

# REȚELE DE COMUNICAȚIE ÎN CIME

ing. Dan Buzuloiu

Institutul de Cercetări în Informatică

## Rezumat:

Lucrarea încearcă să fie o introducere în conceptele rețelelor de comunicație specifice CIME. Deși inițial în implementările CIME au fost folosite rețele de uz general, având în vedere cerințele specifice ale acestui domeniu, au fost dezvoltate noi concepte, standarde și tipuri de rețele și protocoale. Acestea s-au răspândit rapid și ocupă azi o parte importantă a pieței în domeniu, dezvoltându-se continuu. Se încearcă o surprindere a stadiului actual de dezvoltare al familiilor de protocoale MAP și MiniMAP (cu implementarea japoneză de ultim moment, FAIS), punându-se un accent deosebit pe MMS (Manufacturing Message Specification), componenta cea mai specifică a MAP. Se prezintă o parte din standardele utilizate în acest domeniu. Se face apoi o trecere în revistă a rețelelor de cîmp, utilizate pentru interconectarea nivelului dinspre proces al automatizărilor (incluzînd traductorii și elementele de execuție). Se pune un accent special pe standardele FIP și Profibus, ca fiind cele mai bine conturate pînă la apariția standardului american ISA SP 50 (așteptată în 1993).

## 1. Cerințe ale sistemului de comunicație în CIME

În general un sistem CIME este format dintr-o colecție de echipamente de calcul și software eterogene, cu funcții diferite și cu o răspîndire spațială de ordinul km. Modul de interconectare al acestora are un rol deosebit în realizarea funcționalității globale a sistemului. În figura 1 se prezintă un model al unui sistem de fabricație integrat prin calculator, model care, cu mici variații este recunoscut de majoritatea specialiștilor în domeniu [4, 7, 20].

În [10] se prezintă și o altă delimitare ierarhică a componentelor CIME (figura 2), din punct de vedere al sistemului de comunicație.

În [20] se prezintă tabelul 1, în care se arată caracteristicile diferitelor tipuri de mesaje care trebuie transmise prin mediul de comunicație.

Cu cît ne apropiem de nivelul de jos al controlului procesului (celule, stații de lucru), cu atît cerințele referitoare la timp sînt mai restrictive, în



Figura 1: Piramida CIME

schimb datele vehiculate au o structură mai simplă iar serviciile care trebuiesc asigurate de rețea nu mai comportă o diversitate atît de mare.

Pentru nivelurile superioare, de proiectare, ordonanțare și chiar conducere a producției, constantele de timp sînt relativ mai mari, în schimb, informațiile vehiculate prin mediul de comunicație au o structură mai complexă și un volum mai mare. De asemenea, operațiunile care trebuie executate asupra datelor presupun servicii complexe care trebuiesc asigurate de rețea (terminale virtuale, lucrul cu fișiere etc.).

O cerință importantă este determinismul livrării mesajelor, adică asigurarea faptului că mesajele sînt transmise într-un timp determinat și că ordinea de livrare la cel care recepționează este identică cu cea de creare a lor.

Alte cerințe sînt:

- fiabilitate ridicată și media timpului între două căderi mare. Aceasta se realizează de obicei prin redundanță (care poate fi, după importanța procesului, cu rezervă caldă sau rece), componente electronice speciale, fiabilizare a echipamentelor înainte de montarea în instalație etc.;
- imunitate la perturbații electromagnetice, foarte puternice în mediu industrial. Ideală din acest punct de vedere este fibra optică. De altfel comunicația prin fibre optice este tot mai utilizată în sistemele CIME, fiind sprijinită prin numeroase standarde și produse, iar prețul ei scăzînd continuu;
- utilizarea în cît mai mare măsură a cablurilor existente în momentul introducerii sistemului CIME. Aceasta este o cerință în special pentru partea cuplării on-line cu procesul de condus;
- utilizarea unui număr cît mai mic de legături fizice noi. Montarea de noi cabluri este întotdeauna privită cu suspiciune de beneficiari, fiind considerată dificilă.

Tabelul 1: Caracteristicile tipurilor de mesaje

Tip mesaj	Întârziere permisă	Lungime mesaj	Frecvența apariției	Clasificarea
Fișiere grafice	1-100s	>10kbiti	rară	Mesaje necritice din punct de vedere al timpului
Fișiere de date	1-100s	1-10kbiti	foarte rară	
Programe	1-100s	>10kbiti	f. rară	
Semnale sincroniz.	1-100ms	8-64biti	foarte frecventă	Mesaje critice din punct de vedere al timpului
Val. nom. și actuale semnale	20-100ms	<10kbiti	frecventă	
Evenimente	0,1-80s	8-64biti	rară	

