

# A GYÁRTÓSOROK OPTIMÁLIS IRÁNYÍTÁSÁNAK EGY LEHETSÉGES MÓDJA

## A POSSIBLE OPTIMUM CONTROL STRUCTURE FOR AUTOMATIC PRODUCTION LINES

Dr. Schuster György\*

### ABSTRACT

*This paper proposes a new control structure for automatic production lines. To handle the production lines flexibility and to solve the optimal control problem a new methodology is suggested. In our approach the production line workstations are connected sequential, coordinated and controlled with individual (industrial) Personal Computers (PCs) interconnected in grid. These computers are able to supply the whole system control task and to optimize the production. The suggested method advantages and disadvantages are enumerated. Possible control system architecture is presented.*

### 1. BEVEZETÉS

A klasszikus gyártás és a klasszikus gyártósorok alapvetően gyártási lépések egymás után következő halmozata tartalmazza. Megállapítható, hogy a gyártás bármely lépésének elakadása a teljes gyártás leállításához, illetőleg a kritikus gyártási állomás előtti torlódáshoz vezet. A megfigyelés azt is megmutatta, hogy az esetek legalább felében ez a lépés olyan, amely kihagyható és utólag pótolható. Természetesen mindig az a kérdés, hogy az adott technológiát hogyan tudjuk nyomon követni.

Minden korszerű gyártás rendelkezik egyféle nyomkövető rendszerrel, amely tulajdonképpen egy adatbázis, amelyben egy adott termék minden gyártási lépésének adatait tartalmazza.

Az előzetes analízis azt is megmutatta, hogy a gyártósorok flexibilitása lényegesen alacsonyabb, mint a rugalmas gyártócelláké. Azonban az is látható, hogy gyártócellákhoz képest a gyártósorok műveletszáma sokkal magasabb. Ennek a magasabb műveletszámának a kezelése egyszerű programozói megoldásokkal és hardver eszközökkel szinte megoldhatatlan.

A gyártósorok érdekes tulajdonsága az, hogy szinte minden állomás tartalmaz egy számítástechnikai eszközt, ami az esetek többségében egy ipari PC és természetesen rendelkezik valamilyen ipari vezérlővel.

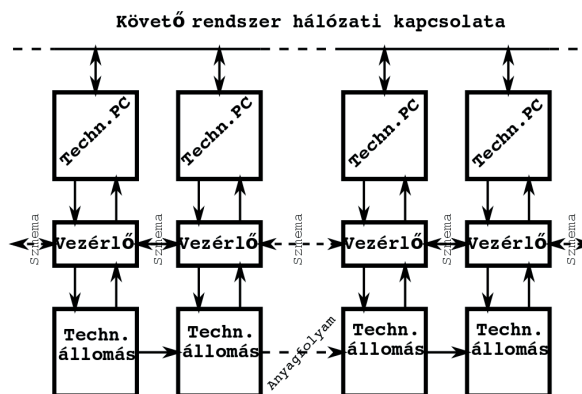
Az előzetes megfigyelés szerint, ez a számítástechnikai eszköz kapacitásának legjobb esetben is 20%-ig, de jellemzően maximum 5%-ig van kihasználva.

Tehát adott egy gyártósorunk, ahol a technológia megengedi az úgynevezett előzést és az állomások nagy többségén van legalább egy PC, ami jelentős számítási kapacitással rendelkezik.

### 2. GYÁRTÓSOROK JELENLEGI ÁLLAPOTA

A gyártósorok, mint azt a bevezetőben említettük erősen soros félépítésűek. Az állomások egymástól függetlenül vezérlőkkel vannak ellátva és nagy többségük rendelkezik legalább egy PC-vel.

Az állomások egymással egy – egy bites kapcsolaton, úgynevezett smema jeleken keresztül tartják a kapcsolatot. Továbbá az állomás kommunikál a gyártó adatbázissal (ezt általában a fent említett PC végzi). Az anyagfolyamat az esetek nagy többségében PLC-k irányítják.



1. ábra Klasszikus „soros” gyártósor

A PC-k szerepe természetesen nem csak az adatbázissal történő kapcsolt tartás, hanem lényeges szerepük van a technológiai folyamatban is, például programozható gyártmányok programozásában, mérési eredmények értékelésében, stb.

