

Budapesti Muszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Doktori tézisek
Gépészmérnöki Kar Doktori Tanácsa

Írta: Haidegger Géza
MTA SZTAKI, CIM Kutatólaboratórium

NYÍLT RENDSZEREK A
GYÁRTÁSAUTOMATIZÁLÁSBAN

címu témakörből,

amellyel a Ph.D. fokozat elnyerésére pályázik

Budapest, 2001

I. Bevezetés

Értekezésem célja, hogy összefoglaljam azokat a kutatási és fejlesztési eredményeket, amelyeket az MTA SZTAKI Gépipari Automatizálási Foosztályán (GAFO), majd az Intézet Számítógéppel Segített Gyártás és Gyártórendszerek Irányítása Osztályán, később a CIM Kutató Laboratóriumában végeztem együttműködve a BME és a Miskolci Egyetem több tanszékének munkatársaival, oktatóival. Munkám során a gyártásautomatizálás egyes részterületeivel, a gépgyártástechnológia, a robotika, az informatika, az irányítástechnika, a vezérléstechnika kérdésköreivel kerültem kapcsolatba.

Kutatásaim a diszkrét gépipari alkatrészgyártáshoz kapcsolódnak, hiszen egyetemi tanulmányaimat követően az MTA SZTAKI GAFO-n olyan munkákban vehettem részt, mint a kiemelkedő sikert elért DIALOG CNC, majd annak koncepcionális továbbfejlesztése, elosztott PLC vezérlések kutatása, hálózatban együttműködő PLC rendszerek kifejlesztése, ipari gyártórendszerek irányítástechnikájának kutatása, azok kísérleti implementálása, cellavezérlők kutatása és fejlesztése. Az áttekintett időszakban erősödött meg az a nemzetközi igény, hogy a korszerű gyártásautomatizálási rendszerek legyenek nyíltak (azaz leegyszerűsítve: szabványos modulokból épüljenek fel, legyenek bővíthetőek, csereszabatosak), és ezzel biztosítsanak a hagyományos rendszerekhez képest muszaki és gazdasági versenyelőnyt. A gyártásautomatizálási ipari rendszerek nyíltságát a mai napig sem lehetett megnyugtatóan biztosítani, noha erre jelentős ráfordítású nemzetközi erőfeszítések történtek.

II. A kutatás célkitűzései

Kutatásaim célja annak a kérdéskörnek a mélyebb elemzése, hogy miért fontos a rendszerek nyíltsága a gyártástechnológiában, milyen jellemzők szerint csoportosíthatók a nyílt rendszerek, és hogy a CIM rendszerek integrációs szintjeiben az egyes nemzetközi kutatások milyen eredményeket értek el a nyílt rendszer-filozófia tekintetében.

Ezek a vizsgált területek rávilágítottak a MES (Manufacturing Execution Systems - Gyártási rendszerek valósidejű irányítása) rendszerek komplexitására, amelyekben helyet kapnak a hagyományos, alacsonyabb automatizáltságú, kezelő személyzettel működtetett gyártóberendezések és a teljesen automatizált, robotos gépcsoportok is. Feladatomból volt a gyártásirányítás integrálhatóságának elősegítése, a cellavezérlések, a berendezések modell-alapú kezelése, a nyílt MAP (Manufacturing Automation Protocol, Gyártásautomatizálási Informatikai Protokoll) rendszerek analízise és egy vállalkozást leképező, modellre épülő, oktatási céloknak is megfelelő mintarendszer megtervezése és implementálása.

A korszerű gyártási eljárások mellett megjelentek a web és az Internet alapú technológiák, amelyek az emberi jelenléttel jellemezhető munkafázisokat

teljesen új képbe helyezték. A kutatás egyik területe arra irányult, hogy miként lehet egységes modellben meghatározni a multimédia technológiák nyújtotta új munkakörnyezetekben a kiszolgáló személyzettel és a különböző mértékben automatizált termelő berendezésekkel integrált információ-folyam menedzselését a nyíltság tekintetében.

III. A kutatás módszere, hazai és nemzetközi elozményei

A rugalmas automatizálást megvalósító gyártástechnológia a világ fejlett régióiban mindenhol kutatás-fejlesztés tárgyát képezi. Az ilyen jellegu komplex rendszerek vizsgálatára születtek korszeru informatikai módszertanok, így munkám során ezekre támaszkodhattam. Ismeretes, hogy a témakör interdiszciplináris és szerteágazó volta miatt a kutatást kizárólag csapatmunkában lehet eredményesen végezni, egyénileg sokkal kevesebb esély adódik jelentos eredmények elérésére. Ez a gondolatmenet tovább is vihető: egy-egy kutató laboratórium is csak akkor lehet sikeres, ha ötvözni tudja szellemi és anyagi forrásait más intézményekkel (egyetemekkel, kutató intézetekkel) és iparvállalatokkal. Az IMS (Intelligent Manufacturing Systems, Intelligens Gyártási Rendszerek) program filozófiája szerint még tovább vetíthető a sikeres kutatómunka feltételrendszere azzal, hogy a globalizálódó világban már csak nagyon kevés ország vagy kontinens juthat olyan eredményekre, mint amelyeneket közös erőfeszítéssel, csapatmunkában el tudunk érni.

Kutatómunkámat kezdettől fogva az MTA SZTAKI gépipari automatizálással foglalkozó részlegében végeztem. A csapatmunka kiszélesedésével eleinte a magyar egyetemek, foiskolák és kulcs-szerepet játszó iparvállalatok munkatársaival kerültem szakmai kapcsolatba, majd bekapcsolódhattam az európai, az amerikai, a japán és az ausztrál kollektív együttműködést megtestesítő szakértői munkabizottságokba. Eredményeim eléréséhez nagymértékben hozzájárult, hogy több európai kutatás-fejlesztési projektben sikerült részt vennünk.