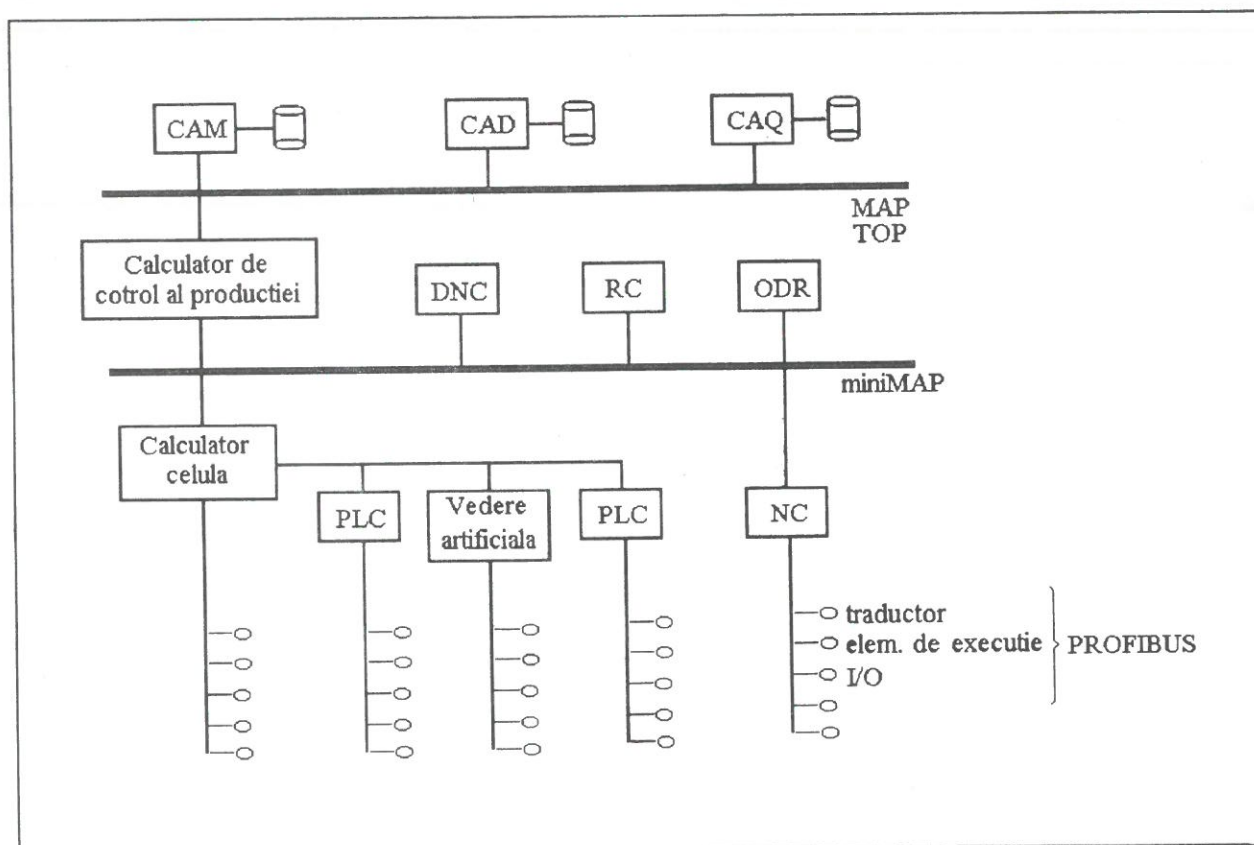


Figura 2: Interconectarea în rețea în tehnologia automatizărilor

Costurile cablurilor cresc continuu, motiv pentru care se preferă multiplexarea semnalelor, atât în partea dinspre proces cât și în partea de sus a piramidei (pentru acesta din urmă prin transmisia în bandă largă).

După cum sistemele CIME au evoluat din sisteme de gestiune economică, conducerea producției, conducerea fabricației, conducerea proceselor, etc, sistemele de comunicație aferente s-au dezvoltat din două direcții: de sus în jos (dinspre conducere înspre proces) și de jos în sus (dinspre "cîmp" înspre conducerea procesului). Deși s-a încercat integrarea tuturor serviciilor care trebuiau asigurate într-un singur tip de sistem de comunicație, acest lucru nu s-a reușit, avînd în vedere eterogenitatea acestor servicii și cerințele lor contradictorii.

## 2. Rețele de comunicație pentru nivelurile superioare CIME

Aceste rețele necesită structuri pentru stabilirea de legături între sectoarele de proiectare, pregătire și urmărirea producției, marketing, control de calitate și secțiunile de producție. Trebuie de asemenea, să permită conectarea la rețele publice. La acest nivel se lucrează cu structuri complexe de date, baze de date relaționale, informații de tip grafic (documente, desene etc.). Volumul de date care trebuie transferat pe rețea este ridicat.

Primele implementări la acest nivel au fost făcute de obicei cu rețele de firmă. Ar putea fi amintite aici arhitecturile DNA (cu rețeaua DECnet aferentă) și SNA ale firmelor Digital respectiv IBM. Acestea au cunoscut o evoluție continuă în decursul timpului, în acest moment avînd o structură complexă.

Impunerea celor două tipuri de rețele s-a datorat și caracteristicilor lor superioare, dar și sectorului important de piață deținut de cele două firme. Alte soluții utilizate sînt rețele locale (LAN). Acestea au proliferat în ultimul timp odată cu proliferarea calculatoarelor IBM-PC și a stațiilor de lucru. Cele mai utilizate sînt cele ale firmelor Novell, 3Com și IBM (IBM-TRN).

În prezent există porți (gateway) pentru interconectarea acestor rețele.

O altă soluție este familia de protocoale TCP/IP, dezvoltat de agenția de cercetare științifică americană DARPA. TCP/IP, a devenit un standard "de facto", care își datorează succesul includerii sale în sistemul de operare UNIX. TCP/IP are avantajul major al disponibilității sale pentru o varietate mare de echipamente și de sisteme de operare, chiar în domeniul automa-

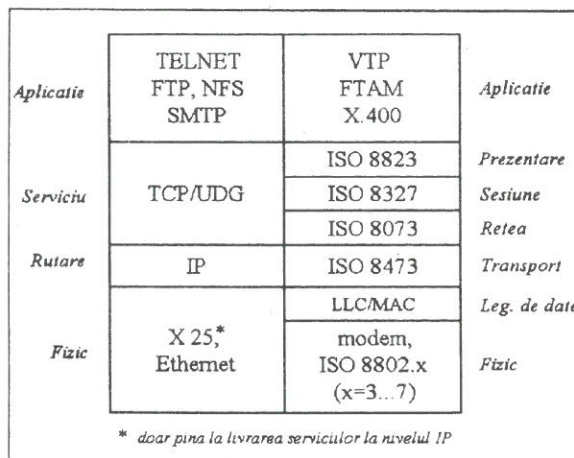


Figura 3: Arhitecturile TCP/IP și OSI

tizărilor industriale. Un alt avantaj este tratarea unitară a rețelelor locale (bazate pe IEEE 802.3 Ethernet) și cele larg răspîndite geografic (cu conexiuni punct la punct). În figura 3 este dată stratificarea protocoalelor din familia TCP/IP.

Componentele sale sînt:

- TELNET - Network Terminal Protocol - asigură accesul unui utilizator la orice computer din rețea, prin servicii de terminal virtual.
- FTP - File Transfer Protocol - permite transferul de fișiere SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) - posta electronică.
- TCP-Transmission Control Protocol - Nivelul care asigură gestionarea conexiunii și transportul datelor.
- IP - Internet Protocol - interconexiunea rețelelor, intrarea și livrarea datelor.
- UDG - Protocol de transport fără stabilirea conexiunii.
- NFS - Network File System) Sistem de fișiere.

O observație importantă este că pe viitor se așteaptă migrarea TCP/IP către modelul ISO/OSI. Superioritatea acestui model față de TCP/IP a determinat numeroase organizații guvernamentale americane, printre care și Departamentul Apărării, să anunțe migrarea spre OSI în următorii 10 ani [3].

Disponibilitatea pe un număr mare de platforme a TCP/IP, legătura sa strînsă cu UNIX, migrarea sa viitoare către modelul ISO/OSI precum și existența rețelei larg răspîndită geografic Internet (sau Arpanet) sînt considerente care recomandă utilizarea TCP/IP la nivelurile superioare

ale sistemului de comunicație CIME. În acest moment există multe produse program care suportă standardul TCP/IP mai curînd decît standardele MAP/TOP. Totuși, absența serviciilor de mesagerie industrială standardizate (mai ales la nivelurile de jos) poate duce la implementări de firmă, care ca atare nu se pot încadra în concep-tul de sistem deschis.