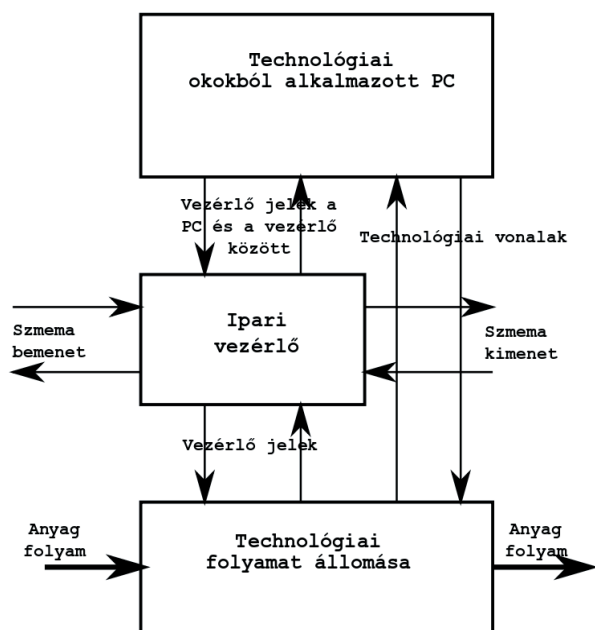
Ez alapján az is könnyen belátható, hogy az állomás akkor és csak akkor működőképes, ha a PLC és a PC(k) működőképesek. Vagyis az adott berendezések megbízhatósági szempontból sorosak.

\* PhD, intézetigazgató, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, e-mail: schuster.gyorgy@kvk.uni-obuda.hu

Azt is világosan látnunk kell, hogy számos PLC gyártó már ajánl olyan eszközöket, amelyek közvetlenül képesek kommunikálni a gyártási adatbázissal.

A gyártási adatbázis alapvető feladata, mint azt a bevezetőben említettük a gyártási lépések nyomkövetése és adataik tárolása. Azonban a gyártás adatait a menedzsment is követni tudja, hiszen közel valós időben lehet információkat kinyerni ebből a rendszerből.

Az eddig ismertetett struktúra hatalmas előnyökkel jár, hiszen nagyon könnyen és jól nyomon követhető a rendszer működése és technikai szintű személyzettel üzemeltethető a gyártósor.



2. ábra. Egy „általános” gyártó állomás felépítése

A hagyományos gyártási elrendezés hátránya a megránsága. Bármilyen zavar esetén az egész sor leáll és várakozik, holott a meghibásodások legalább kétharmada csak egyszerű elakadás, vagy könnyen elhárítható hiba. Manapság ezt a problémát úgy oldják meg, hogy emberi munkaerőt bevetve az adott állomást kikerülik, vagy átmeneti pufferre termelnek, amíg ez lehetséges, vagy a hibát el nem hárítják.

### 3. JAVASOLT IRÁNYÍTÁSI STRUKTÚRA

Adott átlagosan minden állomáson legalább egy PC, ami jelentős számítási teljesítménnyel rendelkezik. És adott egy igen kiterjedt eseménytér, amelyen belül egy optimális utat kell találni oly módon, hogy a körülmények dinamikusan változnak.

Ezt a feladatot egyedül álló eszközökkel nem lehet kezelni. A gyártósor állomásainak „tudnia” kell a környezet aktuális állapotáról azért, hogy a körülményekhez képest optimálisan tudjon viselkedni.

A fentiek alapján célszerű a technológiai számítógépeket grid-be kötni, így egy szuperszámítógépet hozunk létre, aminek esélye van arra, hogy nyomon kövesse a teljes technológiát.

Ha ezt az ismeretet át akarjuk vinni a vezérlőkre, akkor vagy a vezérlőket is be kell kötni a hálózatba, vagy valamilyen módon párhuzamos átvitelre van szükség.

Abban az esetben, ha a PLC-eket bekötjük a hálózatba, akkor tulajdonképpen egy hálózatba kötött intelligens periféria szerepére kárhoztattuk ezeket az eszközöket minimális saját irányítással.