A kutatói munka spirális voltának megfelelően igényfelméréssel, analízissel, majd követelményrendszer felállításával, rendszerspecifikációval, szimulációval, megvalósítással, teszt-specifikációval foglalkoztam. Az ismereteket hazai és nemzetközi kutatási jelentésekből, publikációkból, web oldalakról szereztem. Nem kevés alkalommal személyes tapasztalatszerzéssel, hazai vagy külföldi gyárak, üzemek meglátogatásával bővíthettem ismereteimet. Nagy jelentoségu az a körülmény, hogy az ún. Hatvany iskolában ismerhettem meg a gyártásautomatizálás alapjait, és sokat meríthettem Hatvany József kimagasló szakmai és emberi kisugárzásából. A Hajós György által vezetett és szervezett Integrált Anyag- és Adatfeldolgozó Rendszerek (IAAR) magyar kutatás-fejlesztését összefogó GKFT (Gépipari Kutatás-Fejlesztési Társaság) számos kiemelkedő hazai szakember munkásságát tette számomra

megismerhetővé. A GKFT keretei között létrehozott Rendszerkompatibilitási Tanács titkáráként kezdő kutató-mérnökként ismerhettem meg a gépészeti rendszerek és informatikai rendszerek integrálhatóságának fontosságát, jövőbeli szerepét és a hazai erőforrások széles skáláját. Ez adta meg az alapot ahhoz, hogy kelő felkészültséggel állhattam ki a nemzetközi szabványosítási munkabizottságok elé. Kitartó munkánk elismeréseként létrehozhattam a MAP Kelet-Európai Regionális Munkabizottságát, az EEMIG szervezetet, és így magyar és szomszédos országbeli kollégákkal részt vehettünk világszervezetek munkájában (EMUG, EMTUG, WFMTUG), a nemzetközi szabványosításban, stb. A kutatási tématerület tevékeny magyar szereplői közül feltétlenül meg kell említenem a GKFT/GYKFT társulás tagjainak teljes körét: a BME Gépészmérnöki Karának több tanszékét, a Miskolci Egyetem több gépész tanszékét, a GTI több osztályát, a vezérlésfejlesztőket/gyártókat (VILATI és EMG), a Csepeli Szerszámgépgyárat és a SZIM, valamint a Videoton gyárait. Az Ipari Minisztérium G6 Programirodája, mint katalizátor, fontos szerepet töltött be a harmonizált hazai gyártásautomatizálási K+F menedzselésében és fenntartásában. A fenti intézmények és vállalatok kapcsán sok-sok nevet is meg kell említeni, hiszen az a jelentős munkájuknak is köszönhető a széleskörű nemzetközi elismertség. Így Nemes László, Horváth Mátyás, Somló János, Nagy Sándor, Arz Gusztáv és munkatársaik, Erdélyi Ferenc, Tóth Tibor, Csáki Tibor, Sántha Csongor, továbbá Hajdú György, Tari Antal, Tóth Iván, Bánhegyi Ottó, Wodicska Mihály, Jerzsabek Lajos, Mokry J. Ferencné szaktekintélyekre hivatkozom. Az IAAR, majd az Ipari Minisztérium G6 programjában körvonalazódott a gépipari gyártási rendszerek valamennyi kutatás-fejlesztési tématerületét felölelő gépészeti, informatikai és alkalmazástechnológiai tudás. Ebben a GKFT/GYKFT által integráltan összefogott országos méretű csapatmunkában a kutatási eredmények megközelítették a világ élvonalának szintjét.

A nyílt vezérlések témakörben az utóbbi években más intézményeknél is születtek jelentős eredmények. Hivatkozom a Kandó Kálmán Muszaki Főiskolán Schuster György csoportjának PC bázisú CNC vezérlésére, a BME GGYT tanszékén végzett alapvető kutatásokra, kiegészítve a mexikói aspiránsok nyílt CNC és Retrofit CNC munkáival, a BME Villamosmérnöki Kar tanszékein ipari adathálózatok vagy RT operációs rendszer alatti PC-bázisú vezérlésekre, web és IP alapú tele-robotikai vizsgálatokra, a Miskolci Egyetemen Strelec László pályavezérlési és felületmodellezési kérdésekkel foglalkozó értekezésére, Erdélyi Ferenc gépek és folyamatok irányítása témában írt kandidátusi értekezésére. A MAP protokollok területén megemlítem Tarnay Katalin és Harangozó József eredményeit. A Bánki Donát Muszaki Főiskola kollektívája is jelentős eredményeket ért el gyártásautomatizálás, integráció és irányítástechnikai vonalon, kiemelhető Rudas Imre, Horváth László, Bitó János, Tar József és Bencsik Attila munkássága. Az ipari eredmények közül nevezetes az NCT Kft. saját fejlesztésű CNC termékcsaládjá, amely PC bázisú és átgondolt architektúrája révén sok tekintetben megfelel a nyílt ipari CNC vezérlések

követelményeinek, és emellett piaci sikerterméknek is bizonyult. Az MTA SZTAKI-ban is sok olyan eredmény született a közelmúltban, amely kapcsolódik kutatási területeimhez, így hivatkozom Kovács György gyártórendszerek tervezéséről, Monostori László intelligens gyártórendszerekről, és Márkus András MI-ról írt doktori értekezésére, Váncza József, Mezgár István, Viharos Zsolt János, Egresits Csaba és Kádár Botond intelligens módszerekről, tervezésről készített dolgozatára, Drozdik Szilveszter eredményeire és talán legnagyobb mértékben közvetlen kollégám, Nacsa János Ph.D. értekezésére és kapcsolódó munkáira. A MAP Oktató Központ tervezésében, azok megvalósításában munkatársaim nagy szerephez jutottak, így a CIM-OSA modell elkészítésében Vészi Ágnes, a MATRAC mintarendszer szoftver elemeinek kidolgozásában Nacsa János, Nagy Gergely, Laufer Judit és Czirfusz György is részt vettek. Az intelligens MPX modul firmware-ében Csurgai Gábor munkáját dicsérhetem. Sokat tanulhattam azoktól a szakemberektől is, akiket a tudományos egyesületekben ismerhettem meg. Leginkább a Gépipari Tudományos Egyesület, a Méréstechnikai Automatizálási és Informatikai Egyesület, valamint a Magyar Robottechnikai Társulat jelentettek sokat számomra.

