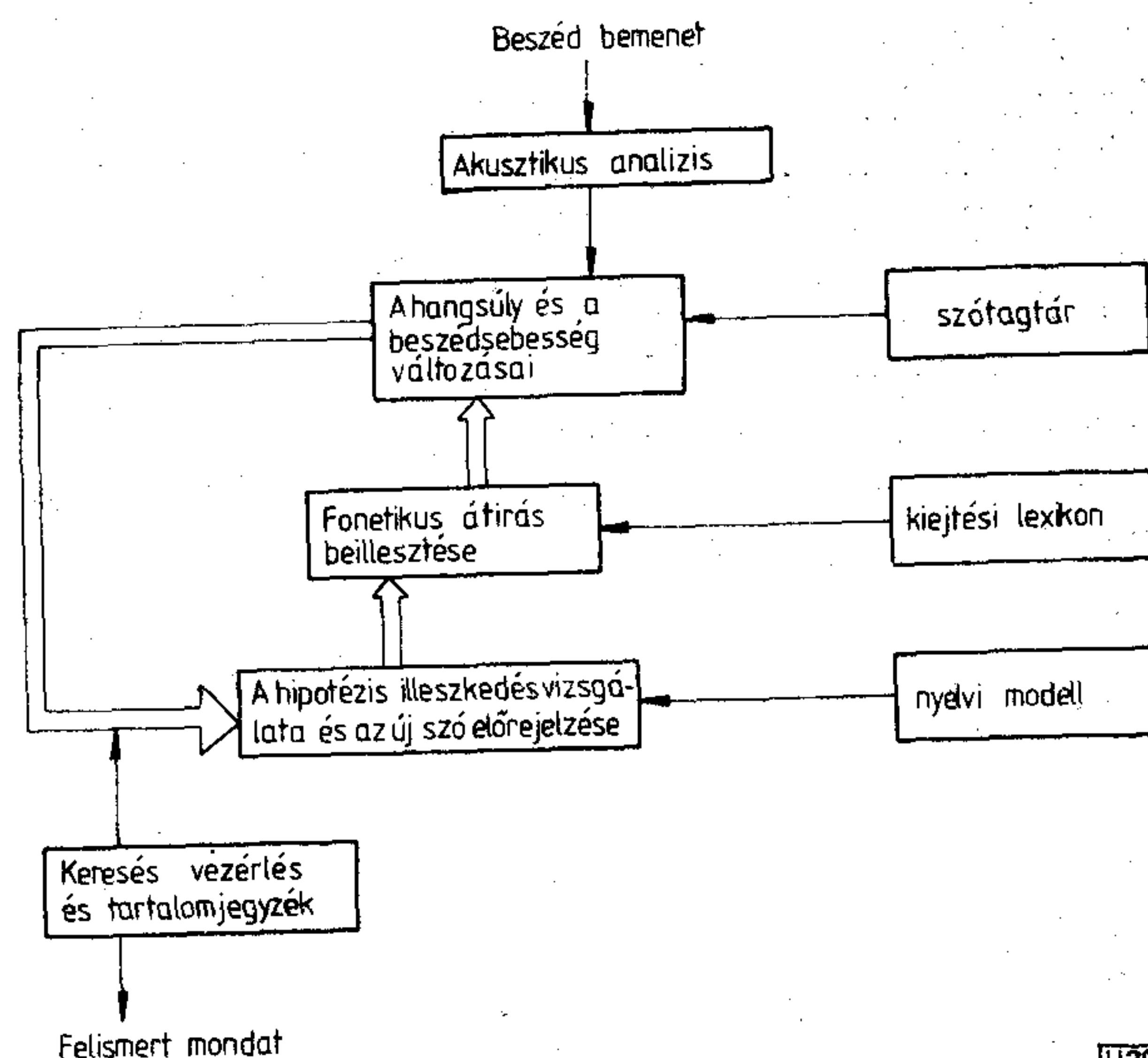
Általában ugyanannak az akusztikai szónak több példányára van szükség, hogy lefedhessük azt a változatos szintaktikai környezetet, ahol a szó előfordulhat. A dinamikus programozás rekurziója ugyanaz marad a szó belsejében, mint azt a 3. részben leírtuk. Miután egy adott i időpillanatra az összes (i, j, k) rácspont fel lett dolgozva, ki kell számolni a legjobb, szintaktikai csomópont-hoz vezető utat, ezután lehet kezdeni egy k újszóátmenetet, melyet a következő egyenlet fejez ki:

$$D(i, 0, k) = \min \{D(i, J(k'), k') : k', \text{ ahol } e(k') = b(k)\}$$

5. Az integrált megközelítés kereső eljárása

A dinamikus programozási egyenletek alapvető problémája az, hogy az ismeretforrások által definiált állapottérben a teljes keresés elriasztó. A nyelvi modellnek két ellentétes hatása van. Egyrészt a szóátmenetek száma és hogy az egész kereső tér nagyobb, mint nyelvi megszorítások nélkül. Másrészt a nyelvmodell szigorú megszorításokat kényszerít a 'legális' szószorozatokra. Ezért olyan kereső algoritmust alkalmazunk, amely megpróbálja hatékonyan kihasználni a nyelvi megszorításokat és csak a keresőtér 'releváns' területein kiértékelni a fenti dinamikus programozási egyenletet.

A 2. ábra a kereső eljárás egyfajta megszervezését mutatja be. A három szintű hierarchia a nyelvmodellből, a kiejtési lexikonból és a részszavak tárából áll, melyek véges állapotú gépekként modellálhatók [Boulard et al., 1985; Ney, Mergel, Marcus, 1986]. Ez a három szint elkülönül, csak a kereső eljáráson keresztül tudnak kapcsolatba lépni. Elméletileg a keresés dinamikus programozás, ahol a keresés a leghasonlóbb hipotézisre korlátozódik. Mindezért a nagy, mintegy 200 000 állapotú kereső tér miatt speciális szervezés kell, hogy csökkenteni lehessen a költségeket és a tároló kapacitást. Mivel a kereső eljárás mindegyik tudásforrást használja, ezt a technikát integrált meg-



2. ábra

H292-2

közelítésnek hívjuk. Hasonló, globális felismerésre alapozott rendszerek az IBM-rendszer [Jelinek, 1985], a BBN-rendszer [1986], a Vintsyuk által kifejlesztett rendszer [1982]. a Bell laboratórium repülőjegy-rendelő rendszere [Rabiner, Levinson, 1981], a DRAGON-rendszer [Baker, 1975a] és a HARPY-rendszer [Lowerre, 1976].

6. Kísérleti eredmények

Kísérleti tesztek egy 5 beszélővel létrehozott adatbázissal végeztünk. Minden beszélőnek 1—3 alkalommal be kellett mondani a 200 SPICOS mondatot folyamatosan, azaz szavak közti szünet nélkül. A felismerési tesztek a 200 SPICOS mondatból 188-on hajtottuk végre. 188 mondatra a szófelismerési tesztek száma 1292 volt.

A beszélőfüggő fonémamodellek 200 mondatból származnak, amelyeknek a szókinca nem egyezik meg a SPICOS-éval. Ezek az ún. Sotschek mondatok jellemzőek a német nyelv fonéma eloszlására és összesen 4860 fonémát tartalmaznak. Az átfedés a felismerő szótárral mindössze 51 szó volt, amelyek főként a nyelv nyelvtani szavai voltak, mint névelők és előljárók.

A szóhiba-arány sokban függ a beszélőtől. A rendszer jelenlegi verziójában a szóhiba-arány 8 és 20% között mozog beszélőtől függően. A szóhibák eloszlása a mondatban nem egyforma, hanem inkább csoportokat alkot. A felismerési kísérletekben az algoritmus által átvizsgált terület az egész lehetséges keresőtérnek csak 2—5%-a, ami tipikusan 50—200 MIPSS-et (= másodpercenkénti millió utasítás) jelent.

Az itt leírt munkát egy kapcsolódó Siemens-Philips-IPO (Eindhoven) projekt keretében végeztük és a Német Szövetségi Kutatási és Technológiai Minisztérium (BMFT) támogatta a 413-5839-ITM 8401 sz. hozzájárulással. Csak a szerző felelős a publikáció tartalmáért.

I R O D A L O M

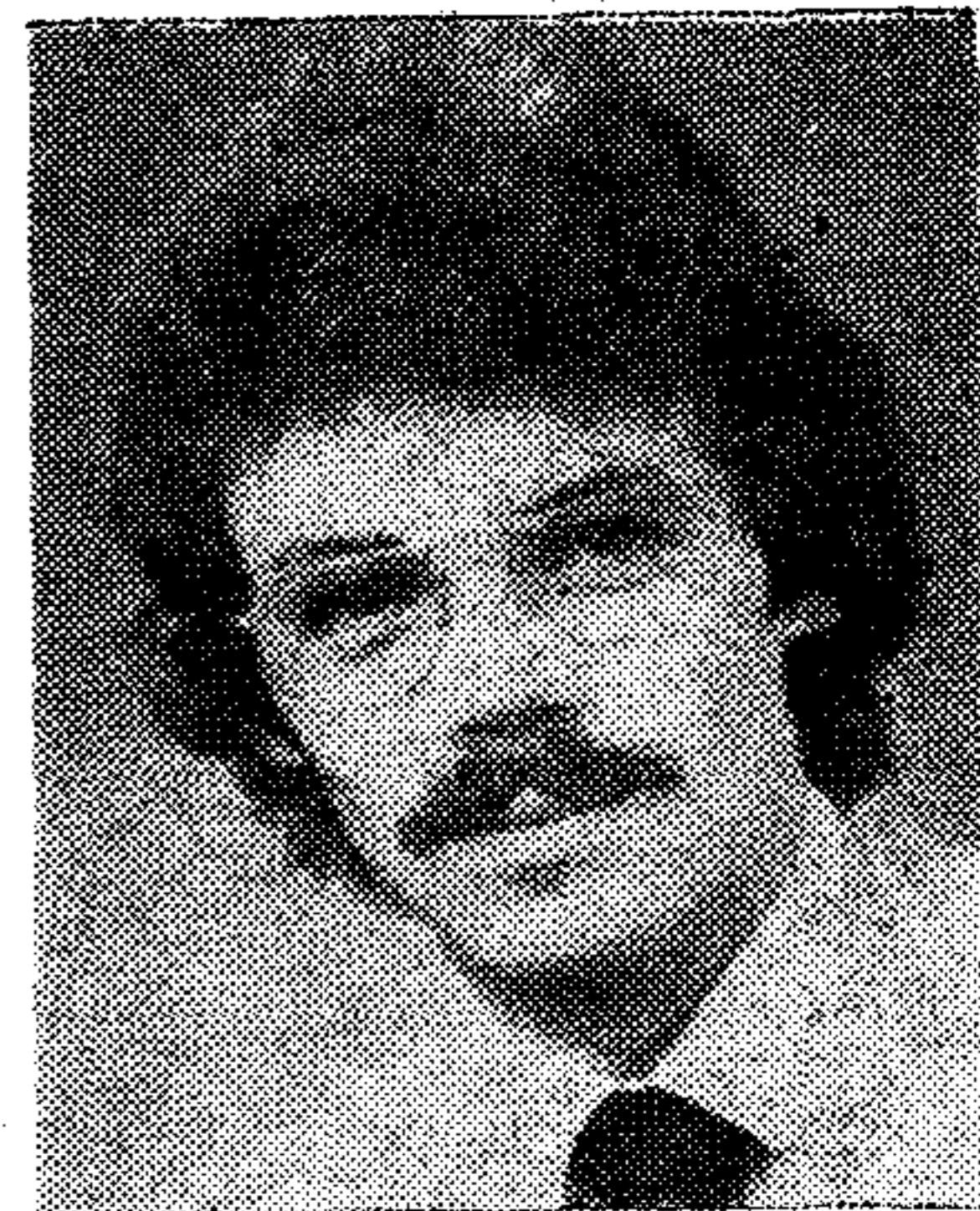
- [1] J. K. Baker, (1975a): „The DRAGON System — An Overview”, IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. ASSP-23, No. 1, pp. 24—29, February 1975.
- [2] J. K. Baker (1975b): „Stochastic Modeling for Automatic Speech Understanding”, in D. R. REDDY (ed.): 'Speech Recognition', Academic Press, New York, pp. 512—542, 1975.
- [3] H. Bourlard, Y. KAMP, H. Ney, C. J. Wellekens (1985): „Speaker Dependent Connected Speech Recognition via Dynamic Programming and Statistical Methods”, in M. R. Schroeder (ed.): 'Speech and Speaker Recognition', Karger, Basel, pp. 115—148, 1985.
- [4] J. S. Bridle, M. D. Brown, R. M. Chamberlain (1982): „An Algorithm for Connected Word Recognition”, Proc. 1982 IEEE Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Paris, France, pp. 899—902, May 1982.
- [5] Y. L. Chow, R. Schwartz, S. Roucos et al. (1986): „The Role of Word-Dependent Coarticulatory effects in a Phoneme-Based Speech Recognition System”, Proc. 1986 IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Tokyo, Japan, pp. 30.9.1—4, April 1986.
- [6] K. Fukunaga (1972): „Introduction to Statistical Pattern Recognition” Academic Press, New York, 1972.
- [7] J.—P. Haton (ed.) (1982): „Automatic Speech Analysis and Recognition” Nato Advanced Study Institute Series, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1982.
- [8] J. E. Hopcroft, J. D. Ullman (1979): „Introduction to Automata Theory, Languages and Computation” Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts 1979.
- [9] F. Jelinek (1976): „Continuous Speech Recognition by Statistical Methods”, Proc. of the IEEE, Vol. 64, No. 10, pp. 532—556, April 1976.
- [10] F. Jelinek (1985): „The Development of an Experimental Discrete Dictation Recognizer”, Proc. of the IEEE, Vol. 73, No. 11, pp. 1616—1624, Nov. 1985.
- [11] W. A. Lea (ed.) (1980): „Trends in Speech Recognition” Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980.
- [12] B. T. Lowerre (1976): „The Harpy Speech Recognition System”, Ph. D. Thesis, Carnegie Mellon University, Dept. Computer Science, Pittsburgh, Pennsylvania, April 1976.
- [13] R. De Mori, C. Y. Suen (ed.) (1985): 'New Systems and Architectures for Automatic Speech Recognition and Synthesis', Proc. of the NATO Advanced Science Institute held at Bonas, Gers, France July 1984, Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- [14] D. Mergel (1986): „A Language Model for Spoken German Data Base Queries”, Int. Conf. on 'Speech Input/Output: Techniques and Applications', London UK, pp. 9—14, March 1986.
- [15] H. Ney (1982): „Dynamic Programming as a Technique for Pattern Recognition”, Proc. 6th. Int. Conf. on Pattern Recognition, Munich, Germany, pp. 1119—1125, Oct. 1982.
- [16] H. Ney (1984): „The Use of a One-Stage Dynamic Programming Algorithm for Connected Word Recognition”, IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal, Vol. ASSP-32, No. 2, pp. 263—271, April 1984.
- [17] H. Ney, D. Mergel, S. M. Marcus (1986): „On the Automatic Training of Phonetic Units”, IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. ASSP-34, pp. 209—213, Jan.-Feb. 1986.
- [18] L. R. Rabiner, S. E. Levinson (1981): „Isolated and Connected Word Recognition — Theory and Selected Applications”, IEEE Trans. on Communications, No. 5, Vol. COM-29, pp. 621—659, May 1981.
- [19] T. K. Vintsyuk (1971): „Element-wise Recognition of Continuous Speech Composed of Words from a Specified Dictionary”, Kibernetika (Cybernetics), Vol. 7, No. 2, pp. 133—143, March-April 1971.
- [20] T. K. Vintsyuk (1982): „Speech Recognition and Understanding”, Kibernetika (Cybernetics), Vol. 18, No. 5, pp. 101—105, Sept.-Oct. 1982.