A következő értelemes lépés az, hogy lássuk el a PC-eket ipari perifériákkal, így kihagyhatjuk a PLC-eket, ami számos előnnyel jár.

Bár ez elég szokatlan a hagyományos rendszerek üzemeltetői körében, de lássuk be a következőket:

1. a PC-k számítási kapacitása bőven elegendő arra, hogy egyes kis járulékos vezérlési feladatokat ellásson a grid vezérlési feladatai mellett,
2. „megspóroltuk” a PLC-t,
3. nőtt a megbízhatóság (ne feledjük a soros valószínűségi modellt),
4. teljesen standard eszközökkel dolgozhatunk.

A következő kérdés az alkalmazott szoftverek köre. Az egyértelmű, hogy mindenképpen valamilyen multi-taszkos rendszerre van szükség, hogy minden feladat el látható legyen. Itt alapvetően a UNIX-szerű rendszerek jöhetnek szóba, amelyek mind megbízhatóságban, mind kezelhetőségben megfelelőek. Úgynevezett hard real-time környezetben szóba jöhet a QNX operációs rendszer is, de ez az átlagos gyártósorokon ritka követelmény.

Így tehát irányítási szempontból van egy szuperszámítógépünk, amely az egész gyártósort lefedi, de ez még kevés ahhoz, hogy valóban optimális legyen a termelés. Mivel eredeti célunk az volt, hogy a meghibásodások hatását csökkentsük és a gyártósor teljes leállítását elkerüljük, szükség lehet átmeneti raktározási kapacitásra, akár állomásonként is. Továbbá szükség lehet alternatív anyagmozgató vonalakra is, hogy az állomások ideiglenesen elkerülhetők legyenek (előzési reláció).

Ebben az esetben a gyártási adatbázis szerepe felértékelődik, mert nem csak nyomkövetés a feladata, hanem annak a nyilvántartása is, hogy egy gyártmány milyen lépéseken ment át és milyen lépésekre van még szükség. Ezen kívül szükség van arra az információra is, hogy a kérdéses gyártmány hol van tárolva. Ez a tulajdonság akkor fontos, amikor a gyártás során átmeneti tárolásra van szükség.

Természetesen ennek az elrendezésnek is van hátránya, ezek:

1. nehéz követni az anyagfolyamot a gyártás során. A hagyományos gyártásnál a lépések ember számára is könnyen követhetőek, ebben az esetben a gyártás követése az adatbázis nélkül reménytelen.
2. a gyártósor üzemeltetéséhez magasabban kvalifikált kezelő személyzetre van szükség. Átlagosan képzett technikus nem képes a rendszert átlátni.

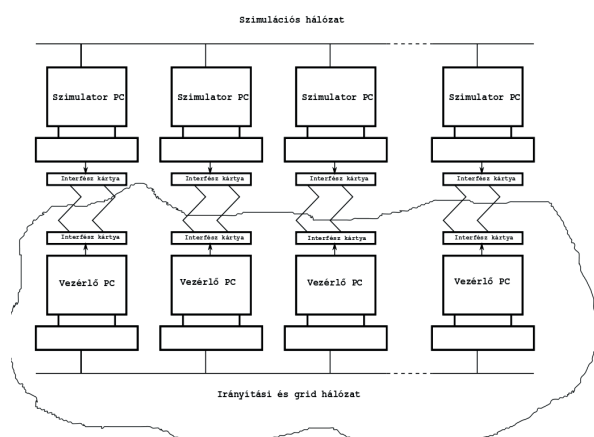
3. az optimális működés bizonyítása nehéz. Az optimalizáló eljárások bonyolultak, nehezen átláthatóak.
4. A rendszer nem azonnal képes az optimális üzemelésre. Az alkalmazott optimalizálási algoritmustól függően tanulási időre van szüksége.

A teljesség igénye nélkül milyen optimalizálási algoritmusok jöhetnek szóba:

- dinamikus programozás eljárásai. Ezek az eljárások a legígéretesebbek, mert jól illeszkednek a gyártástervezés és ütemezésmélet követelményeihez.
- sztochasztikus programozás eljárásai. Hátránya, hogy nehéz követni működését.
- softcomputing eljárások alkalmazása. Ígéretes terület, azonban a működés követése szintén nehézkes.