A fenti felsorolásból kimaradt három, jelenleg külföldön élő, de korábban a SZTAKI-ban dolgozó közvetlen kollégám: Nemes László, akinek azt köszönhetem, hogy elindított a gyártásautomatizálás és a nemzetközi harmonizálás tématerületeken, Bertók Péter, akitől a cellairányítás területén, és Bernus Péter, akitől a gyártórendszerek modellezésében tanulhattam sokat.

A nemzetközi háttér bemutatásánál a megszerzett ismeretek forrásai két nagy csoportba sorolhatók: egyrészt az európai ESPRIT (3. és 4. Keretprogram akciói), majd a COPERNICUS és az EU 5. Keretprogram projektjei kapcsán nyerhettünk új ismereteket, míg a másik forrást a japán/USA/ausztrál/EU közös, többnyire a WFMTUG-hoz (MAP-TOP Világszervezet) és az IMS-hez kapcsolódó projektek jelentették. Tapasztalhattam, hogy igazán hatékonyan csak akkor lehetséges külföldi ill. nemzetközi kutatási projektekben kikristályosodó új ismereteket megismerni és megérteni, ha magukban a kutatási-fejlesztési munkákban is szervesen részt vehetünk. Az IPR (szerzői jogvédelem) csak az egyik akadály, amely a kutatási eredmények szabad elterjedését korlátozza, ennél jelentősebbnek tapasztaltam azt a problémát, hogy a valós, sokszor többoldalú tapasztalatok nem kerülnek leírásra, közlésre. A projektek kiírói leginkább azt várják el, hogy a részteljesítések vagy zárójelentések kizárólag sikerekről számoljanak be. A kutatók szívesen teszik közkinccsé egyéni sikereiket, eredményeiket. Az üzleti sikerekben érdekelt K+F finanszírozók - értelemszerűen – látni szeretnék a ráfordítások megtérülését, továbbá elvárnák az IPR érvényre jutását. Ez a kettősség jellemzi valamennyi folyó nemzetközi kutatás légkörét, és ezt leginkább a kutatók személyes ismeretsége, barátsága oldhatja fel.

Külföldi kutatókkal való személyes kapcsolataim szintén fontos szerepet játszottak a tudományos együttműködések kialakulásában, munkáim sikerében.

A MAP felhasználói csoportokkal való szabványosítási és technológia-elterjesztési munkák alkalmat adtak arra, hogy korszerű gyárakat és fejlesztőüzemeket látogathassak meg, valamint arra, hogy barátságot köthessek neves, elismert szaktekintélyekkel, eredményes kutatókkal és fejlesztőkkel. A kapcsolatokból számos eredmény született: kooperációs projektek (München Egyetem IWB, Software Factory GmbH, EDS Rüsselsheim, IPK Berlin, CIM Laboratory UPC- Barcelona, University Swansea, Crainfield UK, IROFA Tokió), közös publikációk és az EDS adományként MAP vezérlésű irányító berendezések és egy Mitsubishi robot a SZTAKI-ban. Kiemelkedő partnerként említem meg Klaus Grund EDS vezetőt, Robert Kuba, Günther Scheffer és Thomas Löffler IWB doktoranduszokat, J.M. Fuertes professzort Barcelonából, Stephan Peppert RWTH Aachenből és Peter Lutz kollegát a Pritsov professzor vezette Stuttgarteri Egyetem Szerszámgépek Tanszékéről. A CIM mintarendszerek és a MAP/TOP technológia gyakorlati alkalmazástechnológiáját tanulhattam meg segítségükkel. Az interaktív multimédia területen sokat tanulhattam Renata Guarneritól (ITALTEL), valamint az ISLAND és az EURORIM projektek konzorciumi tagjaitól.

Több, folyamatban lévő EU 5 Kutatás-fejlesztési Keretprogram projektje, az Intelligens Gyártási Rendszerek (IMS) projektjei és a témához kapcsolódó nemzetközi szabványosítási munkaanyagok jelentettek fontos ismeretanyagot. Ezeket az ismereteket több magyar és nemzetközi fórumon, valamint egyetemi előadások keretében ismertettem.

IV. Új tudományos eredmények, tézisek

Értekezésemben a CIM rendszerek elemeit vizsgáltam, különös tekintettel a cellavezérlésekre, a CNC gépvezérlésekre és az ipari adathálózatok szabványos megoldásaira. Rendszermodellezési módszerként az európai szabványként elfogadott CIM-OSA-t (CIM Open System Architecture – CIM Nyílt Rendszer Architektúra) választottam.

Általános célú cellavezérlésre létesítettem egy modellt, amelyből többféle cellairányító berendezés konkrét megvalósítását vezettem le. A cellavezérlési funkciók szegmentálásával definiáltam egy cellavezérléseket kiegészítő modult, amely segítséget jelentett a cellairányítás egyedi adatfolyam-menedzsmentjében.

Iparvállalati integrált informatikai modellt alkottam, amely, mint megvalósított mintarendszer lehetővé tette a CIM modulok önálló vizsgálatát, és mint ipari adathálózat, a MAP (Gyártásautomatizálási Informatikai Protokoll) vizsgálatára és oktatására teremtett egyedülálló megoldást.