Hibrid áramkörök layout-tervezésének számítógépes támogatása

WOLFGANG ROSSMANN

Müncheni Műszaki Egyetem

Hálózatelméleti és Kapcsolástechnikai Tanszék



WOLFGANG
ROSSMANN

ÖSSZEFOGLALÁS:

A cikk áttekinti a hibrid áramkörök layout tervezésénél alkalmazott számítógépes támogatás lehetőségeit. A különböző tervezési lépésekre kidolgozott algoritmusokat és módszereket veszi sorra: az elemtervezés, az interaktív elhelyezés és huzalozás, az automatikus huzalozás, a tömörítés és az automatikus maszkelóállítás területeit tárgyalja. Egy olyan szisztematikus adatgyűjtést ír le, amely különösen a vastagréteg áramköröknél előnyös. Az alkalmazási lehetőségeket példákkal illusztrálja.

A hibrid technológia jelentősége

A bonyolult nyomtatott áramkörök, valamint a mindjobban előrenyomuló monolit integrált áramkörök — gate-array és berendezésorientált áramkörök — tervezéséhez rendelkezésre álló kiforrott technika ellenére, egy állandóan növekvő igény mutatható ki a hibrid áramkörök iránt. Különös jelentőséggel bír itt a vastagréteg technológia, amely a nyomtatott áramkörök és a monolit technológia közötti összekötő kapocsként mindkét eljárás előnyeit összehasonlítható, ill. valamivel csekélyebb haszonnal egyesíteni igyekszik [1].

Ebben a technológiában többnyire egy kerámia hordozóra vezetkeztést és passzív építőelemeket (ún. réteg elemeket) együttesen visznek fel. Ezután előre elkészített miniatűr alkatrészeket helyeznek be: ezzel a valódi hibrid áramkör létrejön. Vastagréteg technológiával, amelynél a pasztákat szitanyomásos eljárással viszik fel és kiegészítik, 100 μm -ig realizálhatók áramkörök. Ez a határ a vékonyréteg technológiánál, amelynél fotolitografikus eljárást alkalmaznak, 10 μm -nél van.

Mindkét technológiát széleskörűen alkalmazzák a teljesítményelektronikától a mikrohullámú technikáig.

A hibrid áramkörök nagy flexibilitásukkal tűnnek ki. A legkülönbözőbb technológiák és alkalmazások (analóg, digitális) elemei kombinálhatók. Kis sorozatok viszonylag gyorsan és olcsón állíthatók elő és középüzemek is rendelkezhetnek saját hibridgyártással.

A layout-gyártás tervezési lépései

A logikai kapcsolási rajzot a tervező mérnök (többnyire manuálisan) teszi át a kapcsolat *fizikai* leképezésébe, a layout-ba. Ezen layoutok különböző

A Müncheni Műszaki Egyetem Híradástechnika szakon okleveles mérnök lett 1978-ban. 1979-ben nyerte el a Master of Science fokozatot a számítástechnikai tudományokban a Californiai Egyetem Davis-ben levő ta-

gozatán. 1980 óta akadémiai tanácsos Rudolf Saal egyetemi tanárnál a Müncheni Műszaki Egyetem Hálózatelméleti és Kapcsolástechnikai Tanszékén. Munkaterülete: a számítógéppel segített layout-tervezés algoritmusai, és ezek alkalmazása a tanszéki hibrid-mikroelektro-nikai laborban.

síkjai — a kapcsolást alkotó rétegek és elemek síkszerű kiterítése és elrendezése — tartalmazzák a maszkok és ezáltal a kívánt kapcsolat gyártásához szükséges lényeges információkat (1. ábra).

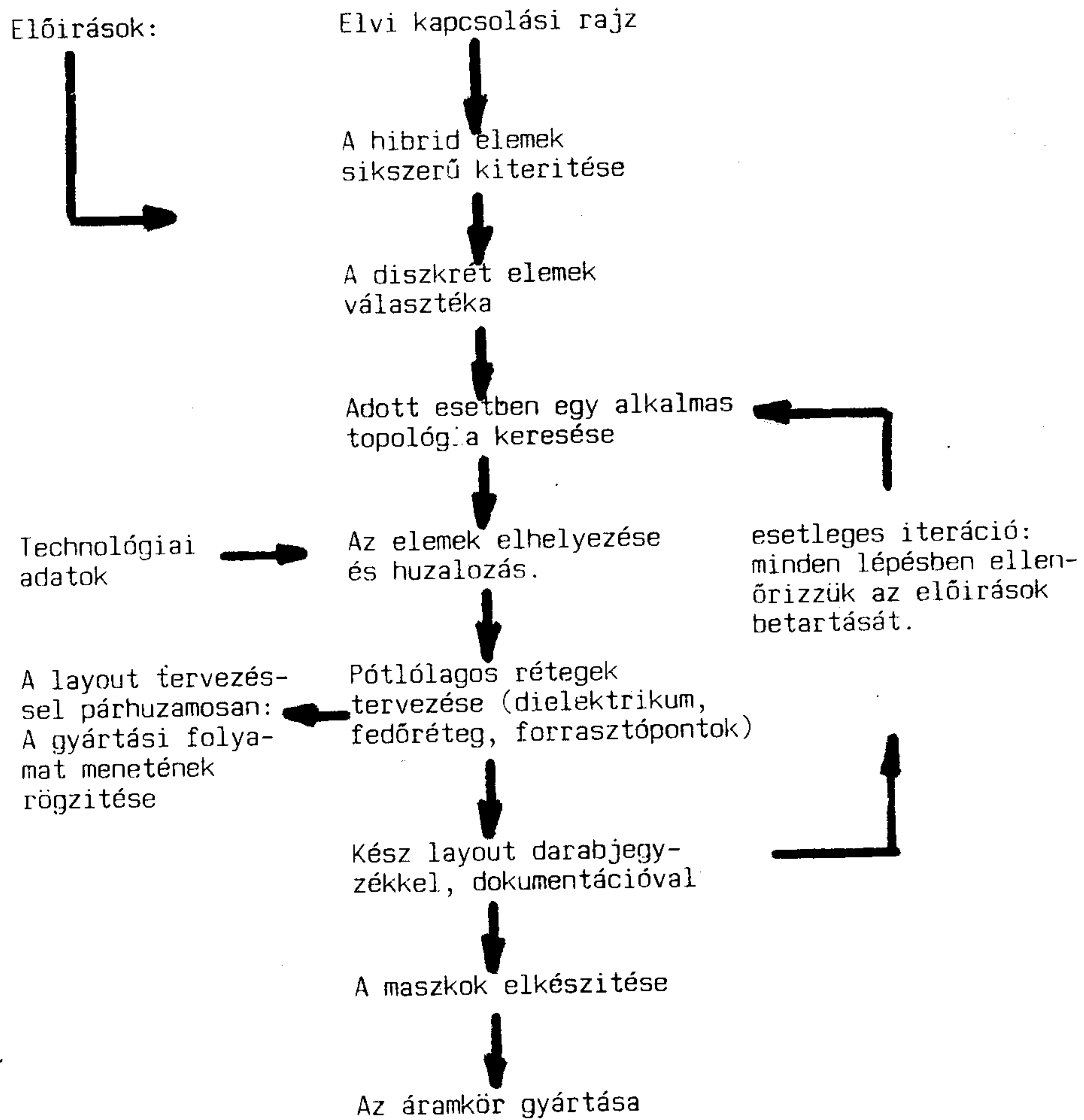
Nyomtatott áramkörök és monolit integrált áramkörök fejlesztésénél ma már a számítógéppel támogatott tervezés eszközeitől nem tekinthetünk el. A hibrid áramkörök layout tervezésénél más a helyzet. Itt (legalábbis az ipari alkalmazásoknál) a számítógépes támogatás technikája még kevésbé érett. Mindazonáltal a tervező munkája az egyes tervezési lépésekre kidolgozott számítógépprogramokkal lényegesen megkönnyíthető, felgyorsítható és hibamentessé tehető. A következőkben néhány lehetőséget mutatunk be.

Elemtervezés

Mielőtt az elvi kapcsolási rajz layout-ját elkészítenénk, meg kell határoznunk az egyes diszkrét elemek geometriai alakját. Különösen a rétegellenállásokra kell több gondot fordítanunk. A formát és méretet az ellenállás értéke, a pontosság, a disszipálható teljesítmény, a hangolhatóság és a hosszúidejű stabilitás nagymértékben befolyásolja. Csak az ellenállás jellemzőit befolyásoló összes technológiai hatás figyelembevételével kaphatunk reprodukálható eredményeket. A fajlagos pasztaellenállás, amely az ellenállásértéket meghatározza, a gyakorlatban lényegesen függ az ellenállás geometriájától (formától és abszolút nagyságtól), a hordozó, és a paszta anyagától. Az ellenállás számításakor a legjobb eredményt az itt érvényes nemlineáris összefüggések figyelembevételére a mérési adatok statisztikusan számolt átlagértékei alapján nyerhetjük.

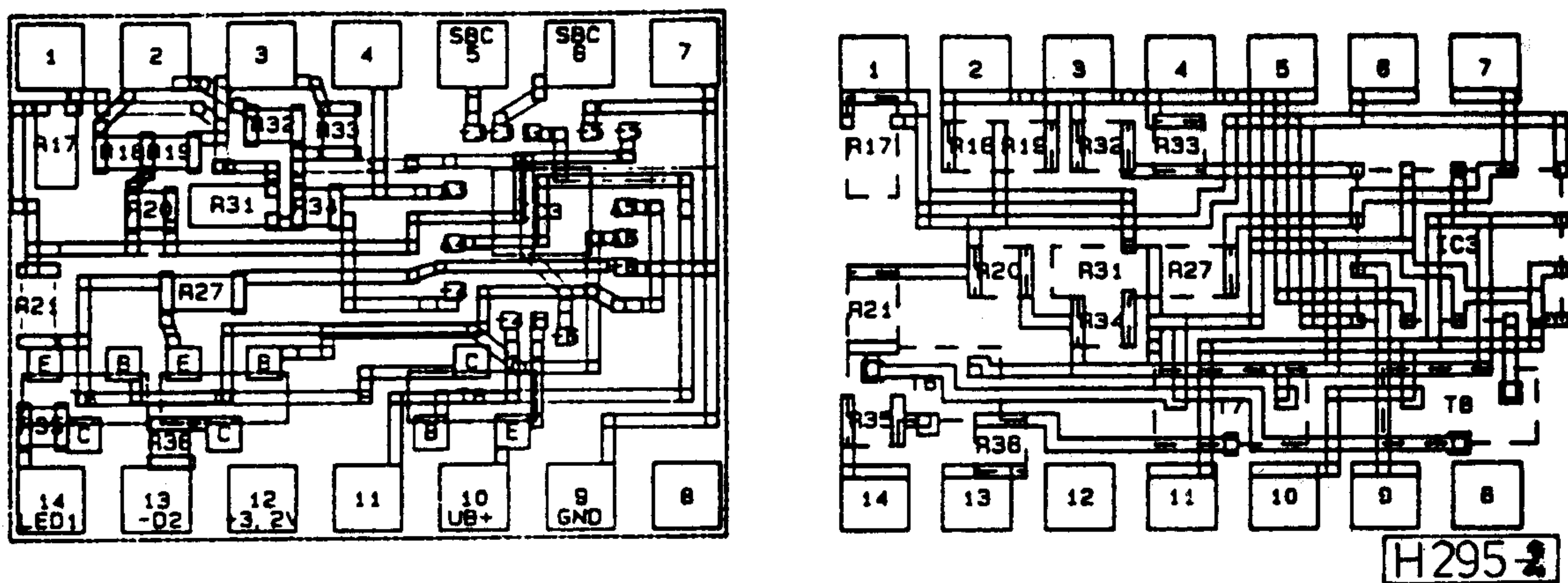
Az anyagok, méretek stb. lényeges kombinációinak reprezentatív választékát, mint tesztmintát legyártjuk, lemérjük és tájékoztató értéként elhelyezzük egy adatbankban. Ezután egy tetszőleges értékű ellenállás tervezésekor az aktuális mé-

Fordította: dr. Gefferth László
Elhangzott az 1987. máj. 6—7-én tartott VDE konferencián



1. ábra.