Soluțiile prezentate mai sus au fost create pen-tru comunicații în aplicații de birotică, gestiune economică etc, neavînd decît posibilități oarecum limitate în domeniul automatizării producției in-dustriale ( datorate lipsei de interfețe către acest domeniu). Totodată, avînd în vedere numărul deja impresionant de produse hardware și soft-ware existente în cadrul unei întreprinderi, se pune problema interconectării lor. Acesta necesită o abordare standardizată a mediului de comunicație, care să ducă la independența uti-lizatorului de o singură linie de produse, a unui unic producător (o observație trebuie făcută totuși asupra TCP/IP, cu o bună conectivitate între di-verse tipuri de echipamente). Astfel s-au născut noțiunile de sistem deschis și de interconectare a sistemelor deschise.

## 2.1. Modelul ISO/OSI

În 1977, Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO) a format un comitet pentru a crea un model de referință pentru interconectarea sistemelor deschise.

Acest model de referință a făcut obiectul stan-dardului ISO 7498 (apoi adoptat și de CCITT sub denumirea X.200).

După modelul de referință au urmat multe alte standarde care au specificat serviciile, protocoalele și funcțiile diferitelor niveluri OSI, gestionarea rețelelor etc.

În figura 3 se prezintă stratificarea modelului OSI iar în figura 4 se prezintă interacțiunea între entități situate pe același nivel sau între entități situate pe niveluri adiacente. Nu insistăm asupra modelului OSI. O prezentare a acestuia poate fi găsită în [1, 2, 3, 7].

La începutul anilor 80 avînd la bază modelul ISO/OSI au fost formate grupuri de producători care au dezvoltat două standarde de protocoale: TOP (Tehnic and Office Protocol) pentru in-tegrarea activităților legate de birotică și MAP (Manufacturing Automation Protocol) pentru au-tomatizarea activităților într-o întreprindere.

Primul standard a fost dezvoltat în principal de firma Boeing iar al doilea de General Motors.

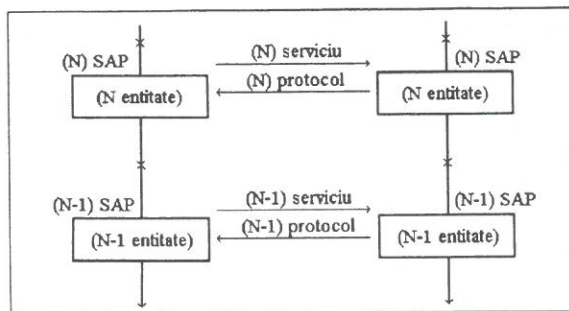


Figura 4: Arhitectura OSI multinivel. Terminologie

## 2.2. MAP

MAP este de fapt o exploatare sistematică a stan-dardelor OSI, fiind prima implementare de marcă a acestora. Specificațiile standardelor OSI au fost extinse în trei direcții pentru nevoile particu-lare ale fabricației: MMS (Manufacturing Message Specification), Serviciile pentru directoare (Direc-tory Services) și gestiunea rețelei.

Scopul declarat al specificațiilor MAP este de a defini o rețea locală pentru terminale, resurse de calcul și elemente de control programabile într-o fabrică sau complex, permițînd totodată inter-conectarea de rețele locale și conectarea lor la rețele larg răspîndite geografic (WAN) sau PBX (Private Branch Exchange).

MAP recunoaște 5 clase distincte de participanți la rețea:

- Sisteme terminale sau de capăt (End Systems - ES)
- Sisteme intermediare (Intermediate Systems IS)
- Sisteme MAP/EPA-porți între subrețele MAP și MiniMAP
- Sisteme MiniMAP - sisteme mai simple, care vor fi discutate pe larg mai jos
- Porți MAP - porți care servesc la inter-conectarea cu alte tipuri de rețele.

În figura 5 se prezintă arhitectura unui sistem MAP complet (ES).

De remarcat că dintre elementele opționale, cel puțin unul trebuie să existe.

La nivelurile 1 și 2 ale modelului ISO/OSI, MAP se sprijină pe standardele ISO 8802.x. Ast-fel, specificația inițială a MAP pentru mediul de comunicație a fost cablul CATV de 75 ohmi, cu transmisie în bandă largă sau în bandă de bază, iar metoda de acces la mediu a fost jetonul (to-ken), topologia fiind în linie (bus). Acestea sînt

