

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

ZESPOŁ URZĄDZEN I SYSTEMÓW STEROWANIA

440

BE 10

Główny wykonawca dr inż. Wiesław Stańczak

Wykonawcy doc. dr inż. Ryszard Sawwa

Konsultant

Nr zlecenia S1348

Koncepcja otwartego systemu komputerowo  
zintegrowanego wytwarzania dla małych  
przedsiębiorstw i dla celów laborato-  
ryjno - dydaktycznych

Zleceniodawca praca statutowa

Prace rozpoczęto dnia 93.01.01  
Kierownik Zespołu

dr inż. A. Syrczyński

zakończono dnia 93.03.31

Z-ca Dyrektora d/s  
Badawczo - Rozwojowych

dr inż. J. Jabłkowski

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz: 5

stron 58

Egz. 1 BOINTE

rysunków 28

Egz. 2 IA-PW

fotografii

Egz. 3 NC

tabel 1

Egz. 4 OAR

tablic

Egz. 5 ZSS

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 6946

## **Analiza deskryptorowa**

CIM + FMS (ESP) + MMS + MAP 3.0 + TOP 3.0 + FIELDBUS + BITBUS + PROFIBUS

## **Analiza dokumentacyjna**

Omówiono stan normalizacji w zakresie CIM, nacisk szczególny kładąc na zagadnienia transmisyjne. Przedstawiono klasyfikację części składowych podsystemów fabryki typu FMS. Przytoczono przykładowe instalacje CIM, zarówno o charakterze szkoleniowo - demonstracyjnym jak i projekty instalacji do wdrożenia w zakładach produkcyjnych. Przedstawiono zasady ogólne, którymi powinien kierować się projektant przy pracy nad systemem CIM dla małego przedsiębiorstwa i dla celów laboratoryjno - dydaktycznych. Zaproponowano dwa rodzaje instalacji CIM dla wyższych uczelni krajowych.

## **Tytuły poprzednich sprawozdań**

UKD

MAP-252/83-6000

2

## Spis treści

1. WPROWADZENIE.....	1
2. KOMPUTEROWO ZINTEGROWANE SYSTEMY WYTWARZANIA.....	2
3. WARSTWA TRANSMISYJNA.....	4
3.1. MAP / TOP.....	6
3.2. WARSTWY MODELU ODNIESIENIA ISO / OSI.....	7
3.3. SPRZĘT SIECIOWY MAP.....	9
3.3.1. Magistrala szerokopasmowa (broadband).....	10
3.3.2. Magistrala pasma podstawowego z częstotliwością nośną (carrierband).....	11
3.3.3. Elementy łączeniowe.....	12
3.4. SPRZĘT SIECIOWY TOP.....	13
3.4.1. Magistrala 802.3 10Base5 CSMA/CD.....	13
3.4.2. Magistrala 802.3 10Broad36 CSMA/CD.....	14
3.4.3. Inne magistrale TOP.....	14
3.4.4. Elementy łączeniowe.....	14
3.5. FIELDBUS.....	15
3.5.1. Idea sieci (magistrali) miejscowej.....	15
3.5.2. Standardy połączeniowe, funkcjonalne, mechaniczne i elektryczne.....	16
3.5.3. Szeregową magistrala miejscowa BITBUS.....	20
3.5.4. Process Field Bus (PROFIBUS).....	22
4. ELASTYCZNY SYSTEM PRODUKCYJNY - ESP (ang.: Flexible Manufacturing System - FMS).....	23
4.1. RELACJE MIĘDZY ESP I CIM.....	27
5. WYBRANE PRZYKŁADY SYSTEMÓW ZAUTOMATYZOWANYCH.....	32
5.1. PRZYKŁADY O CHARAKTERZE OGÓLNYM.....	32
5.2. PRZYKŁADOWY SYSTEM CIM PREZENTOWANY NA KONFERENCJI OSI W 1990 R. W SYDNEY [19].....	33
5.3. OŚRODEK SZKOLENIOWY MAP W BUDAPESZCIE [13].....	33
5.4. PROPOZYCJA SYSTEMU CIM DLA TŁOCZNI FSM TYCHY - 2...35	
5.4.1. Konfiguracja sprzętowa systemu CIM dla Tłoczni w FSM - 2 Tychy.....	37
5.4.2. Stacja zarządzająca.....	38
5.4.3. Warstwa transmisyjna.....	39
5.4.4. Podsystemy i urządzenia bezpośrednio wspomagające produkcję.....	40
5.4.5. Podsystemy i urządzenia do pracy o charakterze biurowym.....	42
5.5. PRZEGLĄD ESP I CIM DLA CELÓW EDUKACYJNYCH [9].....	42
5.6. COMMON SYSTEMS TECHNOLOGY TRANSFER CENTER - GENERAL MOTORS.....	46