1. ábra. Vastagréteg áramkör layout-jának tervezési és gyártási fázisai

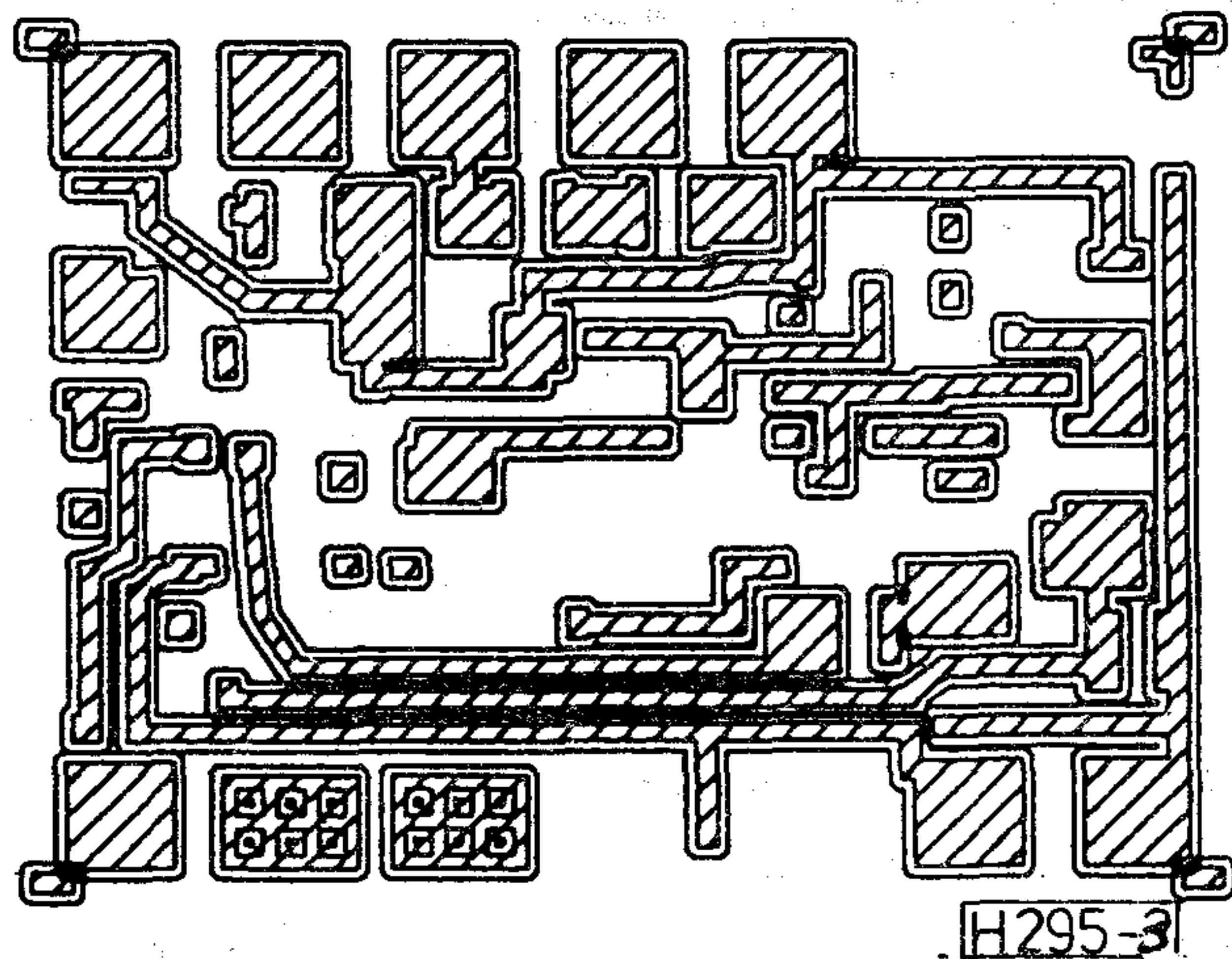


2. ábra. Kézi és automatikus huzalozás összehasonlítása

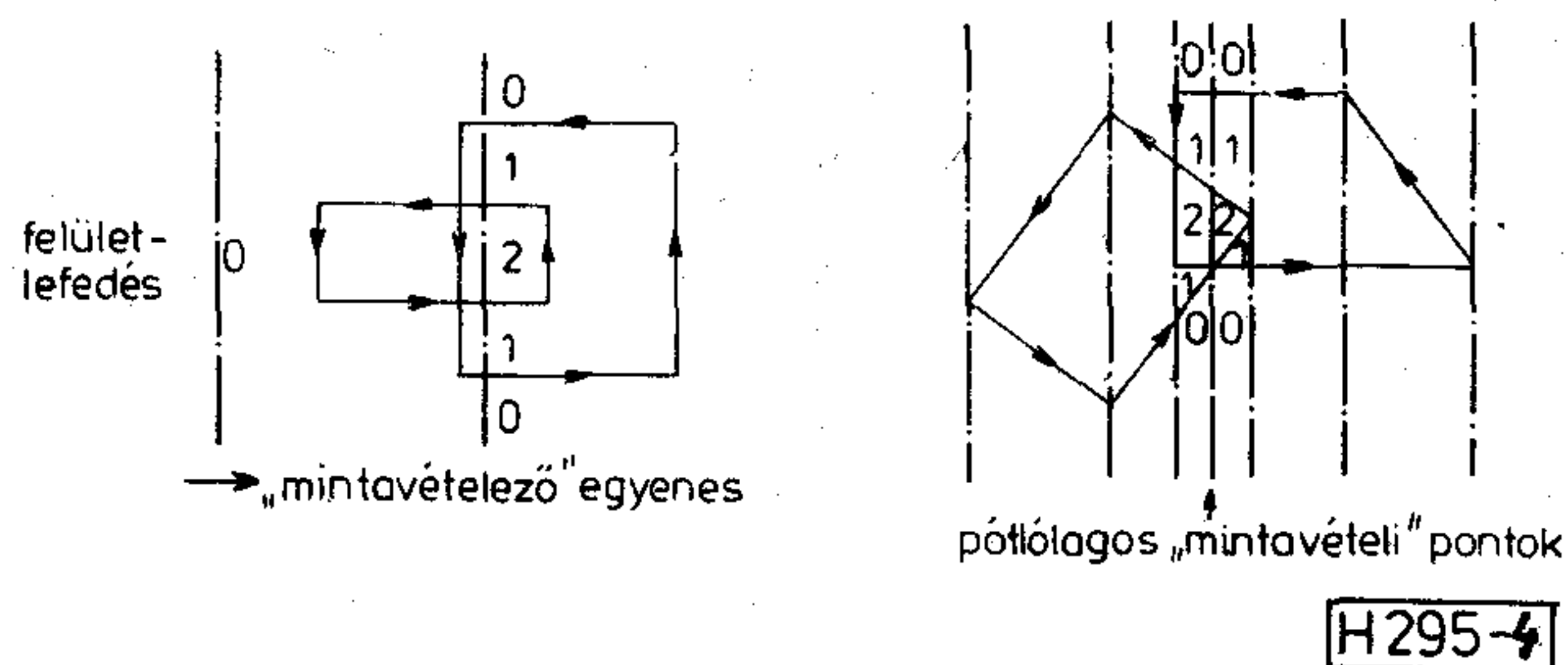
reket a rendelkezésre álló adatokból approximáció segítségével (pl. a hibanégyszetek minimumának beállításával) kaphatjuk meg.

A hangolási karakterisztika, s így a lézeres hangolással elérhető pontosság számítógépes szimulációval szintén előre meghatározható és az ellenállás tervezésénél — mint lényeges kritérium — figyelembe vehető.

Íly módon az ellenállás értékét befolyásoló technológiai hatások előre kiszámíthatók, s ezáltal egy drága újratervezés elkerülhető.



3. ábra. A vezetékek közötti minimális távolság hatásának ellenőrzése



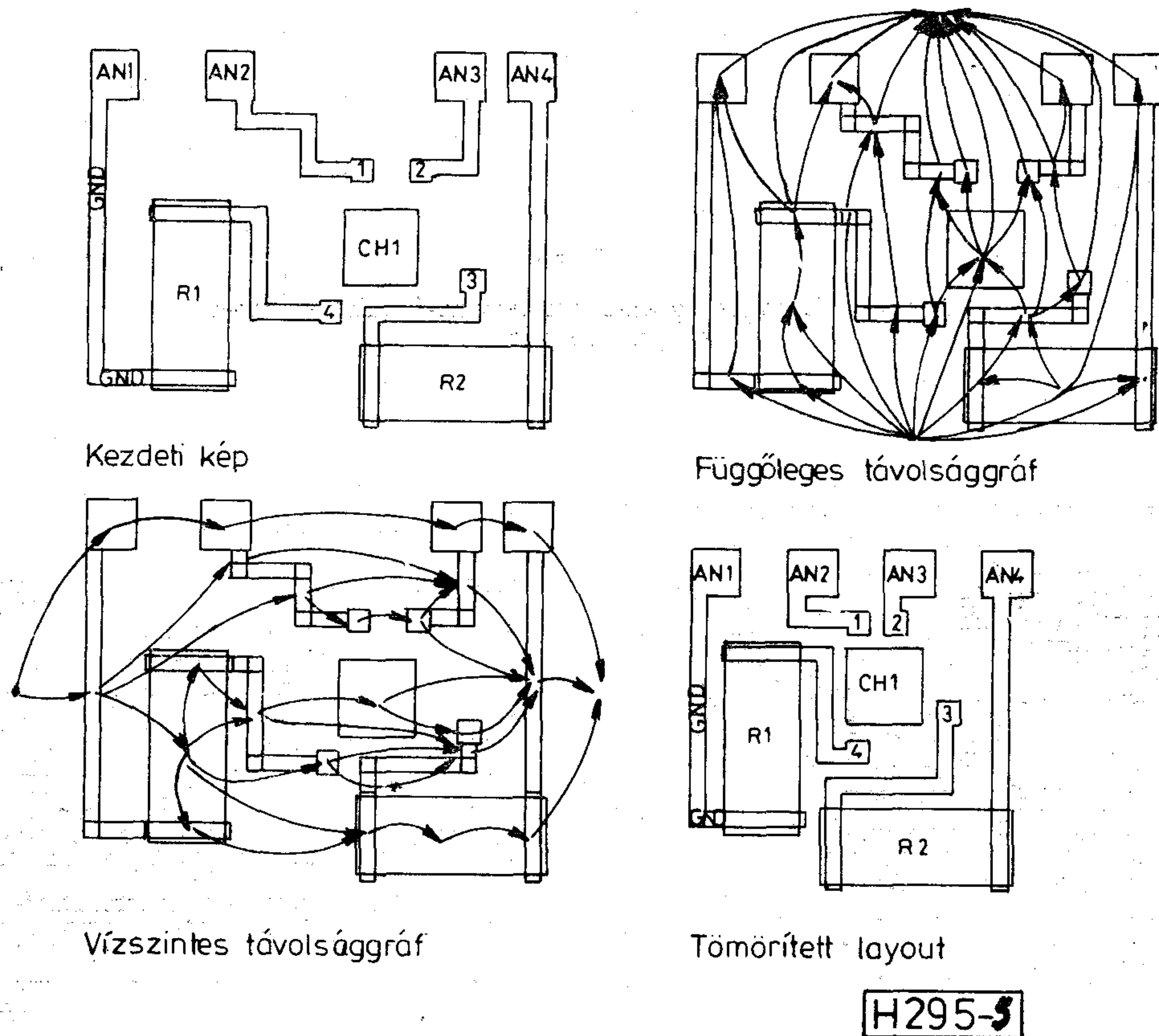
4. ábra. Derékszögű és általános poligon logikai összekapcsolásának „mintavételezéses” kezelése

Elrendezés és huzalozás

A következő munkalépésben a fentiek szerint megtervezett, ill. egy elemkönyvtárból vett elemeket a síkban elrendezzük és az elvi kapcsolási rajz alapján elkészített huzalozási listának megfelelően összehuzalozzuk. E tevékenység számítógépes fejlesztő rendszer alkalmazásával lényegesen megkönnyíthető. A nyomtatott áramköröknél ismeretes huzalozás algoritmusok alkalmazásával a fejlesztési idő tovább rövidíthető, az eredményezett terület azonban kb. 10—20%-kal nagyobb, mint teljesen kézi tervezés esetén (2. ábra).

A tervezési szabályok betartásának ellenőrzése

A tervezési folyamat (1. ábra) minden fázisa után célszerű az előírások betartásáról meggyőződni.



5. ábra. Automatikus vízszintes és függőleges tömörítés

Az a célunk, hogy minden előre kiszámítható hibát elkerüljünk, és lehetőleg ne legyen szükség figyelmetlenségből adódóan, pl. a layout vagy a kész áramkör újratervezésére.

A layout ellenőrzésénél elektromos és geometriai tervezési szabályokat különböztetünk meg. Az elektromos vizsgálat során a realizált kapcsolás huzalozását összehasonlítjuk az előzetesen elkészített huzalozási listával. Rövidzárakat, nem, vagy helytelenül bekötött vezetékeket is idejekorán azonosíthatunk.

Amennyiben a kapcsolat viselkedését szimulációval is ellenőrizzük (pl. nagyfrekvencián), a fentiekén kívül a parazita hatások (a vezetékek ellenállása és szórt kapacitása) figyelembevétele is célszerű. A geometriai szabályok (legkisebb és legnagyobb távolságok, legkisebb szélességek és legkisebb átfedések) betartásának ellenőrzése az integrált áramkörök tervezésénél használatos szabályok szerint lehetséges, e szabályok általában azonban csak derékszögű alakzatokra érvényesek.

A hibridtechnika alkalmazásához egy általános és flexibilis módszer szükséges, hogy a sokféle követelménynek eleget tehesünk, amelyek mindegyike a kapcsolástól és az alkalmazott síkok számától függően változhat. Tudnunk kell kezelni derékszögűtől eltérő alakzatokat is. Ezen feladat megoldásának új és sikeres stratégiája azon alapszik, hogy minden egyes helyen, ahol egy meghatározott tervezési szabály lényeges szerepet játszik „extraháljunk”. A második lépésben azután a kapott alakzatot a geometriai szabályok betartása szempontjából ellenőrizzük. Így módon a tervezési szabályok megsértése sorra kimutatható [2].

Az alakzatok extrahálásának és ellenőrzésének lépései logikai és geometriai műveletek kombinációira vezethetők vissza. Két egyszerű példával világítjuk meg a fentieket: Két vezető alakzat kontaktzónáját a két alakzat logikai $\bar{E}S$ kapcsolatával extraháljuk. A megkívánt legkisebb d távolságot akkor tudjuk megállapítani ha a szóban forgó felületek — mindkettő $d/2$ -vel megnövelve — nem lapolódnak át. Átlapolódás vizsgálatánál, szintén az $\bar{E}S$ kapcsolat alkalmazásával, a hibás helyek ott mutathatók ki, ahol legalább két felület fedi egymást. A 3. ábrán a legkisebb távolság betartásának ellenőrzése látható. Az alakzatokat először egy $VAGY$ kapcsolattal „összeolvasztjuk”, azután az előírt távolság felével megnöveljük. Egy felület megnagyobbításának, ill. lekicsinyítésének geometriai műveletei a sarokpontoknak a határvonalak szögfelezői mentén való eltolásával realizálhatók. Az éles sarkoknál fellépő térközhibák néhány százalékra csökkenthetők, ha — szögenként — pótlólagos peremdarabot iktatunk be, amelyek a kívánt lekerekítéseket szimulálják.