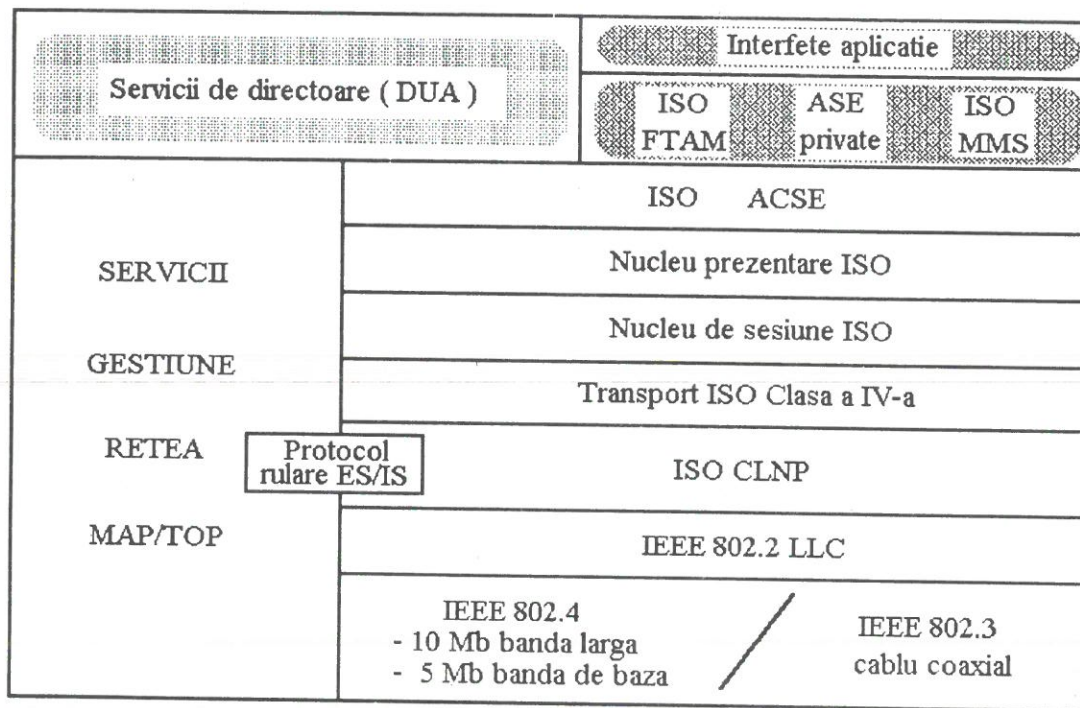


Figura 5: Arhitectura MAP

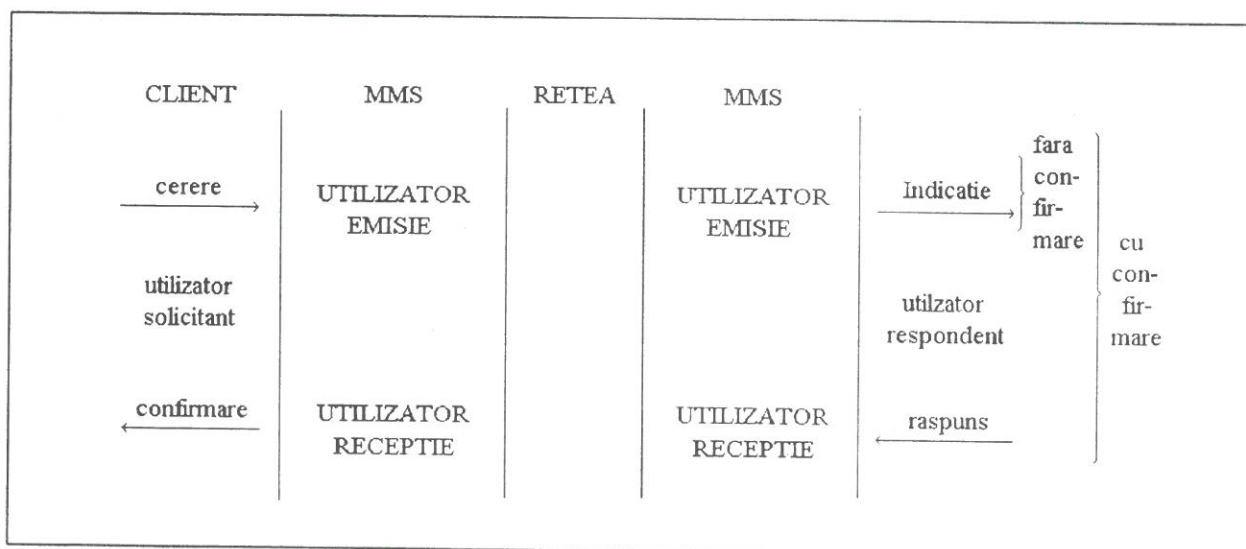


Figura 6: Modelul client - server MMS

specificate de standardul ISO 8802.4. Tehnologia token-bus a fost aleasă din considerentul timpului determinist de livrare a mesajelor la destinatar.

În 1991, la întâlnirea Federației Mondiale a Grupurilor Utilizatorilor MAP/TOP, au fost adăugate la specificațiile MAP și transmisia prin fibră optică, nou specificată la acea dată de o revizuire a ISO 8802.4, precum și standardele FDDI. În 1993 se va adăuga (la o nouă întâlnire a aceleiași organizații) și standardul Ethernet (ISO 8802.3). Introducerea Ethernet este puternic sprijinită de Grupul Utilizatorilor MAP/TOP din Europa, în tehnologia automatizărilor europene acest standard fiind foarte răspândit. Nivelul LLC se aliază la standardul 8802.2. Funcțiile acestui subnivel sînt:

- controlul fluxului de date;
- interpretarea unităților de date ale protocolului (UDP) primite ;
- generarea UDP de răspuns;
- controlul erorilor și recuperarea din erori la acest nivel.

De observat este faptul că același LLC este utilizat pentru diferitele tipuri de MAC ale standardului ISO 8802.x ( $x = 3, 4, 5$ , adică Ethernet, token-bus, token-ring), ceea ce dă posibilitatea modificării nivelurilor 1 și 2 (subnivelul MAC) transparent pentru nivelurile superioare.

Practic, toți producătorii importanți în domeniul automatizărilor industriale sprijină dezvoltarea MAP. Amintim aici doar câteva nume: IBM, Digital, Motorola, Siemens, AEG, Bosch, Allen-Bradley, Omron, Telemecanique, Fanuc, ABB [29].

În continuare va fi prezentat MMS, cel mai specific protocol al MAP.

### 2.3. MMS - Manufacturing Message Specification

MMS este cea mai specifică componentă a MAP. Este specificat de standardul ISO 9506. El permite comunicația mesajelor către și de la dispozitive programabile (AP, CNC, RC) într-un proces de fabricație.

Conceptul prin care MMS oferă un mod de comunicație standardizat între dispozitive atît de diferite funcțional este "*Dispozitivul virtual de fabricație*" (Virtual Manufacturing Device - VMD). Acesta este o reprezentare formală a caracteristicilor unui dispozitiv real. Are o structură bazată pe obiecte. Obiectele pot fi de tip variabilă, domeniu, semafor, eveniment, jurnal, fișier.

Pentru toate aceste obiecte există servicii predefinite.

Totalitatea obiectelor unui participant la rețea este specificată în dicționarul său de obiecte. Acesta face totodată corespondența între obiectele formale utilizate de MMS și obiectele reale din proces. Astfel, prin implementarea corectă a MMS se pot interconecta dispozitive eterogene ale diferiților producători.

Fiind situat în nivelul 7 al modelului ISO/OSI, MMS oferă servicii programelor utilizator. Acestea sînt oferite pe baza modelului client-server. Un client MMS este o aplicație care face cereri iar un server MMS răspunde la aceste cereri. O aplicație poate suporta atît funcții client cît și server. Fiecare server trebuie să fie asociat unui VMD, deoarece clienții adresează cereri către acest model.

Serviciile asigurate de MMS sînt prezentate în figura 7. Ele pot fi cu sau fără confirmare (figura 6).

Din cele 86 servicii asigurate, majorității aplicațiilor le sînt necesare un număr mic de servicii [11]. Acestea se referă la:

- stabilirea, menținerea și terminarea unei legături logice pe rețea (sau asociații) - Initiate, Conclude, Abort, Reject, Cancel
- obținerea informației de identificare (producător, versiune etc.) - Identify
- lucrul cu variabilele - Read, Write
- invocarea programelor la distanță: Start, Stop, Reset, Resume
- funcții de lucru cu domenii (încărcarea de imagini de memorie): InitiateUploadSequence, UploadSequence etc.

De remarcat că MMS se sprijină pe ACSE în gestionarea asociațiilor între aplicații și pe nivelul de prezentare în rest.

PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) este utilizat pentru specificarea serviciilor MMS suportate de o anumită aplicație sau dispozitiv precum și a modului în care sînt suportate aceste servicii (client sau server). PICS specifică și alte opțiuni: adresarea variabilelor prin nume sau adresă; suportarea vectorilor de variabile; confirmarea la evenimente; intervalele de evaluare a condițiilor pentru evenimente.

Standardele MMS sînt însoțite de standarde aacompanitoare, pentru particularizarea MMS pentru diferite categorii de dispozitive programabile (AP, CNC, roboți).