A cellavezérlési feladatokat MMS (Manufacturing Message Specification - Szabványos gyártási üzenetformátum) szabvány szerint specifikált VMD (Virtuális Gyártóberendezés) leírással adtam meg, és a nyílt gépvezérlések

moduljaiban ismertettem két eltéro funkciójú építoelemet: a tesztelési funkciókra specializált modult, valamint a konfigurálást végzo rendszermodult.

A távjelenlét technológiai lehetőségeire építve modellt írtam le interaktív multimédia szolgáltatásokat is támogató környezetre.

Téziseimet az alábbiakban témacsoportok szerint mutatom be:

Első téziscsoport: – cellavezérlés témakörben, az értekezés második fejezete alapján.

A diszkrét alkatrészgyártás automatizálásának feladatkörében felmerült, hogy a vállalati informatikai piramis rétegei között szükség van egy olyan középszintű irányítás-vezérléstechnikai hierarchia elemre, amelyik az operatív gyártásmenedzselést, irányítást végzi. Ezt a hierarchia szintet cellairányítási szintnek nevezték el.

1.1. tézis: Felismertem, hogy a cellairányítást ellátó vezérléstechnikai eszköz általánosítható többféle ipari, termelési technológiára és eltéro gyártási feladatokra is, továbbá definiáltam egy általánosított cellavezérlési funkcióhalmazra vonatkoztatott új modellt.

Egy ilyenfajta modellre már régóta szükség volt a szakmában, ugyanis ahány egyedi igény, annyi eltéro irányítástechnikai megoldás született, még egy gyáron belüli egymás melletti cellák esetében is. Az általánosított cella funkcionális modellje egyaránt alkalmazkodik az anyagfolyamot, anyagfeldolgozást végzo technológia-intenzív cellákhoz (forgácsoló, daraboló, lemezmegmunkáló, anyagszállító, raktározó, méro, stb. cellák), valamint az adatfeldolgozásban aktívabb szerepet játszó – adatcellának is nevezhető – gyártástervezési környezethez.

A tézisre vonatkozó publikációim: [4], [5], [6], [7], [8].

1.2 tézis: A cellavezérlés funkcióhalmazának dekompozíciójával definiáltam egy intelligens cellavezérlési almodult, amely a kommunikációs feladatok átvállalásával tehermentesíti a cellavezérlést a valósidejű adatátviteli funkciók jelentette idokritikus adatfeldolgozás alól.

Kidolgoztam egy újfajta hardver konfigurációt a cellavezérlések elosztott intelligenciájának megvalósítására.

A cellavezérlési funkciók halmazából kiválasztottam azokat a részeket, amelyek idokritikus voltak miatt erosen veszélyeztethetik, de legalábbis lelassíthatják a cellavezérlés működését. Az elemzés alapján a cellaműködésben azokat a feladatokat találtam idokritikusoknak, amelyek külső berendezésekkel való kapcsolattartásban, azaz cellakommunikációban működnek közre. Ilyenekre jellemző példa a CNC-ekkel, PLC-ekkel, BDE terminálokkal való

kommunikáció, hiszen a lassú, soros vonalakon vagy a nagyobb sebességu lokális adat-hálózatokon a protokollok kezelése időigényes, és sokféle „lefagyás vagy kiakadás” veszélyt hordoz magában.

Az 1.2 tézisre vonatkozó publikációim: [9], [10], [11].

Második téziscsoport: Integrált Informatikai vállalatmodell MATRAC környezetben.

Az értekezés harmadik fejezetében mutatom be a modellezéshez használt CIM-OSA (CIM-Open Systems Architecture, CIM Nyílt Rendszer Architektúra) valamint az egységes ipari adathálózat MAP (Manufacturing Automation Protocol, Gyártásautomatizálási Informatikai Protokoll) szabványrendszereket, míg a negyedik fejezetben írtam le a második téziscsoportozhoz tatózó két kapcsolódó tézist.

A gyártásautomatizálási feladatok nagyarányú fellendülése és az informatikai adathálózatok térnyerése révén az 1980-as években megszületett az igény az egységes, nyílt adathálózatok kifejezetten gyártásautomatizálási felhasználására.

2.1. tézis: Kialakítottam egy referencia-modellt az integrált informatikai (kis-) vállalatokra, amelyben valamennyi lényeges vállalati funkció helyet kapott. A rendszer egy MAP hálózaton futva tesztelési, fejlesztési lehetőséget teremtett. A MAP hálózatok oktatására és tesztelésére is jó lehetőségeket kínál a MATRAC környezet. A referencia-modell sokszínűségét egyrészt a rendszerben megjelenő több eltérő berendezés, másrészt az azon bemutatható, tesztelhető, kikísérletezhető feladatok sokasága jellemzi.

A vállalati mintarendszert a CIM-OSA modellezési elveket és a SADT/IDEF módszertant követve terveztem meg. A MAP alapú adathálózatok oktatása bonyolultságukból és speciális kábelezési rendszerükből adódóan komplex feladatot jelent az egyetemi képzés vagy a továbbképzés szintjén. Az adott időben kínálkozó lehetőségeket felismerve meghatároztam azokat a követelményeket, amelyekkel érdemes volt egy vállalati modellt leképezni, oktatási célú adathálózati rendszert kialakítani.

A 2.1. tézisre vonatkozó publikációim: [16], [17], [18], [19], [20], [13], [14], [15], [22], [24].

A MATRAC (MAP TRaining Centre) mintarendszere alkalmasnak bizonyult a ráháruló feladatok ellátására, több éven át rendszeresen szolgálta a villamosmérnök és gépészmérnök hallgatók oktatását. Sok hazai és külföldi ipari és egyetemi szakembernek tartottunk bemutatót a rendszeren.