6. WSTĘPNA KONCEPCJA SYSTEMU CIM.....	47
6.1. PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW ZAUTOMATYZOWANYCH. ZASADY OGÓLNE.....	47
6.2. WSTĘPNA KONCEPCJA SYSTEMU CIM DLA CELÓW LABORATORYJNO - DYDAKTYCZNYCH. SYSTEM BAZOWY.....	49
6.2.1. Wersja I.....	49
6.2.1.1. Funkcje systemu CIM.....	49
6.2.1.2. Sprzęt technologiczny.....	50
6.2.1.3. Sieć informatyczna.....	50
6.2.1.4. Proces technologiczny.....	50
6.2.1.5. Sprzęt informatyczny do realizacji funkcji systemu.....	51
6.2.1.6. Uwagi dotyczące rozwoju systemu.....	53
6.2.2. Wersja II.....	53
6.2.2.1. Funkcje systemu CIM.....	53
6.2.2.2. Sprzęt technologiczny.....	53
6.2.2.3. Sieć informatyczna.....	54
6.2.2.4. Proces technologiczny.....	54
6.2.2.5. Sprzęt informatyczny do realizacji funkcji systemu.....	55
6.2.2.6. Uwagi dotyczące rozwoju systemu.....	57
Literatura.....	57

## 1. WPROWADZENIE

W ostatnich kilkunastu latach obserwuje się szybki postęp w dziedzinie automatyzacji procesów produkcyjnych. Najwcześniej rozwiązywanym problemem była (lokalna) automatyzacja procesów ciągłych. Zaczęto od wprowadzania prostych regulatorów oraz przystosowanych do współpracy z nimi urządzeń wykonawczych, a następnie stosowano coraz bardziej złożone układy, aż do tzw. układów automatyki kompleksowej (sterowanie adaptacyjne oraz optymalne dla całych wydziałów produkcyjnych) wraz z Centralną Rejestracją i Przetwarzaniem Danych (CRPD). Nieco później zajęto się automatyzacją dyskretnych procesów produkcyjnych. Krok ten umożliwiło wprowadzenie sterowania cyfrowego do niektórych typów obrabiarek (tzw. obrabiarki sterowane numerycznie - (NC i CNC)) oraz zastosowanie robotów przemysłowych. Potem powstały cyfrowo sterowane centra obróbcze. Rozwój techniki obliczeniowej, a następnie zastosowanie prostych metod transmisji danych na niewielkie odległości pozwolił zgrupować maszyny i roboty w zespoły - tak zwane gniazda produkcyjne (cell). Sterowane były one sygnałami generowanymi w tzw. sterowniku cyfrowym. Z drugiej strony sygnały sterujące wypracowywane były algorytmicznie (programowo) na podstawie danych (początkowo analogowych, później również i cyfrowych) pochodzących od czujników zainstalowanych w poszczególnych maszynach (urządzeniach wykonawczych). Ponieważ zmiana programu, bądź modyfikacja jego parametrów może spowodować wytwarzanie innych detali (np. o innych gabarytach), więc wykorzystując ten fakt wprowadzono pojęcie elastycznego gniazda produkcyjnego. Występuje ono przede wszystkim w takich przemysłach jak przemysł budowy maszyn, przemysł elektroniczny, przemysł hutniczy itp. Dalszy postęp można obserwować do dzisiaj nie tylko w zakresie bazy technicznej, do której zaliczamy również zautomatyzowane środki transportu i magazyny, jak też w zakresie nowoczesnych technologii wytwarzania jak technologie obróbki grupowej, technologie bezodpadowego wytwarzania itp.