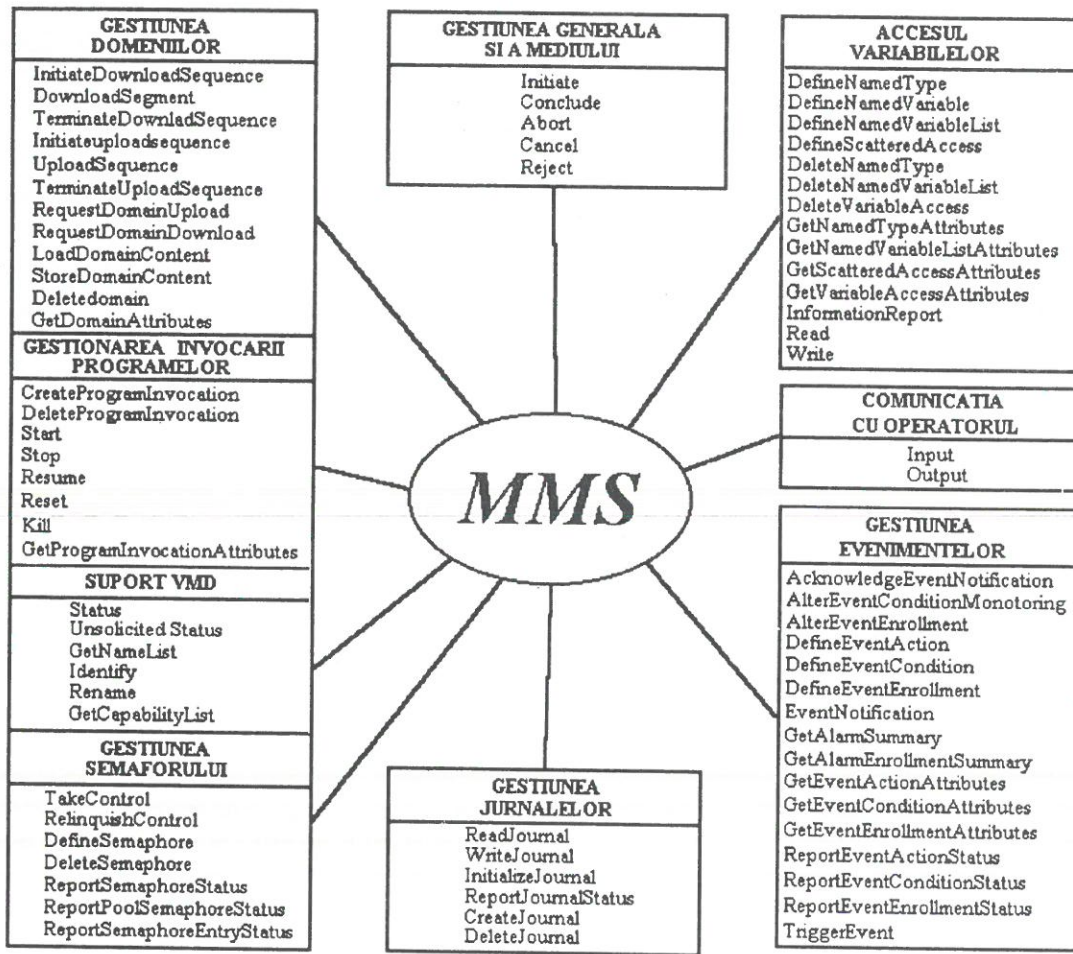


Figura 7: Serviciile MMS

### 3. Rețele pentru nivelurile dinspre proces ale CIME

#### 3.1. Rețeaua MiniMAP

Deși MiniMAP este inclusă în specificația MAP, ea este tratată aici separat deoarece este diferită de o rețea MAP cu 7 niveluri, legătura cu aceasta făcându-se prin intermediul unei stații MAP/EPA.

Prima specificare a MiniMAP a apărut în 1986, odată cu versiunea MAP 2.2. Totuși, specificarea completă a apărut odată cu proiectul japonez FAIS (Factory Automation Interconnection Protocol), început în 1987 și terminat în 1992, la care au participat circa 30 firme [11]. În 1993 FAIS va sta la baza specificării complete a MiniMAP de către Federația Mondială a Grupurilor Utilizatorilor MAP/TOP [29].

Rețeaua MiniMAP a apărut din necesități de răspuns mai rapid și soluții mai ieftine pentru

nivelul de jos al conducerii proceselor industriale. Aceste considerente au putut fi atinse prin eliminarea nivelurilor 3-6 din modelul OSI (figura 8).

Nivelul aplicației este bazat direct pe nivelul legăturii de date.

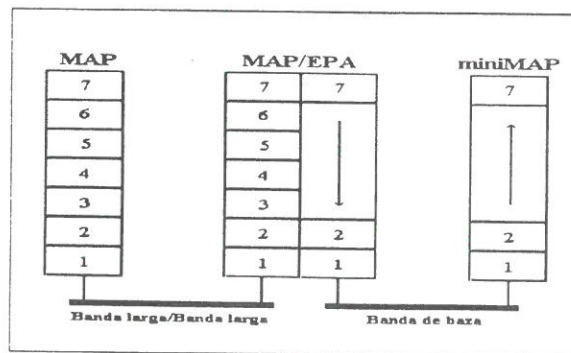


Figura 8: MAP, EPA și MiniMAP

Nivelurile 1 și 2 (MAC) respectă (ca și MAP) specificațiile standardelor 802.4. LLC respectă 802.2, tipul 3 de serviciu. De observat că, de obi-

Tabelul 2: Performanțe MiniMAP

Serviciul	Timpul (ms)
Inițiere legătură	21.4
Terminare	9.6
Citire (1 var)	22.0
Scriere (1 var)	23.1
Notificare eveniment	12.8
Încercare domeniu (5/2 octeți)	74.6

cei, mediul de comunicație este cu transmisie în banda de bază, 5Mb/s. Recent, proiectul FAIS (implementarea japoneză a MiniMAP, terminată în 1992) [12] a dezvoltat și transmisia prin fibră optică. Proiectul FAIS este prima implementare "în forță" a MiniMAP, la el participând circa 30 firme cu diverse produse.

Nivelul 7 este reprezentat doar de MMS. Având în vedere lipsa ACSE, sînt utilizate două noi sub-niveluri: ACM (Association Control Machine), pentru stabilirea și terminarea asociațiilor între servicii MMS și APM (Auxiliary Protocol Machine), care realizează o interfață între MMS și LLC, permițînd confirmarea serviciilor la acest nivel [26].

În tabelul 2 se prezintă performanțele obținute de o implementare MiniMAP scrisă în ADA la Institutul Politehnic Federal din Lausanne, utilizînd module VME cu microprocesoare Motorola 68020 la 12.5MHz, mediul de comunicație fiind cablu CATV, transmisia în bandă de bază 5Mb/s.

Limitările MiniMAP sînt:

- Nu permite segmentarea;
- Nu permite controlul fluxului de date;
- Nu se fac negocieri la nivelul prezentare;
- Nu se fac negocieri al contextului aplicației;
- Nu se fac autentificări pentru securitatea datelor.