A gyártási környezetben az integrálásra alkalmas berendezések és eszközök igen sokfélék, hiszen az alkalmazott gyártási technológiák más és más ipari eszközöket, irányítási modulokat, stb. igényelnek. Az integrálhatóság

informatikai feltétele az adott eszköz vezérelhetőségének és megfigyelhetőségének kiépítettsége. A MAP egy technológiát kínál az eltéroléhetősegekkel rendelkező, integrálandó berendezések harmonizált kezelésére.

2.2. tézis: *Egységes modellt definiáltam MAP interfészek megvalósulására. Ugyanazon modelltól leszármaztatva implementálhatók a MAP interfésszel és a nem MAP interfésszel ellátott vezérlőrendszerek.*

Vezetésem alatt kidolgoztuk a MAP alapú cellavezérlés MMS bázisú modelljét, és azt munkatársaim eltéroléhető robottípusokra implementálták [12], [21], [25], [23]. A MAP interfésszel nem rendelkező vezérlésekhez a modelltól leszármaztatott PNIU, programozható hálózati interfész berendezést kell csatolni (BME MMT, MATRAC).

A MAP szabványrendszer 7. alkalmazói rétegében a legfontosabb protokoll elem az MMS (Manufacturing Message Specification – Gyártási Üzenet Specifikáció). Ez a protokoll lehetővé teszi a gyártásautomatizálási feladatok objektum-orientált leírását, programozását, működtetését. A cellavezérlés VMD (Virtual Manufacturing Device – Virtuális Gyártóeszköz) leképésével mind a kliens, mind a szerver feladatkört ellátó gyártási konfigurációt meg tudtuk valósítani.

Harmadik tématerület: Nyílt vezérlések kutatása, vezérlésekbe integrálható funkcionális modulok definiálása és kialakítása.

A nyílt ipari vezérlések kérdéseivel foglalkoztam az 5. fejezetben. A kommunikációs és vezérlési referencia-architektúra világszerte jelentős kutatási tevékenység tárgyát képezi. Megvizsgáltam a legjelentősebb gyártói és csoportmunkában definiált nyílt referencia-architektúrákat, valamint az azokra épülő nyílt vezérlés-modulokat.

3. tézis: *Definiáltam egy nyílt vezérlési rendszermodult, amely a vezérlések helyszíni szervizelését, tesztelését, bemérését végezheti el.*

Tapasztalatom és az irodalmi ismeretek alapján is a vezérlő-berendezések (CNC-k, RoC-k, PLC-k) és a technológiai gépek, gépcsoportok összekapcsolása, „behuzalozása” sok időt és jelentős szakmai ráfordítást igényel. Ugyancsak szakember-hiány a jellemző, amikor a nagybonyolultságú gépcsoportokat szervizelni kell, vagy hibát kell elhárítani. Ezen feladatok számítógépes segítségére és támogatására tehát érdemes és célszerű egy nyílt vezérlési rendszermodult kialakítani.

A 3. tézisre vonatkozó publikációim: [1], [2], [3].

A méreorendszert a DIALOG és a CONESYS vezérlőrendszerek családjában próbáltam ki. Az EVIG kismotor gépgyárban újítási díjat kaptam a tesztmodul integrálásáért. A teszter - kialakítástól függoen - alkalmas a kábelek rövidzár és szakadás vizsgálatára is. A kábelezés ellenorizhetosége önmagában is nagy elonyt jelenthet, mert ipari vezérlések környékén majdnem mindig sok-sok különböző kábel köteg van. Egy speciális algoritmust dolgoztam ki a kapcsolatok rövidzár-szakadás ellenorzésére. Ugyanez az algoritmus a tesztelendo digitális áramköri NYÁK lemezeken a funkcionális tesztek elindítását megelőzoen, még tápellátás nélkül futtatja le a tesztet. Ezáltal a digitális kártyák bemeno-kimeno kapcsoltpontjai közötti szakadásokat és rövidzárakat tudok beazonosítani.

Negyedik tématerület: Az emberi kiszolgálású munkahelyek modellezése és logikai integrálása témáját, valamint a multimédia kérdéseit a 6. fejezetben dolgoztam fel.

4. tézis: Kidolgoztam egy emberi munkahelyet kiszolgáló gyártásautomatizálási környezet MMS VMD modelljét. Felvázoltam egy architektúrát, amelyben az irányítási és a felügyeleti informatikai rendszer rendelkezik egy szabványos elemekből építkezo multimédiás hálózattal, amelyen keresztül menedzselhető a teljes rendszer multimédia (MM) bázisú információfolyama.

A technológiai fejlődéssel lépést tartva, az emberi munkahelyek leírásánál nyílt interfész definiálását tartom célszerűnek. A nyíltság értelmezésében a szükséges információkat a megfelelő időben kell a kello egyénekhez vagy berendezésekhez eljuttatni. Az emberi jelenlét a gépesített környezetben hibrid információfolyam menedzsmentet tesz szükségessé.

A 4. tézisre vonatkozó publikációim: [26], [27], [28], [30], [29], [31], [32], [33].

A virtuális gyártás és a virtuális környezet kutatási irányvonal is számos ponton találkozott az új emberi kiszolgálású munkakörnyezet kérdéseivel. Ebben a témában megjelent publikációim: [34], [35], [36], [37].

V. Az eredmények hasznosítása

A tézisekben felsorolt kutatási eredményeimet, valamint a kapcsolódó fejlesztési munkáimat számos formában és helyen lehetett hasznosítani. Ezek között megkülönböztetek oktatási célú és ipari célú hasznosulást.