A logikai műveletek ($\bar{E}S$, $VAGY$, NEM) az összekapcsolandó objektumok alkalmas ábrázolásával egy gyors „mintavételező” eljárással értékelhetők ki (4. ábra). A layout-alakzatokat egy „mintavételező” egyenessel az egyes koordináták mentén a felületlefedést kiértékeljük. Az éppen átmetszett peremnél a felületlefedés — az irányításnak megfelelően — növekszik vagy csökken. Egy $VAGY$ kapcsolatot azok a peremrészletek képezik, amelynél 0-1 átmenetet találunk, míg egy $\bar{E}S$ kapcsolatot az 1-2 átmenet ír le. Különös gondot igényelnek a tetszőleges szögű peremek. Ez esetben minden metszéspontot ki kell értékelnünk „mintavételező” egyenessel (4. ábra). Ezen műveletek kombinációival nemcsak minden lényeges geometriai tervezési szabály betartása ellenőrizhető, hanem további maszk-síkok, mint forrasztási vagy szigetelő rétegek, az alkotó síkok összekapcsolásával (nagyobbításával vagy invertálásával) automatikusan generálhatók.

Layout-tömörítés

Habár a tervezési szabályok betartásának ellenőrzésekor a layout alakzatainak térközhibái automatikusan napvilágra kerülnek, a tervező feladata marad a korrigálás elvégzése, ami nagy munkát jelenthet, különösen akkor, ha a layout máris zsúfolt. További számítógépes támogatást a layout-tömörítéssel érhetünk el. Ilyenkor a layoutot egydimenziós tömörítő lépésekkel vízszintesen és függőlegesen átdolgozzuk (5. ábra). Ezáltal minden elemet a tömörítés irányába annyira tolunk el, amennyire a szomszéd elemek irányába a térköz megengedi. Ezen optimalizálási probléma megoldásának érdekében a layoutot, mint irányított és súlyozott gráfot fogjuk fel. Az előálló lineáris egyenletrendszer megoldjuk és az eredményt a tömörített layout új koordinátaiba visszatranszformáljuk. Az 5. ábrán egy egyszerű tömörítő vízszintes és függőleges távolság gráfjai láthatók.

Habár hibrid áramkörök layout-jának előállítására még nincs teljesen automatizált eljárás, az egyes munkafázisokhoz alkalmas algoritmusok állnak rendelkezésre. Ezek nem teszik feleslegessé a tervezőt, hanem kellemesebbé, gyorsabbá és biztosabbá teszik munkáját.

I R O D A L O M

- [1] E. Lüder: Bau hybrider Mikroschaltungen. Springer Verlag 1977.
- [2] W. Roßmann: A New Approach to the Design Rule Check of Hybrid Integrated Circuits. ISCAS, San Jose, 1986.

Az antennatechnika új eredményei

F. LANDSTORFER

Műszaki Egyetem, München



ÖSSZEFOGLALÁS:

Az antenna, mint a vezeték nélküli híradástechnikai összeköttetések eleme mintegy 100 éve ismert. Az antennatechnika fejlődése ennek ellenére még nem záródott le. A vezeték nélküli hírközlés állandóan növekvő igénye, a világűr híradástechnikai felfedezése, a rendelkezésre álló új technológia, a gyorsabb digitális számítógépek, valamint a szabad frekvencia sávok állandóan érzékelhető szűkösége nagymértékben befolyásolta az utóbbi tíz évben az antennatechnika fejlődését. Ennek megfelelően az antennák mai generációja már többnyire a polarizációra és/vagy a frekvenciasávra vonatkozóan többszörösen kihasználható. A számítógépes tervezési módszerek (CAD) belépésével elérhetővé vált egy adott átviteli távolsághoz tartozó, frekvenciára és teljesítményre optimalizált (beam shaping) iránykarakterisztika előállítás is.

Az előadás az NTG Antenna Szakbizottságának munkáira alapozva az antennatechnika NSZK-beli jelenlegi állapotát mutatja be.

Bevezetés

Mintegy 100 évvel ezelőtt Heinrich Hertz volt az, aki híres kísérleteivel a Maxwell által elméletileg leírt elektromágneses hullámok létezését igazolta. Ezzel egyidőben elsőként Hertz alkalmazott tudatosan antennát az elektromágneses hullámok kisugárzására és vételére. A mai meghatározás szerint Heinrich Hertz egy tetőkapacitás által lerövidített dipólt használt, és ennek az antenna-típusnak még ma is van gyakorlati jelentősége.

Az antennatechnika azonban e tény ellenére sem maradt az 1887-bes szinten. Fejlődését alapvetően következő tényezők határozták meg:

- Az antennák új elektronikai és mechanikai követelményei.
- Az antennák és antennarendszerek analízisének és szintézisének új műszaki lehetőségei.
- A rendelkezésre álló új technológia.

Az antennákkal szemben támasztott elektromos követelményeket az (1) egyenletben adjuk meg. A vevő kimenetén fellépő jel/zaj viszony (S/N) vezeték nélküli átvitel esetén:

$$S/N = p \left(\frac{\lambda_0}{4\pi} \right)^2 \cdot \frac{P_{t0} \cdot G_t \cdot G_r}{k \cdot B(T_a + T_z)} \quad (1)$$

ahol:

- p — Polarizáció illesztési tényező.
- P_{t0} — Az adóantenna bemenő teljesítménye.
- G_t — Az adóantenna nyeresége.
- G_r — A vevőantenna nyeresége.

Fordította: Rozemberszki Csaba
Elhangzott az 1987. máj. 6–7-én tartott VDE konferencián.

PROF. DR.—ING. F.
LANDSTORFER

1959-től 1964-ig a Müncheneri Műszaki Főiskola hallgatója, majd Prof. Meinkenél 1967-ben egyetemi doktorrá avatják. 1967-ben a Müncheneri Műszaki Egyetem docensévé

nevezik ki, majd 1978-ban professzorrá. 1983-tól az NTG „Antennák” szakbizottságának vezetője. Az 1986-os téli szemeszter idején a Stuttgarter Egyetemen a Nagyfrekvenciástechnika Tanszék meghívásának tesz eleget.

λ_0 — Szabadtéri hullámhossz.

k — Boltzmann állandó.

T_a — Az antenna ekvivalens zajhőmérséklete.

T_z — A vevő járulékos zajhőmérséklete.

B — Sávszélesség.

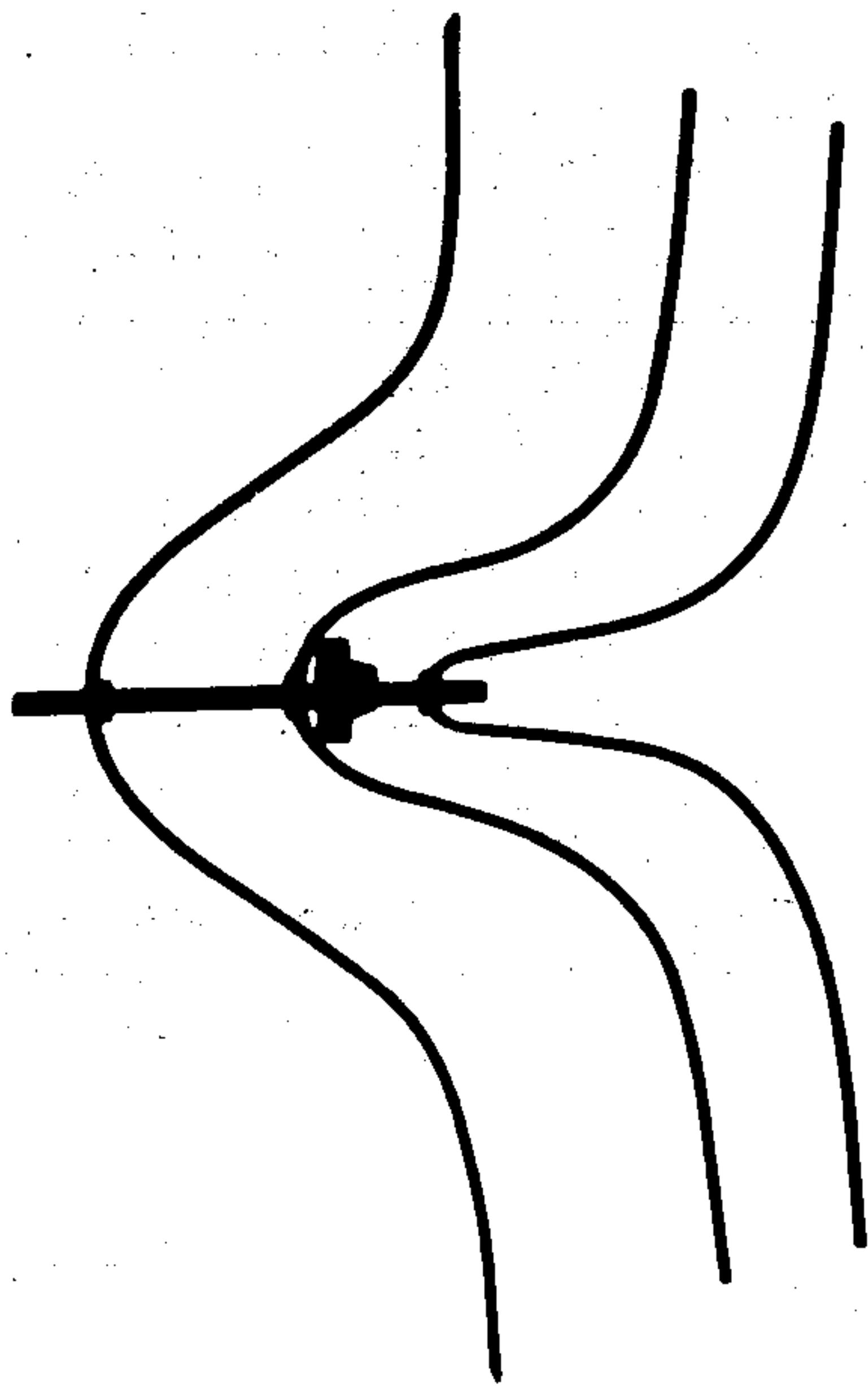
Bármely átviteli távolság esetén elvileg a maximális S/N viszony elérésére törekszünk, ami az (1) egyenlet számlálójának maximalizálását, és nevezőjének minimalizálását jelenti. Ezen túl azonban az áthidalandó szakasz speciális jellegéből adódó járulékos feltételeket is be kell tartanunk, így például egy szatellit-antenna bemenő teljesítménye és terjedelme egy meghatározott értéket nem léphet túl. A földön megvilágított területek megfelelően bizonyos határok között kell mozognia az antenna nyereségének (G_t) is. Másrészt a földi rádióállomás antennájának zajhőmérsékletét (T_a) befolyásolja többek között az iránykarakterisztika melléknyaláb szintje, valamint a föld termikus sugárzása is. A vevő járulékos zajhőmérsékletének lehetséges minimumát a félvezető technológia szintje szabja meg.

Amennyiben az ismertett járulékos feltételek mellett az (1) egyenlet jel/zaj viszonyának maximalizálását célozzuk meg, akkor folytathatjuk a sort azzal, hogy mennyire állnak rendelkezésre az újabb analízáló és szintetizáló eljárások, valamint az új technológia. Mindezek hatását az NTG Antenna Szakbizottságának különböző munkái során már megvalósított antenna illetve antennarendszerek segítségével szemléltetjük.

2. Lineáris antennák

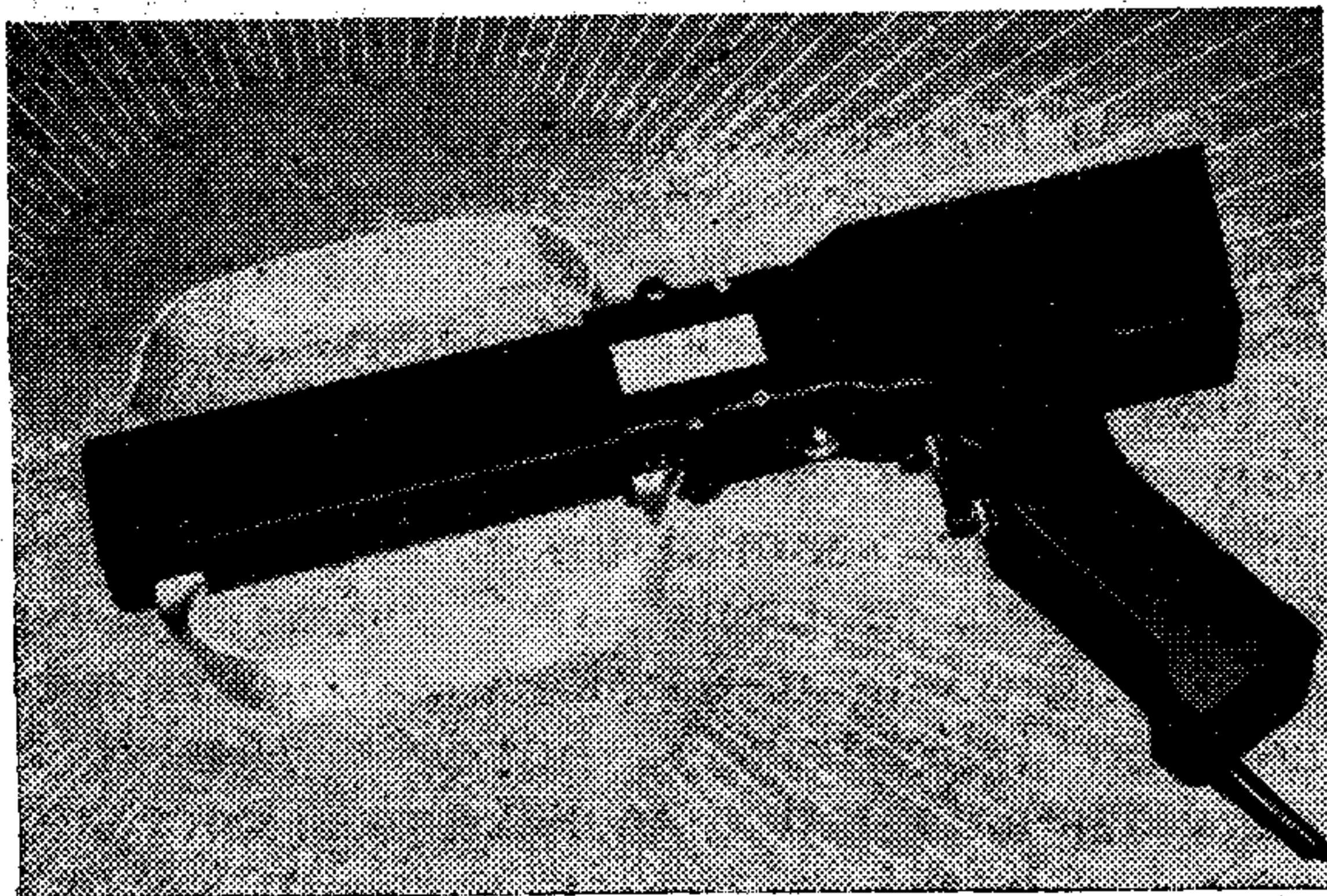
Lineáris antennákat elsősorban az UHF frekvenciasávval bezárólag alkalmazunk. Ha a feladat nem követel meg különleges körsugárzó iránykarakterisztikát, akkor az (1) képletből láthatóan a nagy adó- és vevőoldali antennanyereségnek köszönhetően jó jel-zaj viszonyt kapunk. Egy viszonylag nagy nyereségű, kis térfogatú antennaelrendezésre az 1. ábra mutat példát [1].