Dalsza integracja urządzeń wytwórczych / technologicznych (elastyczne linie produkcyjne, elastyczne wydziały produkcyjne, itd.) wspomagana była rozwojem techniki

obliczeniowej oraz udoskonalaniem środków transmisji (zwiększanie bezbłędności transmisji, jej szybkości, a także odległości między nadajnikami i odbiornikami). W ten sposób powstały komputerowo zintegrowane systemy wytwarzania.

## 2. KOMPUTEROWO ZINTEGROWANE SYSTEMY WYTWARZANIA

Komputerowo zintegrowane systemy wytwarzania CIM (Computer Integrated Manufacturing) stanowią wzajemnie powiązany zbiór metod, algorytmów i realizującego je oprogramowania wraz z urządzeniami technologicznymi / wykonawczymi oraz urządzeniami do przetwarzania danych. Czynnikiem integrującym są zarówno strumienie materiałowe jak i strumienie informacji oraz fizyczna infrastruktura przesyłania danych. Ta ostatnia wraz z metodami przesyłania danych tworzy warstwę transmisyjną całego systemu.

Pełne systemy CIM obejmują całą sferę działalności przedsiębiorstwa i jego organizację od planowania długofalowego, prowadzenia rozliczeń finansowych, marketingu i sprzedaży, poprzez nadzorowanie zamówień, dostaw i zarządzanie zapasami oraz gospodarkę odpadami, aż do projektowania nowych wyrobów, projektowania procesów technologicznych i wreszcie zarządzania przebiegiem samego procesu produkcyjnego (planowanie procesu produkcyjnego, harmonogramowanie operacji, sterowanie poszczególnymi urządzeniami technologicznymi / wykonawczymi itp.) oraz kontroli jakości i sterowania jakością. Odbywa się to w wyniku wykorzystania odpowiednio przystosowanych algorytmów zbierania, gromadzenia przesyłania i obróbki informacji dotyczących całego zakresu działalności przedsiębiorstwa przemysłowego. Jak więc widać warstwa transmisyjna systemu CIM odgrywa istotną rolę w prawidłowym działaniu całego przedsiębiorstwa. Zaczerpnięty z dokumentu ISO 10314 ("Reference Model for Shop Floor Production Standard") model przepływu informacji w przedsiębiorstwie przemysłowym przedstawiono na rys. 1. Na rys. 2 pokazano powiązania występujące między przepływem informacji a środkami informatycznymi używanymi do przetwarzania napływającej informacji. Rysunek 2 został opracowany jako ilustracja prac prowadzonych w zakresie MAPLE ("Manufacturing Programming Language Environment - A Common Support Facility for

Multiple, Independent, Programming Languages for Manufacturing Devices and Controls") przez Grupę Roboczą ISO TC184/SC5/WG4.

Należy podkreślić, że zastosowanie komputerowo zintegrowanych systemów wytwarzania w przedsiębiorstwie prowadzi do:

- zwiększenia efektywności wykorzystania parku maszynowego,
- umożliwienia na bieżąco sterowania jakością wytwarzania (m.in. kontrola międzyoperacyjna),
- standaryzacji i stabilizacji jakości wyrobów oraz ogólnego podwyższenia tej jakości,
- umożliwienia zwiększenia różnorodności asortymentowej,
- podwyższenia elastyczności wytwarzania,
- przyspieszenia wprowadzania nowości technologicznych,
- przyspieszenia reakcji na zapotrzebowanie rynkowe, umożliwiające zindywidualizowanie wykonawstwa w celu zaspokojenia specyficznych potrzeb konsumenta,
- spełnienia wymogów dostarczania surowców i półproduktów na czas (just in time), a w rezultacie - do ograniczenia pojemności magazynów materiałów i półproduktów,
- spełnienia wymogów dostarczania wyrobów na czas, w rezultacie - do ograniczenia powierzchni magazynów wyrobów gotowych.