Az általánosított cellavezérlési modell-architektúra javaslatom alapján készültek el a cellavezérlési rendszerimplementációk. A kezdeti részfunkciókat a HTG CONESYS elosztott PLC rendszerében kísérleteztük ki, majd az elso

tényleges cellavezérlőt a BME GGYT oktatási CIM mintarendszerében a forgácsoló cella vezérlésénél implementáltuk. A VILATI egri gyárában a NYÁK gyártó cella vezérlése, valamint a mexikói Monterrey Egyetem oktatási forgácsoló cellavezérlése jelentette a további realizációkat. Külön említendő eredményemnek tekintem a cellavezérlések cellán belüli, elosztott intelligenciát jelento kommunikációs modulelemének, az intelligens multiplexer egységnek a kifejlesztését, amely modult a Paksi Atomeromu Vállalat és több kis cég is alkalmazta kommunikáció-intenzív PC-s vezérlési feladatok sikeres megoldásában.

MAP Training Centre (MATRAC) kiépítésének hasznosulása is többoldalú volt. Egyrészt ipari termelővállalatok integrált informatikai modelljét készítettük el rajta, amelyhez alkalmaztuk a CIM-OSA módszertanát, valamint a SADT/IDEF leírási technikákat. A (kis)vállalatokra jellemző funkcionális modulok a MATRAC-on elosztott feldolgozású irányítási rendszerként kerültek beillesztésre. Második hasznosulási területként a SZTAKI-n belüli fejlesztési osztály és a kutató laboratórium munkatársainak jelentett kitűnő tanulási környezetet, hiszen ezen fejlesztési környezetben tudtuk igazán megismerni a MAP-t és a kapcsolódó technológiákat. Hasznosult a MATRAC abban is, hogy az értekezésemben részletezett 15 BME diplomaterv jelentősebb kapcsolódással a MATRAC-kereteiben végzett tanulmányokra épülhetett.

A robotvezérlés VMD-t a Müncheneri Egyetem IWB tanszékén kialakított rugalmas szerelőrendszerben tudtuk implementálni, ott 9 eltérő robotkonstrukcióból kialakított szerelőrendszer több eleme kapott „MATRAC” alapú irányítási interfészt.

Külön is megemlítem a „MATRAC” környezetben kidolgozott MAP interfészt IWB fejlesztésű, intelligens lézer-szenzor sikerét. Az IWB által szervezett SYSTEC kiállításon a szerelőrendszer szervesen integrált szenzoraként működött a MAP interfészünkkel csatolt intelligens lézer-szenzor, amely biztonsági, védelmi funkciót látott el a robotok anyagmozgatási tértartományában.

Az aacheni RWTH vezette PROARC EU projektben a Kandó Kálmán Muszaki Foiszola által üzemeltetett KUKA robot végzett egyedi termék gyártást biztosító hegesztési folyamatokat. Az integrált CAD és CAM rendszerben a „MATRAC”-ban fejlesztett robotvezérlő MMS interfészén keresztül kapcsolhattuk össze az irányítási elemeket.

A BME Muszer és Méréstechnika Tanszék oktatói MAP mintarendszer-alkalmazást részletesen is bemutattam a téziseknél. Ennél az alkalmazásnál NYÁK tervező és gyártó cella készült el 4 MAP-pel csatolt berendezés integrálásával.

A mexikói Monterrey Egyetem robotos megmunkálócella vezérlése 2 átrakórobot és 2 szerszámgép kiszolgálására lett kialakítva.

Az OSACA kutatási projekthez történő késői csatlakozásunk után nagyon hamar megszülettek az OSACA vezérlési rendszer magyar kiegészítései. Elsőként a CIM Labor mutatott be WinCE platformon futtatott OSACA architektúrát, ezáltal kibővítve az elérhető OSACA konform platformokat a beágyazott vezérlési kategóriának tervezett irányítási rendszerrel.

Az OSACA rendszer-architektúra magyar ipari felhasználását megcélzó HOSACA projektben a vezérlés nyitottságát azzal is demonstráltuk, hogy interaktív multimédia (IMM) applikációt is futtattunk a demonstrált CNC prototípuson. A kezelői felület teljes nyitottságával több multimédiás ablak megnyitása is lehetségessé vált. Real-time, folyamatközele video és hang felvétele, rögzítése és képernyőre vetítése folyt egyidejűleg régebben eltárolt multimédia fájlok bemutatásával, képek vetítésével. Ebben a rendszerben meggyőzően lehetett demonstrálni az interaktív multimédia hasznos információközvetítő szerepét és funkcióit.

Az EU ISLAND projekt keretében dolgoztuk ki a PC vezérlésekbe azokat a nagy sáv szélességet szolgáltató HW/SW interfészeket, amelyek Európában elsőként implementálták az IEEE 802.9 LAN szabványhalmazt. A müncheni SYSTEMS kiállításon egyedüli olyan kiállítók voltunk, akik PC bázison, full-duplex módban, teljes képernyőre, valós időben (2Way, full screen, RT) tudtunk például egy ICAR kórházi interaktív multimédia minta-alkalmazást futtatni 4 központhoz kapcsolt felhasználói PC konfiguráción.

Vezérlések szervizelése, helyszíni hibajavítása, diagnosztizálása hosszú időn keresztül szerepelt kiemelt kutatási-fejlesztési témaként úgy Magyarországon, mint nálunk iparilag fejlettebb országokban. A vezérlőrendszereknél alkalmazott mérés technika és diagnosztika az évek során legalább annyit fejlődött, mint maga a vezérlések technológiája. Eleinte csak speciálisan képzett szervizések javíthattak vezérléseket, majd kezdett elterjedni a rendszerbe épített távdiagnosztika, és a globális kommunikáció nyitottsága révén ma már szinte bárhol a világon alkalmazhatjuk a nyilvános hang vagy adathálózatokon keresztüli számítógépek közötti adatcserét, azaz annak távdiagnosztizálásra kidolgozott alkalmazását.