### 3.2. Rețele de cîmp

Rețele de cîmp au fost create în primul rînd pentru înlocuirea buclei 4-20 mA prin care sînt în general legați traductori și elemente de execuție dintr-un sistem automatizat [13]. Un alt obiectiv este comunicația între dispozitivele programabile din primul nivel de automatizare (PC, PLC, CNC, roboți).

Printre motivele apariției unui asemenea tip de rețea enumerăm :

- apariția prelucrării digitale a informației oricum necesită prezența acesteia sub formă digitală;
- se micșorează foarte mult numărul de I/O necesare pentru cuplarea cu procesul, aceasta făcîndu-se direct pe rețea;
- oferă posibilitatea mării inteligenței traductoarelor și elementelor de execuție precum și posibilitatea comenzilor mai complexe către acestea.

Primele implementări au fost de firmă. Ele au vizat mai întii (datorită lipsei inițiale de elemente inteligente de cîmp - traductori, elemente de execuție) deplasarea în cîmp a interfeței lor de proces specializate (intrări/ieșiri digitale/analogice, controlere pentru motoare, etc.). Dintre realizările cele mai cunoscute se pot aminti SINEC L1 și ET 100 (Siemens), Optomux și Pamux ale firmei Opto 22, DE al lui Honeywell, Mod-Bus (AEG).

Cum am remarcat și la punctul 2., aceste implementări au dezavantajul dependenței de un singur producător. Dat fiind cererea tot mai mare a utilizatorilor pentru sisteme deschise, s-au făcut eforturi susținute pentru crearea de arhitecturi care să respecte acest criteriu. Astfel au apărut standardele naționale de rețele de cîmp FIP (Franța) și Profibus (Germania).

Elaborarea acestor arhitecturi a fost terminată în 1990-1991 (deși mai există încă anumite standarde care nu au ajuns la redactarea finală). În perioada imediat următoare (1991-1992) au apărut o multitudine de implementări ale acestor arhitecturi, astfel încît acum se poate spune că ele se constituie în adevărate sisteme deschise pentru nivelul de jos al CIME. În tabelul 3 se dau cîteva exemple de produse care respectă standardul Profibus [22].

#### 3.2.1. FIP (Factory Instrumentation Protocol)

FIP, ca și MiniMAP, implementează nivelurile 1,2, și 7 ale modelului OSI. În figura 9 sînt prezentate componentele FIP și standardele naționale franceze prin care sînt implementate.

FIP este bazat pe mecanismul Producător /Distribuitor /Consumator (PDC) [25]. Aceste înseamnă că transmisia se face simultan de la un producător la mai mulți consumatori. Acest model introduce o funcție specială, distribuitorul. Acesta este responsabil cu transmisia unei date de la producător la consumator. Mecanismul este următorul: distribuitorul permite pe mediul comun, pe care "ascultă" toți consumatorii, care preiau datele.



Tabelul 3: Produse Profibus

Formă	Produs	Descriere
ABB	Procesare de comunicație 35KP 90 și 07 KP 63	Pentru AP tip T300 și T 200 ale firmei
AEG	Modnet 1/P	Rețea Profibus integrată în sistemul de comunica ție Modnet
BOSCH	Modul Interfață R600P Configurator Profibus Poartă MAP/Profibus	Pentru AP tip PC600 al firmei; Software pentru proiectarea rețelelor Profibus
FESTO	Valvă + traductoare de confirmare IIFB -02-FB3	
Gelma	Traductor incremental de rotație	
OMRON	Profibus Master Profibus Slave	Pentru cuplarea PLC C200H 16DI sau 16DO
PHILIPS	Module comunicație CAP 200, CMP 200	Pentru cuplarea AP LMS 200
SIEMENS	Rețea SINEC L2	Compatibilă Profibus
SOFTING	Plăci rețea PC, VME Software rețea	
TMG Karlsruhe	Plăci Master și Slave + Software	Cuplabile la PC respectiv traductori

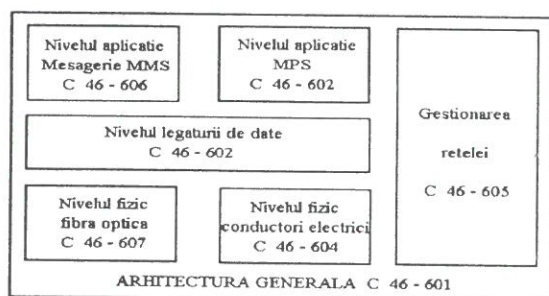


Figura 9: Arhitectura FIP

În concepția autorilor FIP, acest mecanism este mai performant decât modelul client/server, obținându-se performanțe mai bune de timp în cazul în care într-o transmisie sînt implicate mai mult de două procese.

Nivelul aplicație este constituit din două componente: MPS și MMS.

Prima asigură reîmprospătarea periodică a bazei de date distribuite (formată din totalitatea variabilelor din rețea) precum și furnizarea de variabile cerute asincron de un consumator. Totodată ea este responsabilă și cu gestionarea variabilelor de rețea care asigură validitatea temporală și corența spațială ale datelor. A doua componentă este un subset al MMS (ISO 9506) și oferă servicii de mesagerie industrială.

La nivelul legăturii de date se gestionează accesul la mediu. Astfel, există arbitrul de rețea (corespunător distribuitorului din nivelul 7). Acesta emite indentificatorii de variabilă, făcînd atenție pentru comunicație atît producătorul cît și consumatorii. Traficul este periodic/apериodic.

De remartat că la nivelul MAC, FIP utilizează adresarea simbolică. Numele variabilei nu conține nici o adresă, ci doar numele producătorului, acesta trebuind să recunoască cererea și să "producă" variabila.

La nivel fizic sînt suportate diverse topologii. Caracteristicile cele mai importante sînt:

- numărul maxim de stații: 256;
- mediu de transmisie: cablu torsadat sau fibră optică;
- lungime: 2000m;
- viteze 31.25 Ks/s; 1Mb/s; 2,5Mb/s (ultimele pentru un număr de stații concentrate geografic).

Din performanțele FIP se pot aminti (pentru 1Mb/s):

- 128 de mărimi analogice digitale culese de la 128 traductori sînt transmise în 22ms;
- 512 intrare digitale, emise de 16 stații cu 32 intrări fiecare sînt transmise în 2,5 ms.

### 3.2.2. Profibus

Specificația, Profibus, este dată de standardele DIN 19245 a și b.

În figura 10 se prezintă arhitectura Profibus.

Și în cazul Profibus s-a luat ca referință modelul OSI, implementîndu-se doar nivelurile 1, 2 și 7. Există numeroase asemănări între Profibus și MiniMAP.