Zatem w wyniku wprowadzenia CIM do polskich przedsiębiorstw powinny ulec obniżeniu koszty produkcji i zwiększyć się konkurencyjność wyrobów, co jest istotne przede wszystkim z punktu widzenia utrzymania się polskich produktów na rynku krajowym, a w dalszej kolejności - wprowadzenia ich również na rynki europejskie. Natomiast zaniechanie wprowadzania komputerowo zintegrowanych systemów zarządzania i wytwarzania do polskiego przemysłu może doprowadzić do nieodwracalnych skutków. Należy mianowicie podkreślić, że w krajach wysoce rozwiniętych panuje opinia, iż przedsiębiorstwa nie posiadające systemu CIM przestaną się liczyć na rynku z końcem lat dziewięćdziesiątych.

Barierę przy wprowadzaniu CIM do polskich przedsiębiorstw stanowi brak powszechnie znanych rozwiązań krajowych, które byłyby znacznie tańsze od produktów renomowanych firm światowych, a przede wszystkim brak w pełni

zaimplementowanej warstwy transmisyjnej (obecnie w PIAP podjęto starania mające na celu stworzenie krajowej wersji warstwy transmisyjnej dla CIM, wykorzystując w tym celu rozwiązania konstrukcyjne osiągnięte w latach poprzednich). Opracowanie i udostępnienie warstwy transmisyjnej dla komputerowego zarządzania i sterowania wytwarzaniem odbiorcom polskim spowoduje przełom, gdyż uczyni łatwiej osiągalną podstawową infrastrukturę techniczną CIM, zezwalając na dalszy rozwój instalacji komputerowo zintegrowanego wytwarzania i zarządzania. Warto bowiem pamiętać, że wprowadzenie CIM do przedsiębiorstwa z reguły powinno przebiegać etapowo, gdyż wiąże się nie tylko ze zmianami technicznymi ale również ze zmianami organizacyjnymi. Jak więc widać proces ten może przebiegać nawet przy ograniczeniu dostępnych środków inwestycyjnych, z którą to sytuacją mamy w Polsce obecnie do czynienia.

Ważnym aspektem natury ekonomicznej jest możliwość istotnego skrócenia czasu wprowadzania CIM do przedsiębiorstwa, co powinno zaowocować znaczną redukcją kosztów. Jest to osiągalne w przypadku znajomości organizacji zarządzania i organizacji produkcji w typowanym przedsiębiorstwie przemysłowym. Ponadto łatwiejsze wydaje się wprowadzanie CIM do małych i średnich przedsiębiorstw, których struktura organizacyjna jest mniej skomplikowana i bardziej elastyczna, a więc bardziej podatna na wszelkiego rodzaju zmiany. Dodatkowym czynnikiem przyspieszającym wprowadzanie CIM może być istnienie w przedsiębiorstwie kadry obeznanej z zagadnieniami komputerowo zintegrowanych systemów wytwarzania. W związku z tym należy intensywnie szkolić nową kadrę, której jednym z atutów jest brak nawyków i obciążeń wynikających z dotychczas realizowanego w przedsiębiorstwie systemu powiązań i zależności. Szkoleniem tym powinny się zająć odpowiednie wydziały i instytuty Wyższych Uczelni Technicznych, jak też odpowiednie przemysłowe instytuty badawczo - rozwojowe.