Az általam kidolgozott és magvalósított diagnosztikai rendszer, mint egy nyitott vezérlés funkcionális modulja, lehetővé teszi az elektronikus modulok és kábelek funkcionális bemérését, vezetett mérés technológiával pedig a modulon belüli alkatrészszintű diagnosztizálást. A modell néhány vezérléstípusra kézenfekvő, hasznos többletszolgáltatást nyújt, más vezérléstípusoknál nem tud érdemlegesen hasznos szerepet betölteni. Az, hogy melyik kategóriába sorolható egy konkrét vezérlés, azt a modulok „szabványos” mechanikai és elektromos interfésze határozhatja meg. A DIALOG és a CONESYS vezérlés-család elemeire a modell rendkívül jól bevált, úgy a gyártás végi ellenőrzési fázisban mint a terepi, helyszíni szervizelésnél nagy javítási-szervizelési hatékonyságot eredményezett bevezetése.

VI. Továbblépési irányok

Mind a gyártási rendszerek irányításának nyitottságára vonatkozó fejlesztésekben, mind az emberi hibrid munkahelyek korszerű informatikai interaktív multimédiás alkalmazásában számos olyan terület kínálkozik, amelyeknek kutatása segít az ipari alkalmazások gyorsabb, korszerűbb megvalósulásában.

A negyedik tétiscsoportban vázolt VMD modellek felhasználása Széchenyi terves kutatási –ipari projekteknél (digitális gyár) és az EU 5. Keretprogram pályázataiban (GLOCON, FREE-HANDED) a távmegfigyelés és távjelenlét szolgáltatások implementálásában kerülhetnek kipróbálásra.

VII. Az értekezéshez kapcsolódó publikációim

Az értekezésben 155 olyan publikációt jelöltem meg hivatkozásokkal, amelyek a munkám, a nyílt rendszerek kutatása-fejlesztése során születtek. A tézisfüzetben csak a téziseket közvetlenül bemutató vagy azokhoz kapcsolódó publikációimat sorolom fel:

- [1] Haidegger és mts-i: Gyártó és ellenőrző rendszer a Híradástechnikai Gyárban, Rendszerterv a gyártmány és a gyártás minőségellenőrzésére, 1984
- [2] Haidegger Géza, Csurgai Gábor, Krizsán András: Digitális áramkörök automatizált funkcionális bemérése. XXII. Ipari Elektronikus Mérés és Szabályozás Szimpózium, Balatonszéplak. MATE, 1985.
- [3] Csurgai Gábor, Haidegger Géza, Krizsán András: Mikroszámítógépen alapuló automatizált mérőrendszer digitális kártyák tesztelésére. Mérés és Automatika, 1985. november.
- [4] Bertók, Csurgai, Haidegger: General Manufacturing Cells – a modular approach to manufacturing cell control. CIRP Journal on Manufacturing Systems. Vol.16. No.1. 1987. pp 39-42. Reprints from: Proceedings of the CIPR Seminar on Manufacturing Systems, Stuttgart, June 5-6, 1986.
- [5] Csurgai, Haidegger, Bertok: Intelligent Cell Controllers form Nodes on Factory Network. 17th Int. Symp. on Automotive Technology & Automation (CIM & MAP) ISATA, Volume 1, paper # 87178, 1987 Oct. 25-30 München, Germany.
- [6] Bertók, Csurgai, Haidegger: Flexible Manufacturing Systems with General, Easily Reconfigurable Cells. In: IEE International Conference on

- CONTROL 13-15. April. 1988. Institution of Electrical Engineers, UK. pp.:207-211.
- [7] Bertók, Csurgai, Haidegger: The Integration of Intelligent Cell Controllers into Factory Networks. In: IFIP/IFAC 7th PROLAMAT'88, Dresden, Germany, 14-17. June 1988. (Ed. Kochan, Olling), Volume II. Session 3. pp.:445-451.
- [8] Bertók, Haidegger, Kovács, Létray, Mezgár: Design Aspects of Reconfigurable Manufacturing Cells as Building Blocks of Flexible Manufacturing Systems. In: Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Intelligent Control. Aug. 24-26, 1988 Arlington, USA.(ed. Stephanou, Meystel, Luh) pp. 751-756.
- [9] Haidegger, Csurgai, Zsuffa: Többsatornás intelligens soros bővítoegység IBM-PC ipari alkalmazásokhoz. XXV. IEMSZ Balatonszéplak 1988. szept. 1-3. old. 220-222.
- [10] Haidegger Géza: Többsatornás, intelligens, soros bővítoegység. COMPUTERWORLD Számítástechnika, 1989/3. jan. 14. old. 9.
- [11] Haidegger, Kovács, Bertók. Csurgai. Gregus: Intelligens perifériavezérlő ko-processzor – mint az automatizálás és folyamatirányítás egy korszerű eszköze. Automatizálás '89 konferencia. Székesfehérvár, 1989. szept. 28-30. 1. kötet. MATE old. 251-256.
- [12] Klaus Grund, Géza Haidegger: MAP 3.0 Product & Installation Summary. International Conference: Automation of Manufacturing and Scientific Research based on MAP/TOP, Moscow, 23-24 May 1991. International Center on Informatics and Electronics. EMUG-WFMTUG: pp. 1-9.
- [13] Kovács, Haidegger: MAP Applications in European CIM Pilot Plants. 6th International Conference on CAD/CAM Robotics & Factory of the Future, London. 19-22 Aug. 1991. (Ed. Hrishi Bera, Raj Gill). Section F. System Architecture: FMS & CIM. pp. 476-481.
- [14] Kovács, Haidegger: MAP Networking to Assist CIM Implementations. In: Proceedings of the CAMP'91, Budapest, 25-27. Sept. 1991. pp. 126-133.
- [15] Nacsá, Haidegger, Kovács: Setting up a MAP Training Centre in Budapest. EMUG Implementation & Application Seminar, Berlin Oct. 15. 1991. pp. 1-10. EMUG I&A Proceedings.
- [16] Vészi Ágnes, Haidegger Géza: CIM-OSA, Nyílt rendszerek architektúrája CIM tervezéséhez. Tanulmány, MTA SZTAKI, 1991. MATRAC.
- [17] G.L.Kovács, G. Haidegger: The Past, the Present, and the Future. Integration in Manufacturing: From FMS and FMC to CIM. Chapter 10