Yagi elv szerint működő antenna egy optimálisan megformált közvetlenül táplált, $1,5 \tau_0$ ívhossz-

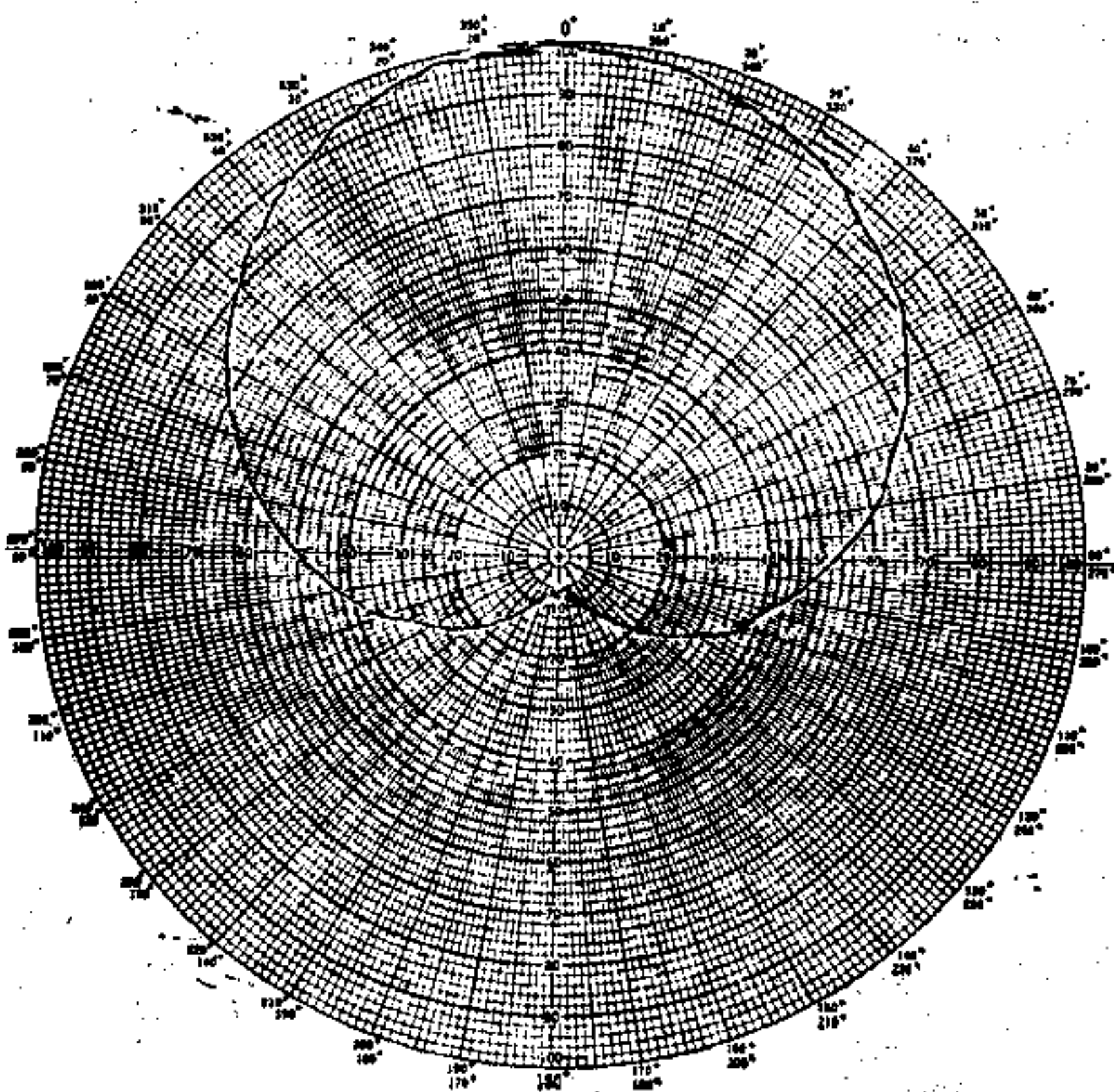


H297-1

1. ábra. Hajlított elemű Yagi-Uda antenna



a)



b)

H297-2

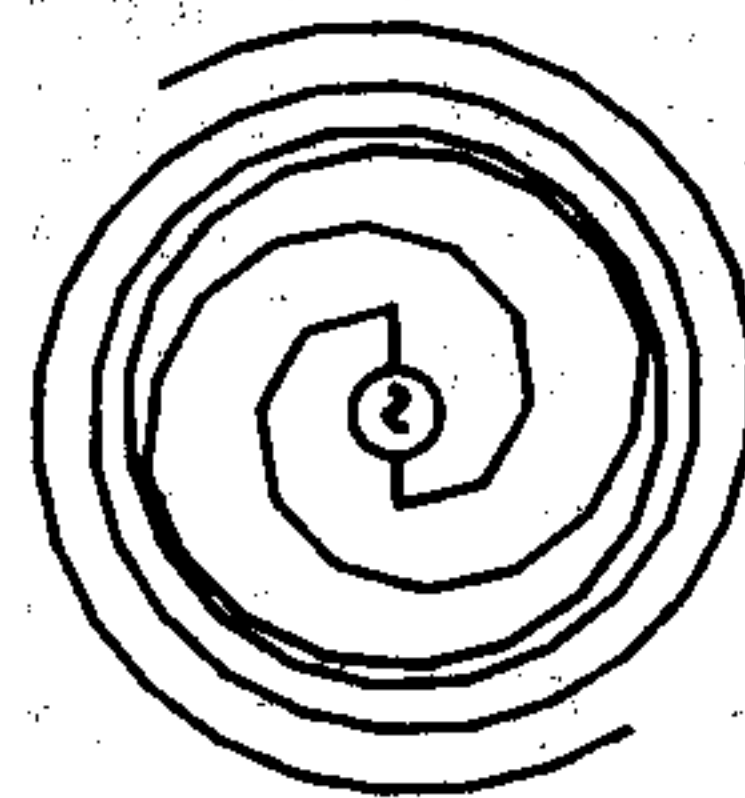
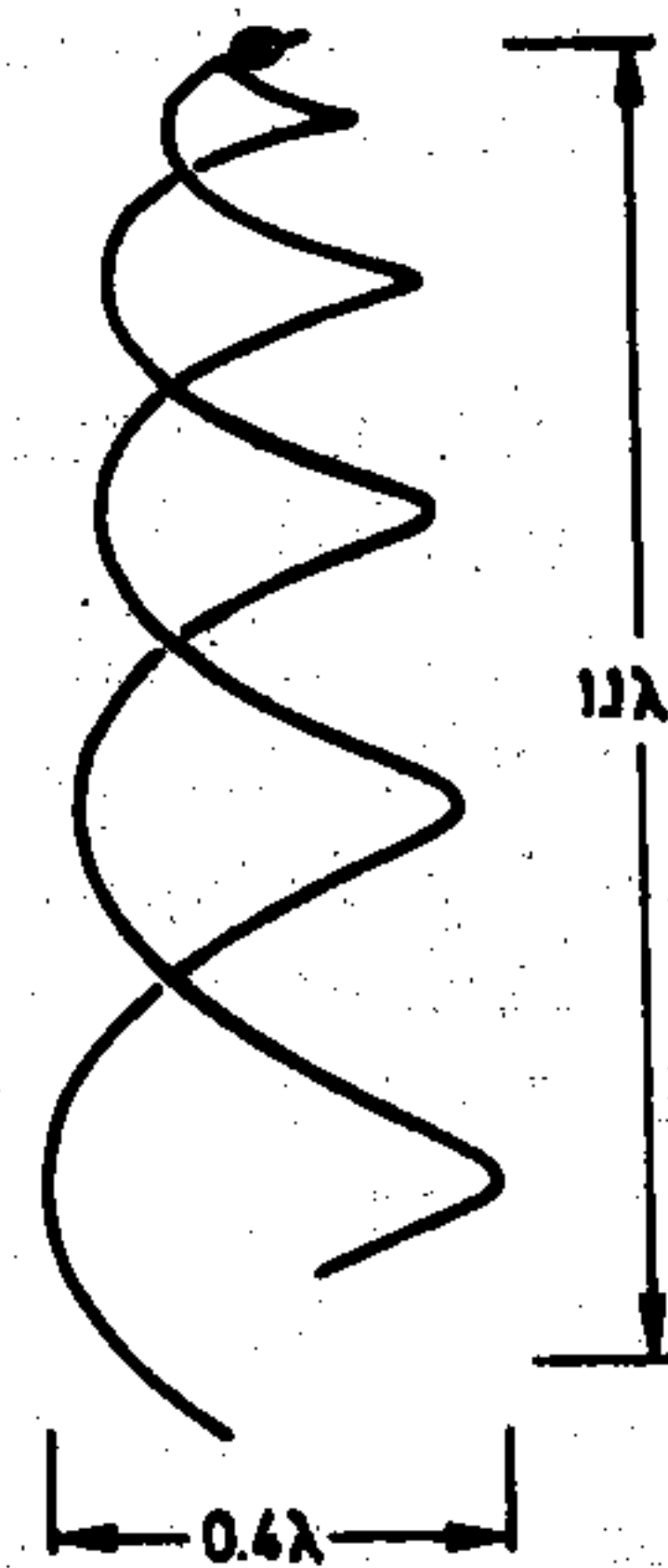
2. ábra. 20-tól 200 MHz-ig működő aktív iránymérő antenna Fotó: Rohde & Schwarz a., Felépítése b., Iránykarakterisztika

szúságú dipólból, és két szintén a nyereségre optimalizált parazita elemből áll. Fejlesztése a hajlított lineáris sugárzókra vonatkozó analízis eljárás — „Momentum módszer” [2, 3], valamint optimalizálási eljárás [4, 9] felhasználásával történt. Az 1. ábra szerinti antenna 11,5 dB-es (izotróphoz viszonyított) nyereséggel, 26 dB-es előre-hátra sugárzási viszonytal és 20 dB-es melléknyaláb elnyomással rendelkezik. Ezeket az adatokat figyelembe véve egy hagyományos 8—10 elemes Yagi antennával egyenértékű. A kisebb elemszámért azonban keskenyebb sávzélességgel fizetünk.

Aktív antennák (5, 6] esetén, amelyet pl. a 2. ábra mutat [7], a félvezető alkatrészeket új módon, úgy használjuk fel, hogy az (1) egyenlet nevezőjét befolyásolni tudjuk. Bizonyítható, hogy az erősítő elemek és a passzív antenna integrálásával vagy a $(T_a + T_z)$ összeg csökkenthető, ami nagyobb jel-zaj viszonyt eredményez, vagy, ha T_a már eleve nagy, akkor változatlan jel/zaj viszony mellett az antenna méretei csökkenthetők [5].