Astfel, modelul de tranzație este client-server. Nivelul de interfață a aplicației are rolul de a mapa obiectele reale ale aplicației în obiecte cunoscute de Profibus (obiecte de comunicație). Modelul formal al serverului (cel care oferă serviciile) este descris prin conceptul de dispozitiv virtual de cîmp (Virtual Field Device, VFD), identic ca funcționalitate cu VMD din MMS. Acesta este format din obiecte, care pot fi variabile, domenii, evenimente, liste de variabile și apeluri de programe (deci un subset al obiectelor manipulate de MMS).

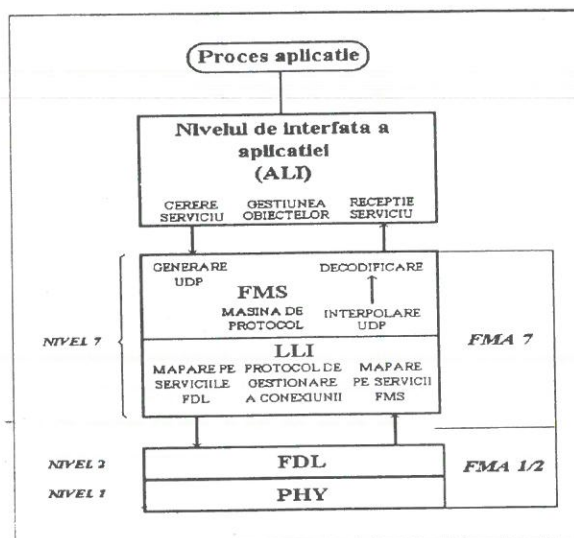


Figura 10: Arhitectura Profibus

FMS (Fieldbus Message Specification) are trei funcții:

- mașina de protocol observă și gestionează regulile în transferul unităților de date ale protocolului (VDP);
- generarea UDP și codificare. Sintaxa utilizată în Profibus respectă prevederile ASN.1;
- decodificare și interpretare UPD primite (UPD = unitate de date a protocolului).

Serviciile asigurate sînt și ele un subset al serviciilor MMS și se referă la [19]:

#### 1. servicii de aplicație:

- accesul la variabile (care poate fi ciclic sau aciclic);
- accesul la domenii;
- apelări de program;
- gestionarea evenimentelor.

#### 2. servicii administrative:

- gestionarea VFD și OD (Dicționarul de Obiecte);
- gestionarea conexiunilor între stații.

### 3. servicii de gestionare a rețelei (acestea fiind asigurate de FMA).

Serviciile pot fi cu confirmare sau fără confirmare. Trebuie amintită și existența mecanismului de protecție, referitoare la accesul obiectelor sau accesul la punctele de comunicație. Adresarea obiectelor poate fi logică (prin index de intrare în OD) sau fizică (utilizată doar în cazuri excepționale).

LLI (Lower Layer Interface) face maparea serviciilor de nivel 7 pe serviciile nivelului 2.

Având în vedere eterogenitatea participanților la rețea (PC, PLC, CNC, RC, traductoare, elemente de execuție), se definesc anumite profile, care conțin cerințele pentru un participant la rețea dintr-o anumită categorie. În acest mod se poate, de exemplu schimba un regulator compact de la o firmă cu unul de la altă firmă, ele având (obligatoriu) același profil [17].

Nivelul legăturii de date (FDL - Fieldbus Data Link) are ca principală activitate gestionarea accesului la mediu.

Metoda de acces este o combinație între metoda token-passing și cea master-slave. Astfel, stațiile din rețea se împart în două categorii: master și slave. Slave nu pot avea inițiativa pe rețea, ci pot doar răspunde la cererile master-ilor. Accesul master-ilor la mediu este atribuit prin token-passing.

Transmiterea unor evenimente de către slave se face prin serviciul SRD (Send and Request Data), care transmite date către un slave și totodată cere date de la acesta, permițând astfel răspunsul imediat.

Mesajele vehiculate de FDL au două priorități: normal și eveniment. Secvența procesării serviciilor normale (în timpul în care se deține accesul la mediu sau jetonul) este:

- procesarea serviciilor ciclice;
- procesarea mesajelor de joasă prioritate (servicii aciclice);
- includerea de noi stații în rețea.

Nivelul fizic este bazat pe tehnologia în linie (bus). Se utilizează protocolul EIA RS-485. Vitezele de transmisie sînt 9.6; 19.2; 93.75; 187.5; 500Kbps Lungimea maximă a unui segment poate fi 1200m (9375Kbps); 600m (187.5Kbps) sau

200m (500Kbps). Se pot utiliza repetitoare pentru conectarea mai multor subiectele în linie. Între două stații pot exista cel mult 3 repetitoare, deci distanța maximă între 2 stații este de 4800m. Numărul de stații pe o linie (incluzînd repetitoarele) este de 32. Mediul de comunicație este cablul răsucit și ecranat.

### 3.2.3. Tendințe în domeniul rețelelor de cîmp

FIP și Profibus se dezvoltă în continuare, apărînd noi produse pentru aceste standarde.

Cele două tipuri de rețele sînt promovate de grupuri ale utilizatorilor create atît în Franța cît și în Germania.

În acest moment se elaborează și alte standarde în domeniu. Astfel, comitetele IEC/SC65C și ISA/SP50 lucrează la standarde pentru rețele de cîmp. Acestea se bazează tot pe modelul ISO, din care vor fi utilizate nivelurile 1, 2 și 7. Cele două comitete țin ședințe comune, ceea ce duce la concluzia că este probabil ca standardul ce va rezulta (se speră în decursul anului 1993) să fie comun celor două organizații (IEC - Internațional Electronic Comitee, ISA - Instrument Standardisation of America). Deoarece IEC a fuzionat cu ISO, standardul IEC va fi automat standard ISO.

Se dezvoltă tot odată noi rețele de firmă, care înglobează noi tehnici de transmisie. Astfel P-Net [28] înglobează transmisii prin cablu, prin radio și prin infraroșii.

## 4. Concluzii

O componentă esențială a a oricărui sistem CIME o constituie rețelele de comunicație, care permit transferul datelor între diferitele componente ale acesteia. Domeniul CIME are cerințe specifice referitoare la rețele: determinismul livrării mesajelor și accesul la echipamente foarte eterogene, incluzînd calculatoare mari, minicalculatoare, stații de lucru, calculatoare dedicate, PC, PLC, CNC, RC, traductori și elemente de execuție. Aceasta a dus la crearea unor tipuri de rețele și protocoale specifice.

O controversă specifică domeniului este, dacă la nivelul legăturii de date se poate utiliza standardul IEEE 802.3 (Ethernet), care nu asigură un timp determinat pentru livrarea mesajelor, sau trebuie utilizat IEEE 802.4 (Token Bus). Ethernet e un standard acoperit mult mai bine cu produse decît 802.4. Păreră autorului este că, la nivelurile superioare ale CIME, ordinea livrării mesajelor nu este atît de importantă ca la nivelurile de jos (despre proces) și că deci Ethernet poate fi utilizat.