- In: Computer Integrated Manufacturing, Edited by: Ayres, Haywood, Merchant, Ranta, Warnecke, Published in 1991. Volume II: pp. 203-218.
- [18] Haidegger, Nacsa, Vészi: Utilizing the HMUG's MAP Training Centre, IN: MAP/TOP Conference, Nabereshnie Chelny, Tatarland. Jan. 1992.
- [19] Nacsa, Haidegger: MAP Activities in Hungary, Setting up a MAP Training Centre. In: Enterprise Networking Event'92 Conf. Section 12: Training others in OSI Forum. March 16-19, 1992. Washington.D.C. Sect. 12. pp.8.
- [20] Nacsa, Haidegger, Kovács: MAP Training Centre as a Test-bed for OSI Products in Manufacturing, Mérés és Automatika, 40. évf. 1992. old. 164-166.
- [21] Kovács, Haidegger, Nacsa, Nagy: Plans of the MAP Training Centre in Budapest. In: XV. International Symposium on Nuclear Electronics and International Seminar CAMAC-92, Warsaw, 29 Sept.-2.Oct. 1992. pp.81-90.
- [22] Nacsa, Haidegger, Kovács: MAP Training Centre as a Test-bed for OSI Products in Manufacturing, MATE Automation'92 Conference, 1992. Vol.2. pp. 363-371.
- [23] Nacsa, Haidegger, Nagy: MAP Training Centre in Budapest, SYSTEC'92, European MAP/TOP Forum 19. Oct. VDI. SYSTEC. Proc. Sec.I. MAP Around the World.
- [24] Haidegger, Vészi, és mts-i: MAP Oktató Központ, Vállalati-gyári informatikai mintarendszer modellje. 1992. MATRAC. MTA SZTAKI tanulmány
- [25] G.Haidegger, G.Nagy: Cell-Controller Design for a Flexible PCB Drilling Station. In: MECHATRONICS, the Basis for New Industrial Development. (Ed. Acar, Makra, Penney), International Conference Proceedings. ISBN: 1 85312 367 6- pp. 49-52.
- [26] Haidegger, Kopácsi: Telepresence with Remote Vision in Robotic Applications, In: Proceedings of the 5th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region RAAD 96. Volume 1. June 10-13. Budapest (Ed. Rudas), Hungarian Robotics Association, ISBN 963 420 482 1, pp. 557-562.
- [27] Géza Haidegger: Linking Remote Intelligent Vision Systems. In: Proceedings of the Mechatronics'96, September 18-20, 1996. Univ. do Minho, Guimaraes, Portugal. Vol.1. pp. 1-297-1-302.

- [28] Haidegger Géza: Látórendszerek a Mechatronikában, Mechatronika'96 Konferencia Kiadvány. Budapest, 1996. dec. 16. old. 71-73.
- [29] G. Haidegger, S. Kopácsi: Guidelines on Interactive Multimedia for Use in Distance Education: The Results of EU ACTS Projects in Interactive Multimedia. In: European Distance Education Network EDEN Conference. 23-25 June. 1997. TUB. Budapest, pp. 166-169.
- [30] Haidegger, Kopácsi: Interaktív multimédia –ipari – alkalmazásai. XXXII. Ipari Informatika, Elektronika, Mérés és Szabályozás Szimpózium IEMSZ'97 Eloatásai, Budapest, 1987. szeptember 17-18. old. 175, 176.
- [31] Haidegger, Nacsa: Dissemination by Guidelines on Interactive Multimedia, the Results of EU ACTS Projects. 2nd International Conference on MM Technology and Digital Telecommunication Services, Oct. 27-29 1997. Budapest.
- [32] G. Haidegger: Advanced Communication Technologies in the Factories of the Future. In: Proceedings of the Mexican-Hungarian Workshop on Factory Automation and Material Sciences, ISBN 963 311 3504. Miskolc, Budapest 25-29. May 1998. pp. 33-35.
- [33] Haidegger, Kovács, Kopácsi: Interactive Multimedia Applications at the Shop Floor. In: B,D,E,F Sections' Editions, XIIIth Conference on Machine Tools, GTE. Miskolc, University of Miskolc, pp. 14-22.
- [34] Sylvester Drozdik, Géza Haidegger, Gilberto Herrera: Next-generation Open Controllers needed in the Factories of the Future. In: Proceedings of the Second Mexican-Hungarian Workshop on Factory Automation and Material Sciences, 9-11 March, 1999. Queretaro, Mexico. pp: 77-81.
- [35] S. Kopácsi, G. Haidegger: Application of Virtual Reality Tools for Planning, Analysing and Control of Flexible Manufacturing Systems. AI2000.
- [36] Haidegger, Kovács: Interactive Multimedia as an Affordable Tool in Factory Environment. 2000. 18-20. Sept. Bordeaux ASI '2000 Preprints pp. 6-7.
- [37] Haidegger Géza, Drozdik Szilveszter, Nacsa János: HOSACA vezérlőrendszer prototípusa. DOC. OMFb tanulmány, 1999.