Az alkalmazott eljárások láthatóan nem „hétköznapiak”, ezért a gyártósor mellett nyilvánvalóan speciális képzettségű emberekre van szükség.

#### 4. SZIMULÁCIÓ



3. ábra A javasolt szimulációs rendszer

A fent vázolt rendszer szimulációja rendkívül bonyolult, mert egyrészt van egy fizikai vezérelt rendszerünk és van egy nagyon összetett „szuperszámítógépünk”, amely elvégzi minden lehetséges irányítási és optimalizálási műveletet.

Maga az irányított folyamat is igen komplex, nem beszélve az irányító berendezésről. Ezért a következő szimulációs struktúrát javasoljuk:

- a gyártósor egyes állomásait bitszinten grafikusán szimuláljuk. A megoldás úgy épül fel, hogy egy állomás szimulációja egy dedikált számítógépen fut valós ipari szintű kimenetekkel és bemenetekkel. A kimenetek, bemenetek egyszerű ipari szintet esetlegesen analóg jeleket kezelő I/O kártyákkal történik. A gyártó állomásokon a szimulációt felügyelő kezelő akár spontán, akár programozottan hibákat tud generálni és változtathatja a működési paramétereket.
- a gyártóberendezések közötti anyagfolyamatot az állomásokat szimuláló PC-k közötti TCP/IP socket-eken keresztül szimuláljuk,

- az irányító grid valós, teljes egészében megfelel a valós alkalmazandó grid-del.

Ezzel az elrendezéssel sokkal valósabb képet kapunk a rendszer működéséről, mintha a teljes szimulációt virtuális térben végeznénk el.

A szimulációs vizsgálatok mellett ennek az elrendezésnek az az előnye, hogy egy meglévő, vagy akár egy tervezett gyártósor irányító berendezését tesztelni és tanítani lehet.

#### 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben egy lehetséges megoldást adtunk olyan gyártósorok optimális irányítására, ahol a technológiai sorrend megengedi az előzést. Az alkalmazott irányítási struktúra akkor alkalmazható, ha járulékos anyagmozgató és tároló rendszer is kialakítható.

Foglaljuk össze, hogy milyen előnyökkel és milyen hátrányokkal járhat az ismertetett rendszer bevezetése:

Előnyök:

- a rendszer optimális ütemezésű, vagy közelít hozzá,
- energiát takarítunk meg. Az előzetes vizsgálatok alapján ez akár 10%-os megtakarítást jelenthet az anyagmozgatásban.
- egyidejűleg több gyártmány is gyártható a soron,
- a grid elegendő számítási kapacitással rendelkezik, hogy járulékos számításokat is elvégezzen.

Hátrányok:

- az anyagfolyam nehezen követhető,
- magasan kvalifikált kezelő személyzet szükséges,
- járulékos anyagmozgató rendszerre van szükség.

#### 7. IRODALOM

- [1] A. ABBAS: Grid Computing: A Practical Guide to Technology and Applications Charles River Media Inc, 2004.
- [2] I. ANTAL: Párhuzamos Algoritmusok, ELTE Eötvös Kiadó, 2009.
- [3] W. BOLTON: Programmable Logic Controllers, Fifth Edition, Elsevier, 2009.
- [4] G. BOOTHROYD: Boothroyd Dewhurst Assembly Automation and Product Design, Second Edition, Taylor and Francis Group, 2005.
- [5] M. P. GROOVER: Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Third Edition, Upper Saddle River, New Jersey, 2008.
- [6] J. JOSEPH, C. FELLEINSTEIN: Grid Computing IBM Press, 2003.
- [7] C. T. PAPADOPOULOS, M. E. J. O'KELLY, M. J. VIDALIS, D. SPINELLIS: Analysis and Design of Discrete Part Production Lines”, Springer Optimization and its Applications, vol. 31, 2009.
- [8] L. WANG: Grid Computing, Infrastructure, Service, and Applications, Rochester Institute of Technology, 2009.