Aceasta poate duce și la concluzia că TCP/IP (care nu este un standard specific CIME, și nici nu respectă modelul OSI) poate fi utilizat în anumite limite. Se are aici în vedere și migrarea (probabil în următorii 10 ani) TCP/IP către medelul OSI.

MAP este un model coerent, utilizabil pînă la nivelul celulei de automatizare. El asigură toate funcțiile unui sistem complet de comunicație, totodată avînd componente specifice (MMS) pentru domeniul automatizărilor industriale. O mențiune specială trebuie făcută pentru MiniMAP, mai potrivit în sisteme CIME de dimensiuni mici sau în sisteme mari la interconectarea nivelurilor celulă-linie de fabricație, fiind mai ieftin și rapid.

MMS, apărut inițial ca o componentă MAP, este azi inclus și în alte rețele de firmă, neconforme OSI creînd astfel o compatibilitate între ele la acest nivel. Considerăm de altfel că MMS este unica soluție de a crea un sistem deschis la nivelul celulelor de automatizare și pentru legarea acestora cu nivelul conducerii producției.

Rețelele de cîmp au fost inițial create pentru legarea traductorilor și elementelor de execuție la primul nivel de automatizare. Acum, pentru anumite mărimi ale proceselor pot interconecta echipamentele programabile dintr-o celulă sau chiar face legătura între celule în cadrul unei linii tehnologice, permițînd totodată interconectarea prin porți (gateway) cu rețele MAP [26].

Dintre rețelele de cîmp Profibus este mai aproape de MiniMAP și MMS. Prin utilizarea sa împreună cu MiniMAP (la niveluri diferite) programele de aplicație pot avea un mod relativ unitar de a se interfața cu cele două tipuri de rețele.

Se așteaptă standardul ISA SP/50, care va aduce noi clarificări în domeniul rețelelor de cîmp și totodată va crea premisele apariției unui număr impresionant de produse compatibile (ne referim aici în primul rînd la producătorii americani).

Numărul mare de soluții oferite în domeniul comunicațiilor CIME, precum și standardizarea foarte activă în acest domeniu ne pot da o imagine asupra atenției de care se bucură acest domeniu și asupra pieței pe care el o reprezintă.

## BIBLIOGRAFIE

1. Dumitrescu, V., Paiu, O., Vlăduț, T., Ștefănescu, V.: *Inițiere în informatica distribuită*, Editura Tehnică, 1988, p.368.
2. Cristea, V., Tăpuș, N., Moise, T., Damian, V.: *Rețele de calculatoare*. Editura Teora, 1992, p. 239.
3. Madron, T. W.: *LANS. Applications of IEEE/ANSI 802 Standards*. Ed. John Wiley & Sons, 1989, p. 308.
4. Sambotin, C.: *Automatizarea fabricației cu ajutorul calculatorului*. Revista Română de Informatică și Automatică, vol I nr. 1. 1992, pp. 41-54.
5. Popescu, D. P.: *Sisteme integrate de producție*. Revista Română de Informatică și Automatică, vol. I, nr. 1, 1992, pp. 7-26.
6. Bortzmeyer, S.: *Environment UNIX. Une plate-forme pour développer des systèmes distribués*. Suport de curs, Sinaia, 1992, p. 64.
7. Nussbaumer, H.: *Hierarchy of Factory Communications*. Suport intern de curs EPFL Lausanne, p. 24.
8. Nussbaumer, H.: *Manufacturing Message Specification*. Suport intern de curs EPFL Lausanne, p. 34.
9. \*\*\*, ISO 9506/1, 9506/2 *Manufacturing Message Specifications, Standard*, 1990.
10. Feldman, K., Franke, J., Solvie, M.: *Protokolle unter einem Hut*. Elektronik nr. 2/1992, Franzis Verlag, München, pp. 66-75.
11. Mackiewicz, R.: *Looking at Manufacturing Message Specifications*. Control Engineering, march 1991, pp. 49-50.
12. Walze, H.: *FAIS - Japaner machen Nägel mit Köpfen*. Elektronik nr. 11/1992, Franzis Verlag, München, pp.110-115.
13. Phinney, T.: *Fieldbus - The Bottom - up Approach to an Open DCS*. Control Engineering, march 1991, pp. 52-55.
14. Stockdele, R.B.: *Smart Transmitter User Speak Out for Global Standardization*. Control Engineering, septembrie 1991, pp.52-55.
15. Blickley, G. J.: *Valves and Actuators Changing to Meet Standards and Regulations*. Control Engineering, october 1991, pp. 111-117.
16. \*\*\*, PROFIBUS, *die einzige deutsche Feldbusnorm in der industriellen Kommunikation*. Profibus Nutzerorganisation e. v., 1992, p. 20.
17. Hartman, R.: *Profibus in der Gebäudeautomatisierung*. Profibus Nutzerorganisation e. v., 1992, p.4.
18. Katz M, Biwer, G., Bender, K.: *Die PROFIBUS - Anwendungsschiht*. Automatisierungstechnische Praxis atp., 31 (1989), vol. 12, pp. 588-597.
19. Katz, M.: *Anwenderschnittstelle*. VDI Berichte nr. 728, 1989, pp. 33-35.

20. Katz, M., Funke, A., Biber, G., Li, Y., Sebastiany, T., Rieger, B., Bender, K.: *PROFIBUS. The Fieldbus for Industrial Automation*, Preliminary Edition, 1992, p. 234.
21. Funke, A.: *Leistungsuntersuchungen am PROFIBUS*. VDI Berichte, nr. 855, 1990, pp. 115-125.
22. \*\*\* *PROFIBUS - Products. Services*, Profibus Nutzerorganisation e. v., 1992, p. 80.
23. Post, H.: *PROFIBUS schießt exponentiell aus den Startlöchern*. Elektronik nr. 1/1992, Franzis Verlag, München, Heft 1.
24. \*\*\* *SINEC Kommunikation Netze*. Catalog SIEMENS, 1992.
25. Thomesse, J.P., Lorenz, P., Bardinet, J.P., Leterrier P. Valentin, T.: *Factory Instrumentation Protocol: Model. Products and Tools*, Control Engineering, sept. 1991, pp. 65-67.
26. Pleinevaux, P.: *Mini-MAP*. Suport intern de curs EPFL Lausanne, p. 26.
27. Reder, B.: *Systeme für die drahtlose Übertragung von Daten in Büro und Fabrik*. Elektronik, nr. 3/1992, Franzis Verlag, München, pp. 64-69.
28. Post, H.: *Maschinen kommunizieren drahtlos*. Elektronik nr. 11/1992, Franzis Verlag, München, pp. 116-122.
29. Hafermaas, J.: *MAP setzt sich durch*. Elektronik nr. 21/1992, Franzis Verlag München, pp. 77-80.