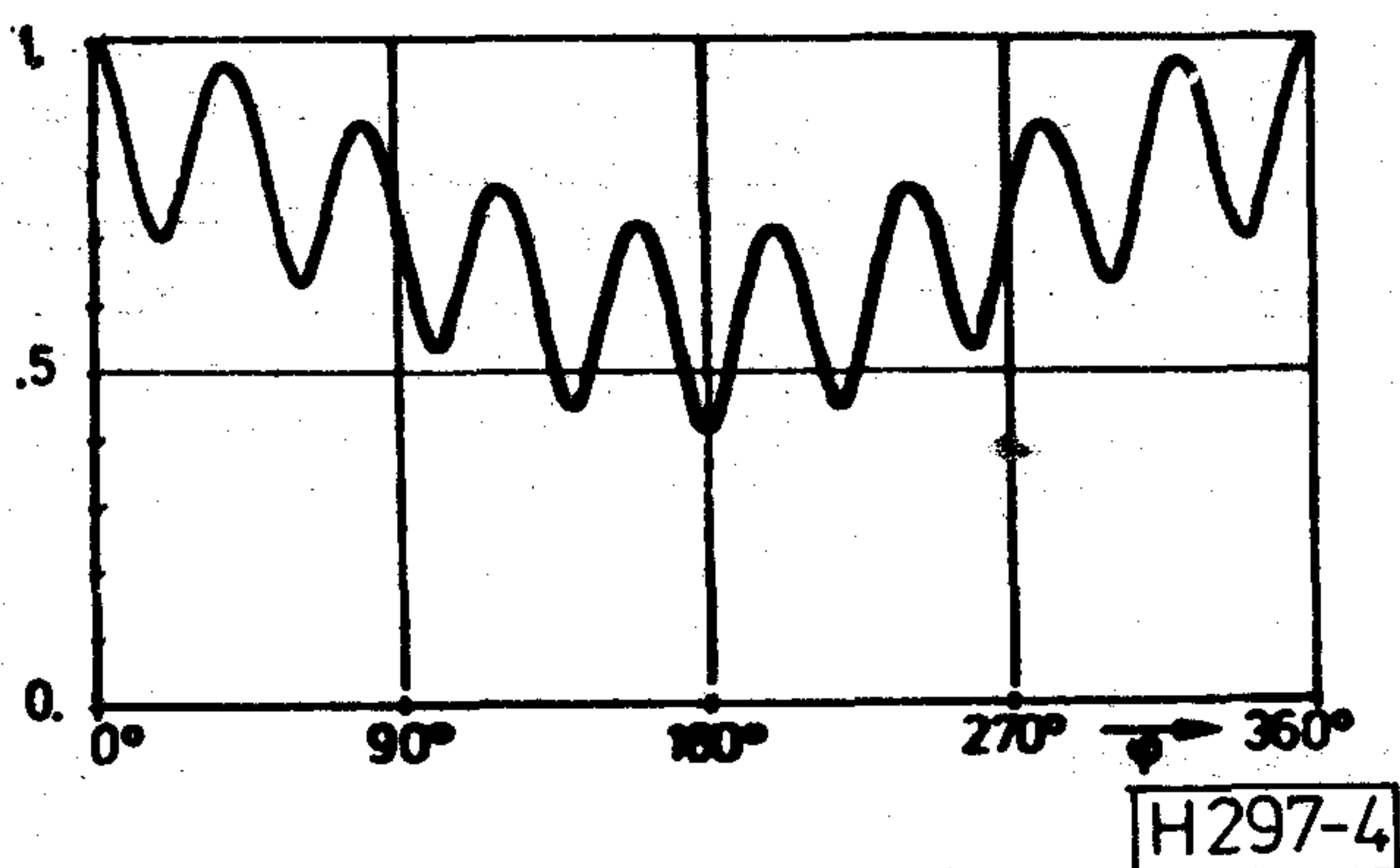
Nagyon szélessávú, ezért különösen hasznos antennatípus a nagy ohmos bemeneti impedanciájú erősítővel integrált passzív rúdantenna és a kis bemeneti impedanciájú erősítővel integrált keretantenna kombinációja. A 2. a ábrán példaként egy kézi iránymérésre szolgáló aktív antennát mutatunk be, melynek kardiodoid iránykarakteristikája a 2. b ábrán látható. Az antenna iránykarakteristikája 20—200 MHz-es frekvenciatartományban változatlan marad. Ez kiterjeszhető az 1 GHz-es frekvenciatartományra is kiegészítő antennamodul felhasználásával [7].

Lineárisan polarizált antennák esetén megfelelő beállítással viszonylag könnyen elérhető a $p \approx 1$ -es polarizáció-illesztési tényező. Körösen polarizált antennáknál ugyanez már nehezebben valósítható

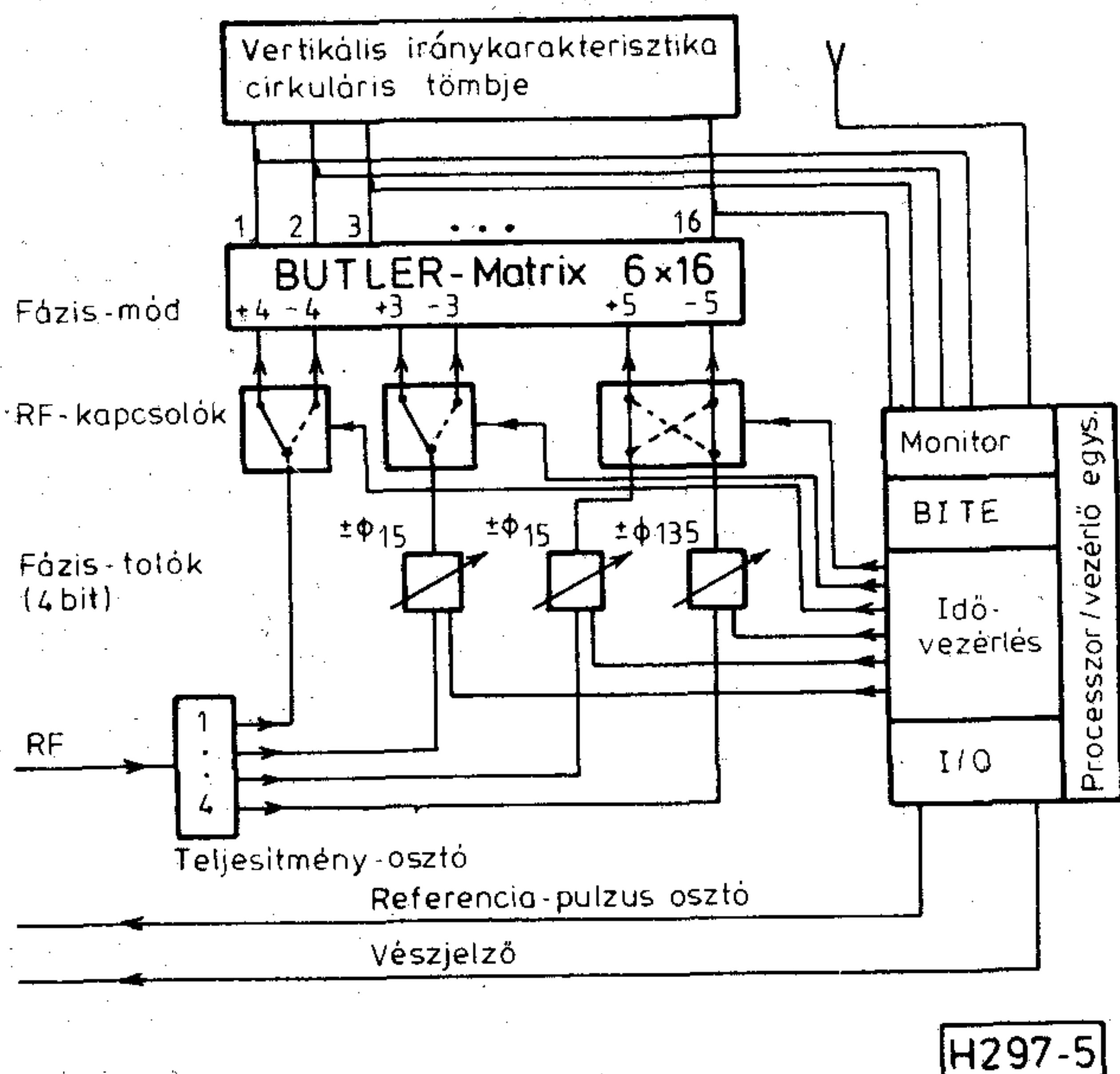


H297-3

3. ábra. Optimalizált szatelit vevőantenna



4. ábra. Rádió navigációs berendezés antenna iránykarakterisztikája



5. ábra. A 4. ábra szerinti rádió-navigációs iránykarakterisztikához tartozó fázisvezérelt antenna blokkvázlata

meg. Példaként a 3. ábrán egy szatelit navigációs rendszer antennáját mutatjuk be, mely jobbforgású körösen polarizált hullámok vételére alkalmas. A félgömb formájú iránykarakterisztika megszabja az antenna nyereségét, így nagyobb jelentőséghez jut a p polarizáció illesztési tényező. A 3. ábrán bemutatott változó meredekségű kétkarú spirálantenna formáját egy új, többparaméteres optimalizálási eljárás segítségével határoztuk meg [8, 9, 10]. Ezzel elérhetővé vált, hogy eleget tegyünk a polarizációval és a bemeneti impedanciával szemben támasztott követelményeknek, valamint ezzel egyidőben maximálisan közelíthetővé vált a szükséges iránykarakterisztika is.

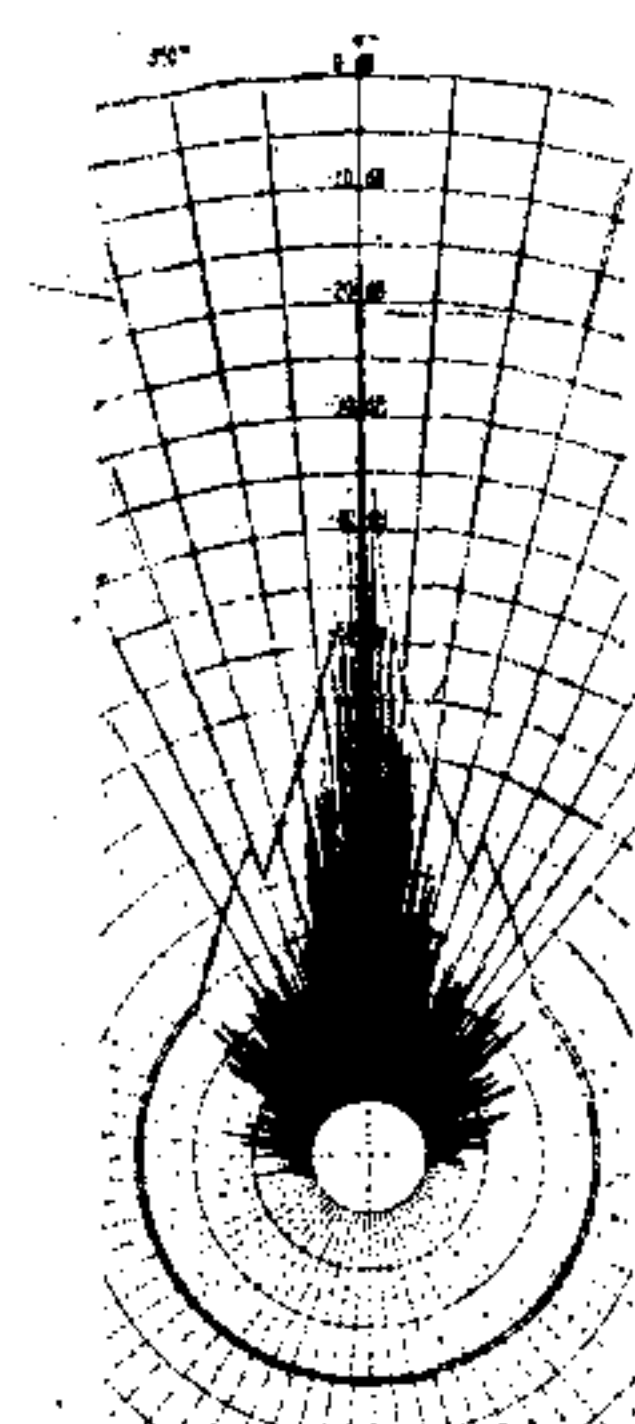
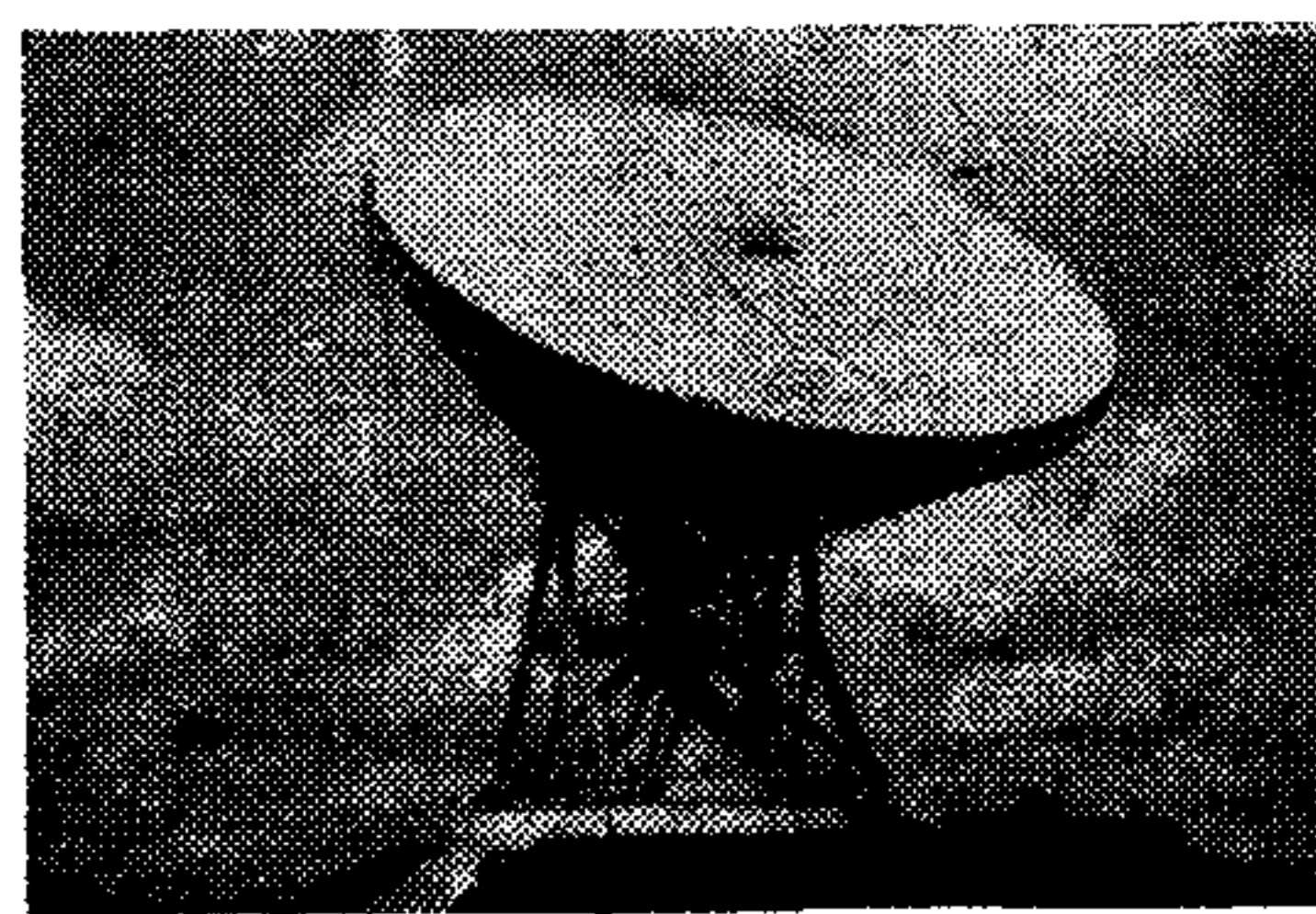
Az utóbbi években különös jelentőségűvé vált az antennarendszerek témakörén belül az a törekvés, hogy az antenna iránykarakterisztika mozgatóját már ne mechanikus úton, hanem elektromosan valósítsuk meg (fázis vezérelt antenna-rendszer — „*phased array*” —). A légi közlekedésben útvonalnavigációra használt VHF és UHF sávú körsugárzó irányadónál például még a ha-

gyományos mechanikus iránykarakterisztika mozgatót alkalmazzák (4. ábra).

Egy új elképzelés és technológia segítségével sikerült 16 elemi sugárzóval az ugyanilyen iránykarakterisztikát létrehozni [11, 12]. Az 5. ábra szerinti elrendezés alap gondolata az, hogy a szükséges iránykarakterisztikát egymással csatolt fázismódban álló egyes elemi sugárzók szuperpozíciójával állítjuk elő, melyeket az 5. ábra szerinti Butler-mátrix négy bemenetén keresztül gerjesztünk. Az ilyen n -edrendű fázismódus gerjesztése konstans (komplex) amplitudóval és az azimut szög n -szeresének megfelelően változó fázissal történik. Kimutatható, hogy az $n=5, 4, 3, -5$ négy mód elvileg elegendő a 4. ábra szerinti iránykarakterisztika szintetizálásához. Ez az 5. ábrán bemutatott három olyan 4 bites fázistoló segítségével valósítható meg, melyeknél a módusok egymáshoz képesti fázisa változtatható, és ezzel az iránykarakterisztika forgatható.

Apertura antennák

Az utóbbi években az apertura antennák terén tapasztalható fejlődés mindenekelőtt a rendelkezésre álló frekvenciasávok egyre inkább érezhető szükségének és a világűr híradástechnikai felfedezésének a következménye. A műholdas hírközlő és műsorszóró szolgálatoknál az áthidalandó távolságot egymáshoz egyre kisebb szögben álló nyálábokkal fogjuk át. Eredetileg a geostacionárius műholdakat 6° -os szögtartományra tervezték, de ma már 2° -nál kisebb szögtartományra törekszünk. Jelentősen megnövekedett igényeket támasztunk a földi adóállomások antennáinak melléknyáláb-ellenyomásával szemben is azért, hogy a látótartományban lévő szomszédos műholdak se okozzanak interferencia problémákat. Ezek az új követelmények sok eddig megszokott antennatípussal csak nehezen teljesíthetők, mivel a kisebb zavarok nagy száma miatt a mellékterek nem nyújt elegendő védettséget. Például a szimmetrikus Cassegrain antenna esetén a segédreflektor kitámasztója hozzájárul a mellékterek megnövekedéséhez. Éppen ezért elsőként a 6. ábrán bemutatott antenna esetén hosszirányban parabolikusan hajlított támasztékot építettünk be. A 6. b ábrán látható a mért iránykarakterisztika, melynek melléknyáláb-

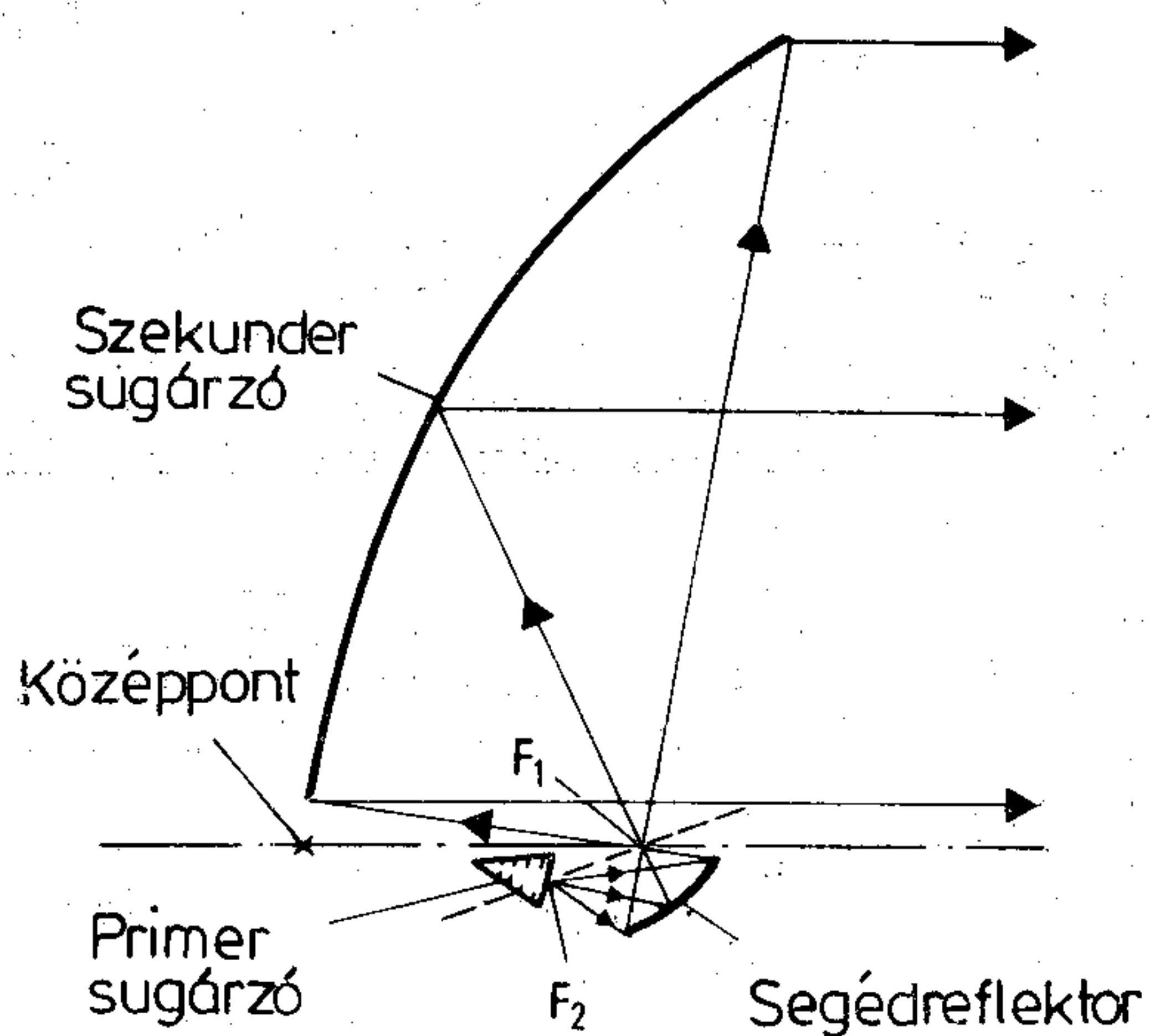


a)

b)

H297-6

6. ábra. Burum 3 földi állomás (Hollandia. Foto: Siemens) a., Felépítése b., Iránykarakterisztika

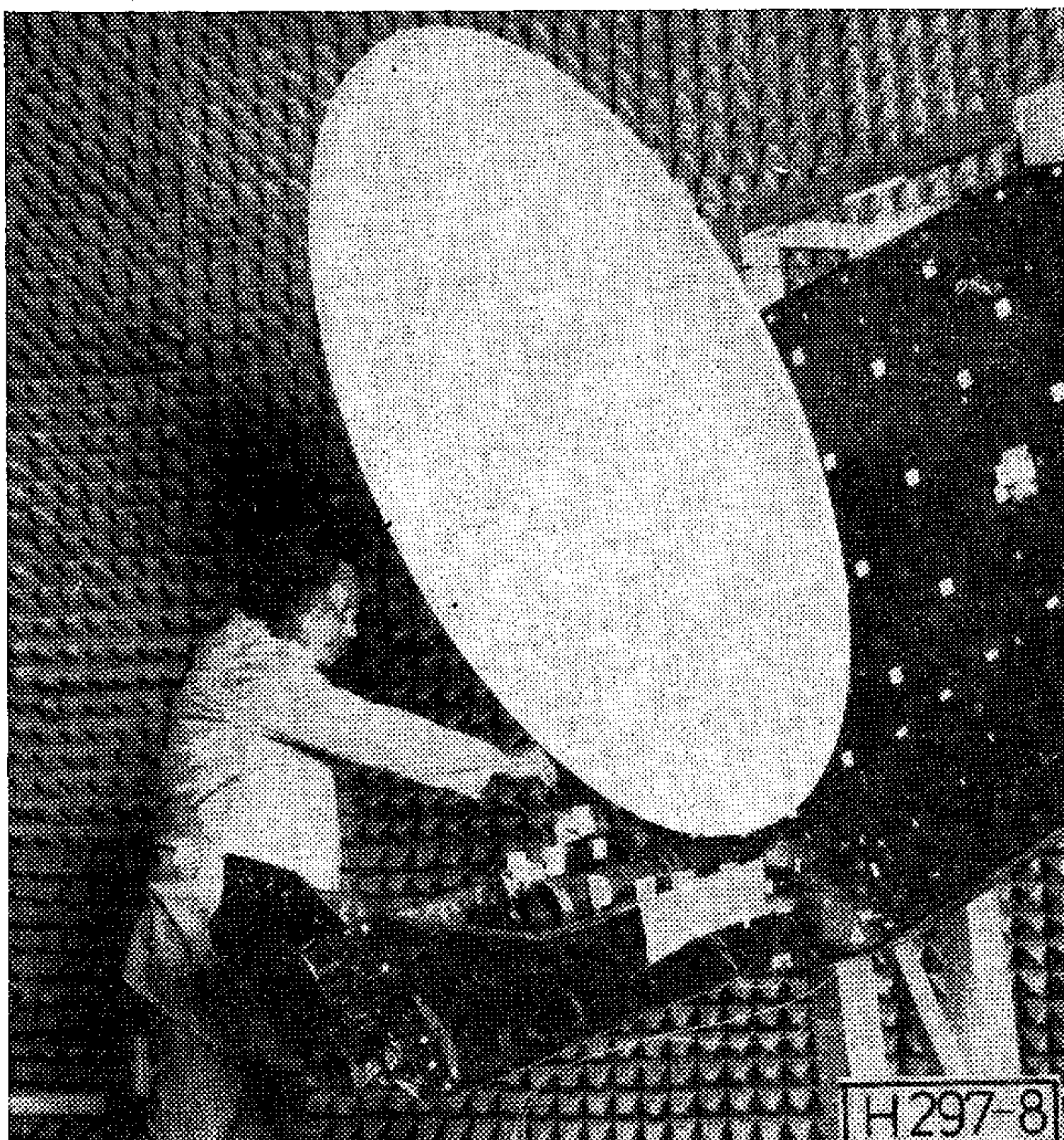


H297-7

7. ábra. A Gregory-elv szerinti kétreflektoros antenna

szintje jóval a CCIR 580 ajánlásában előírt burkológörbék szintje alatt marad. A frekvenciaínségen úgy próbálunk enyhíteni, hogy ortogonális polarizáció alkalmazásával egyidőben ugyanazon vivőfrekvencián különböző híradástechnikai csatornákat üzemeltethetünk (*frequency reuse*). Ekkor természetesen az antennák polarizációs illesztettségére fokozott követelményeket állítunk fel [16].

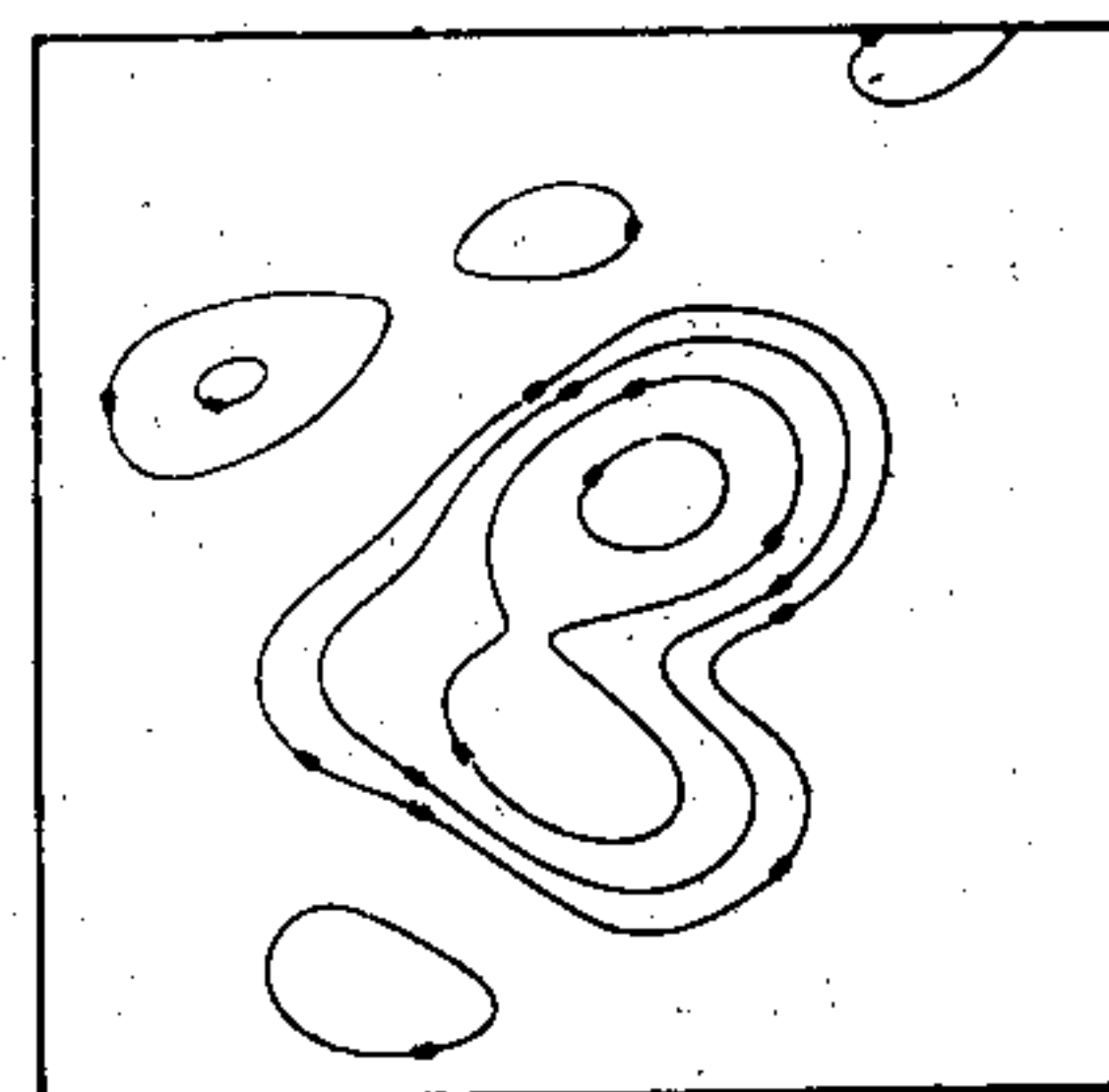
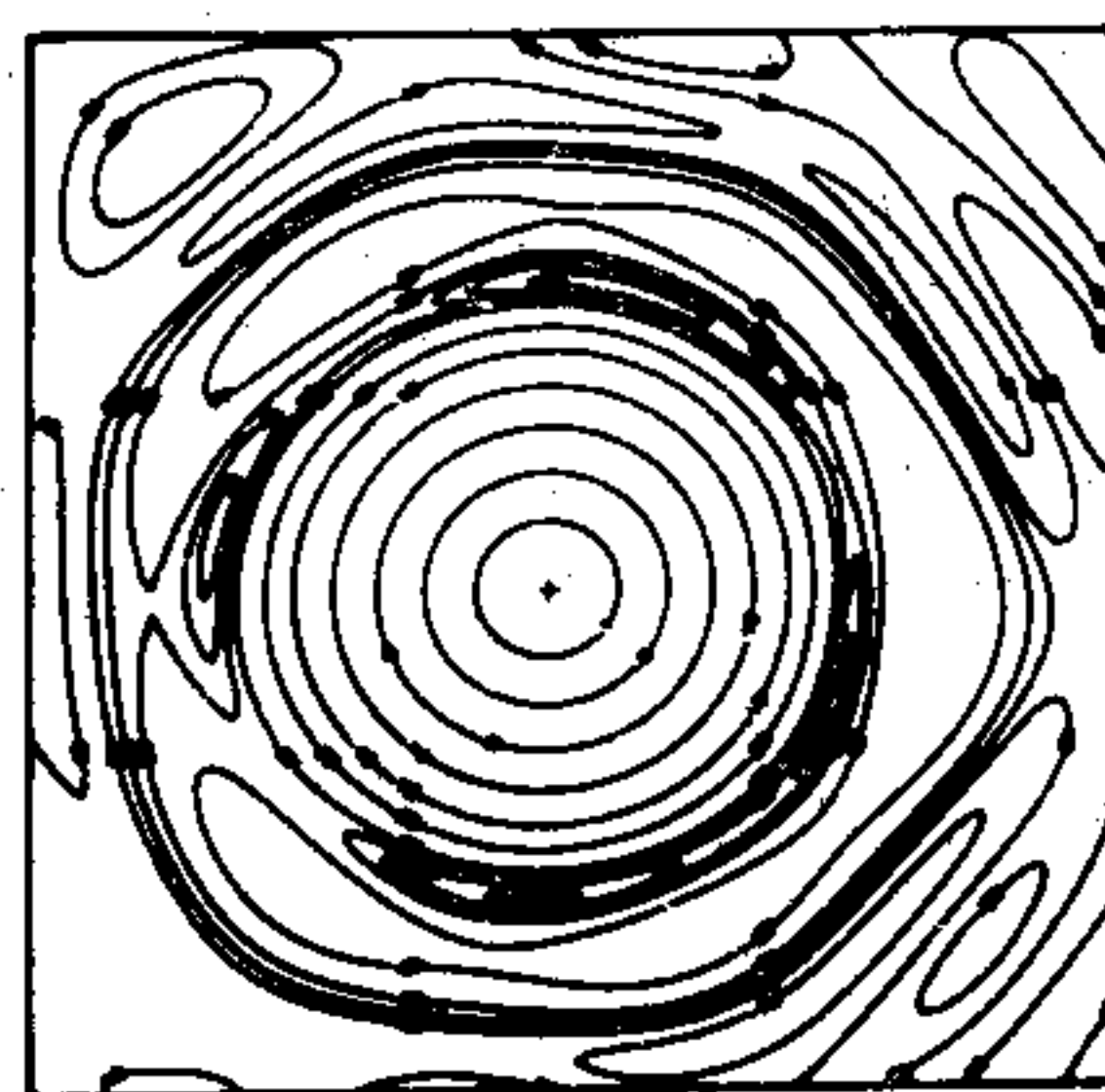
Figyelembe véve a nagy keresztpolarizációs csillapítást és az alacsony melléknyalábszintet különösen hasznos a 7. ábra szerinti a Gregory-kétreflektoros elven működő offset elrendezésű Muschel-antenna, melyet a mikrohullámú összeköttetések területén használunk [13].



8. ábra. DFS-Ku sávú antenna modellje Foto: MBB

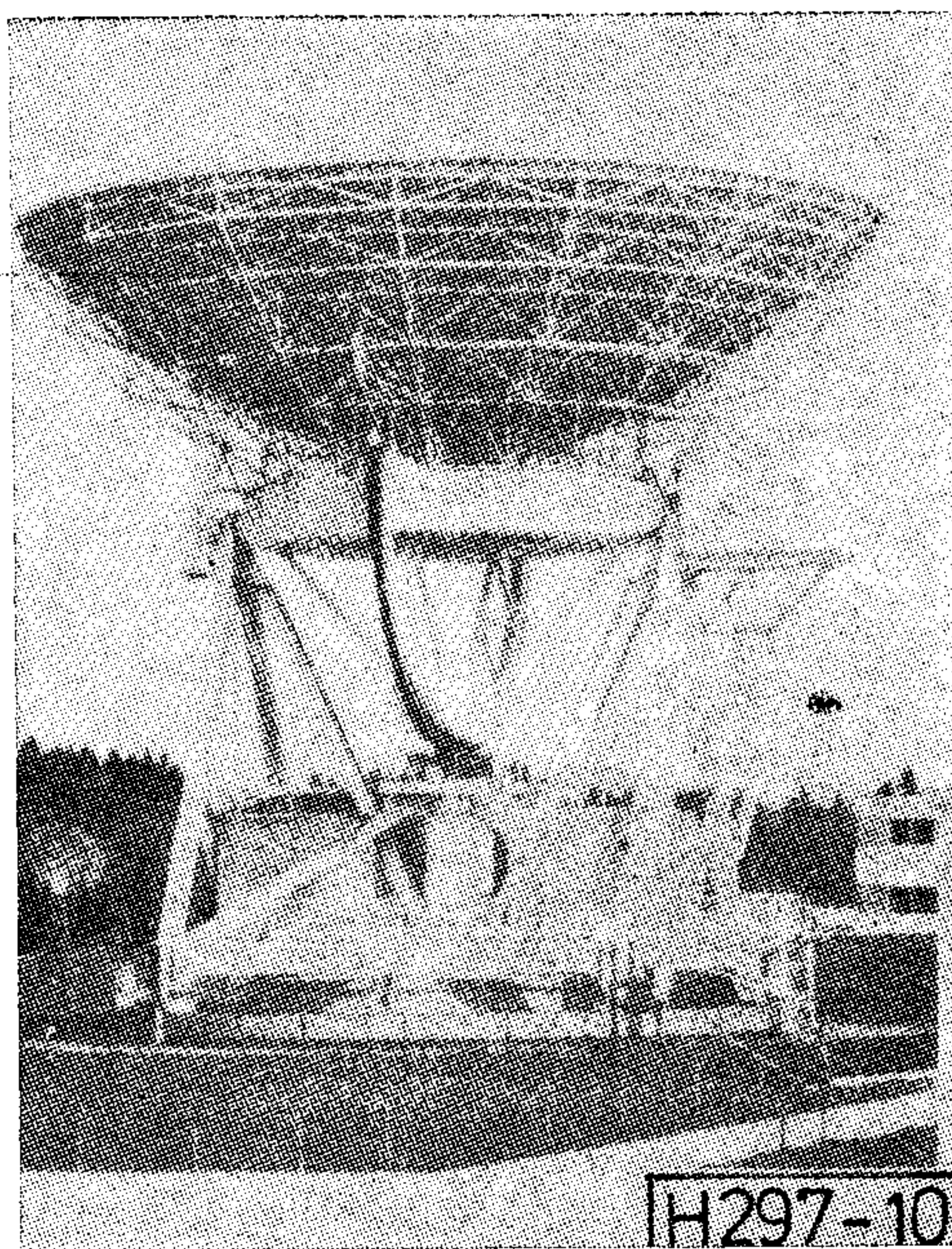
A felsorolt kedvező elektromos tulajdonságokra vonatkozó követelmény párosulva a Cassegrain elrendezés kis helyigényével ahhoz vezetett, hogy a DFS-Kopernikus német távközlési műhold antennájaként egy a 7. ábrán vázolt offset-Gregory-kétreflektoros antennaelrendezést választottunk. Ha gondoskodunk mindkét ortogonális polarizációról, akkor a 11,45-14,5 GHz-es frekvenciatartomány kétszeresen is kihasználható. A 8. ábrán bemutatott antenna modell az új technológia által nyújtott lehetőségeket szemlélteti. A segédreflektor és a szekunder sugárzó, valamint a kitámasztók szénszálas műanyagból (CFK) készültek. A különleges alumíniumból készített tápfej-rendszer kör alakú, radiális irányú hornyokkal ellátott tölcéséből áll, melyet numerikus vezérlésű maró és köszörűgépekkel szélesávú keresztpolarizációs sugárzásra és polarizáció illesztésre optimalizálva készítettünk el.

A 9. ábrán bemutatott kontúrvonalak az előbbi antenna távolféri hasznos- és keresztpolarizációs sugárzásából adódó jelszintet mutatják [18].



H297-9

9. ábra. A 8. ábra szerinti antenna szintvonalai vertikális (balra) illetve keresztpolarizáció esetén (jobbra)



10. ábra. DFVLR földi állomás Lichtenau-ban (Bayern) Foto: DFVLR

A 10. ábra a DFVLR Lichtenau-i földi állomásának antennáját mutatja és a frekvenciasáv többszörös kihasználtságára mutat példát. Eredetileg az antenna csak az S-sávra lett üzembe állítva (átmérő 30), de ma már az X-sávon a Galileo és Giotto űrszondákhoz is használjuk. Mindez a segédreflektor megújításával és egy olyan S-sáv/X-sáv diplexer beépítésével vált lehetővé, amelybe 2 ortogonális módusú átmenet lett beépítve. Ezzel sikerült az X-sávra is a megkövetelt 48 dB/K° jósági értéket elérni.

A szerző köszönetét fejezi ki az „Antenna” szakbizottság tagjainak Brunner, Fasold, Greving, Kühne, Ötte, Stark és Thielen uraknak ezen áttekintésben való részvételükért.

I R O D A L O M

- [1] Landstorfer, F., Sadcher, R.: Optimisation of Wire Antennas. Verlag R S P /John Wiley & Sons, New York, 1985, 174 S.
- [2] Harrington, R. F.: Field Computation by Moment Methods. Verlag Mac Millan, New York, 1986;
- [3] Kuo, D., Strait, B.: Computer Programs for Radiation and Scattering by Arbitrary Configuration of Bent Wires. Syracuse University, New York, Sci. Rep. 7 under Contract F19628-68-C-0180 AFCLRL, 1970;
- [4] Landstorfer, F.: Numerische Optimierungsverfahren für Linearantennen. Kleinheubacher Berichte 21 (1978), S.83-93;
- [5] Lindenmeier, H.: Einige Beispiele reauscharmer transistorierter Empfangsantennen. Nachr. techn. Z. 22 (1969), S. 381—389;
- [6] Flachenecker, G., Landstorfer, F.: Lindenmeier, H., Meinke, H.: Active Receiving Antennas. De Ingenieur 84 (1972), s'Gravenhage NL, S. ET74-ET80;
- [7] Demmel, F., Steghafner, H.: R&S Meßgeräte und die neuen Funk-Entstörbestimmungen der DBP. Neues von Rodhe Schwarz 110 (1985), S.33—36;
- [8] Gotthard, O.: Formoptimierung von Linearantennen. Dissertationschrift TU-München, 1986;
- [9] Gotthard, O., Landstorfer, F., Metzger, K.: Different Aspects of Antenna Optimisation. Proc. Intern.

U. R. S. I. Symposium, 23.-26. Aug. 1983, Santiago, Spanien, S. 343—346;

- [10] Gotthard, O., Landstorfer, F.: Shaped Wire Antennas for Circular Polarisation. Proc. 4th Intern. Conf. on Antennas and Propagation, Warwick UK 1985, IEE-Publ. No. 248, S.166—170;
- [11] Greving, G., Zeitz, R.: Concept and Experimental Verification of a New Electronic Tacan-Antenna. Proc. 14th European Microwave Conf., Liege, 1984, S. 187—192;
- [12] Greving, G., Zeitz, R.: An Optimized Circular Array — Application to the Tacan System. Symp. Digest IEEE AP-S Intern. Symp. Antennas and Propagation, Vancouver, Canada, 1985, S. 115—118;
- [13] Brunner, A., Leupelt, U.: Moderne Antennensysteme für neue Richtfunknetze. Fernmeldepraxis 62 (1985), S. 487—499;
- [14] Rebhahn, W.: Besondere Ausführungen von Antennen und Speisesystemen für Satellitenbodenstationen. Telecom Report 9 (1986), S. 76—84;
- [15] Thielen, H., Hombach, V.: Reflector Antennas with Bent Struts. Symp. Digest IEEE AP-S Intern. Symp. Antennas and Propagation, Vancouver, Canada, 1985, S. 173—176;
- [16] Schuegraf, E., Schuster, R.: Neuartige Mikrowellenweichen für Zweiband-Richtfunkstrecken. Telecom Report 9 (1986), S. 209—213;
- [17] Lieke, M., Nathrath, N., Sommer, E.: Die Nutzlastantenne des deutschen Fernmeldesatelliten DFS-Kopernikus. Proc. Intern. Conf. on Microwave Technology and Opto-Electronics. Wiesbaden 1986, Sess. 1B, 14 S.;
- [18] Fasold, D., Kredt, H.-D., Laux, L.: High Precision Measurement of TV-SAT Transmit Antenna in an Antenna Near-Field Test Facility. Proc. Intern. Conf. on Microwave Technology and Opto-Electronics, Wiesbaden 1986, 17 S.;
- [19] Haerter, H., Öttl, H., Sliwinski, P.: X-Band Extension of the German S-Band Deep Space Station for Simultaneous Dual Frequency Operations. Proc. 13th Intern. Symp. on Space Technology and Science, Tokyo, 1982, S. 805—810;
- [20] Sliwinski, P., Haerter, H., Mayr, B.: S/X-Band Diplexer für die 30-m-Antenne in Weilheim. Mikrowellen Magazin 6 (1984), 4 S.