### 3. WARSTWA TRANSMISYJNA

W komputerowo zintegrowanych systemach wytwarzania CIM można się spotkać zarówno z lokalnym, autonomicznym przetwarzaniem i przesyłaniem informacji jak i z przetwarzaniem globalnym,



z którym związana jest transmisja między częścią centralną a poszczególnymi częściami podrzędnymi systemu wytwarzania. Ponieważ ten ostatni wariant pociąga za sobą zarówno znaczne koszty związane z przetwarzaniem (skomplikowane programy; duże, wydajne komputery) jak i wysokie koszty transmisji (połączenia na znaczne odległości, i często wymagana duża prędkość przesyłania), więc preferowana jest struktura hierarchiczna. Umożliwia ona zmniejszenie ilości przepływającej informacji dzięki częściowemu przekazaniu podejmowania decyzji do pośrednich szczebli hierarchii. Rozwiązanie takie jest obecnie ekonomicznie atrakcyjne z uwagi na coraz niższe koszty sprzętu elektronicznego.

Niezależnie od wyboru scentralizowanego systemu decyzyjnego ewentualnie systemu decyzyjnego o przestrzennie rozłożonych zasobach obliczeniowych działającego w ramach konkretnego komputerowo zintegrowanego systemu wytwarzania CIM, stajemy przed problemem umożliwienia przepływu informacji między poszczególnymi częściami składowymi tego systemu. Sprawę dodatkowo komplikuje fakt często spotykanej niejednorodności wyposażenia fabryki. Istotnie, jest rzadko spotykane, ażeby wszystkie urządzenia pochodziły od tego samego wytwórcy. Wręcz przeciwnie, bardzo często mamy do czynienia z całą gamą producentów niejednokrotnie z różnych krajów. Jedynym zatem do przyjęcia rozwiązaniem jest nie unifikacja poszczególnych urządzeń, a standaryzacja połączeń między nimi (interfejsów). Jest to poprawne z ekonomicznego punktu widzenia w każdym przypadku, w którym mamy do czynienia z urządzeniami pochodzącymi od więcej niż dwóch producentów. Takie podejście ułatwia też kontakty handlowe. Pozostaje jeszcze kwestia istnienia odpowiednich standardów.

W wyniku prac normalizacyjnych i równolegle trwającego rozwoju środków technicznych ukształtował się i spotkał się z aprobatą zarówno użytkowników jak i producentów jeden spójny system standardów w zakresie protokołów wymiany informacji w przedsiębiorstwach przemysłowych. Aktualny stan standaryzacji został zawarty w specyfikacji MAP / TOP 3.0 (Manufacturing Automation Protocol / Technical and Office Protocol). Należy zdawać sobie sprawę z faktu, że jedynie instalacje przemysłowe spełniające zalecenia MAP / TOP 3.0 mają szansę łatwego uzupełniania i rozbudowy. Producenci nie

stosujący się do standardów MAP / TOP wypadają z rynku. Ponadto jedną z podstawowych zasad, którymi kierowali się twórcy omawianych standardów, było zagwarantowanie bezpośredniej współpracy (bez konieczności uciekania się do dodatkowych zabiegów adaptacyjnych) poszczególnych elementów systemu pochodzących od różnych producentów. Wiąże się z tym możliwość manewru polegająca na wyborze dostawcy oferującego w danej chwili sprzęt o najniższej cenie (przy zachowaniu niezbędnych parametrów funkcjonalnych), co stanowi przeciwieństwo kurczowego trzymania się monopolisty - wybranego w fazie wstępnej tworzenia systemu producenta i honorowania narzucanych przez niego cen.

Przytoczone powyżej uwagi stanowiły podstawę do określenia podstawowych elementów konfiguracji sprzętowej systemu CIM dla małych przedsiębiorstw i dla celów laboratoryjno - dydaktycznych. Zanim jednak przejdziemy do szczegółów wspomnianej konfiguracji, postaramy się uporządkować dyskusję przytaczając w skondensowanej formie podstawowe informacje nt. MAP / TOP i FIELDBUS. Takie przedstawienie tematu pozwoli później na przejrzystą prezentację głównego wątku, bez konieczności wielokrotnego uciekania się do niezbędnych dygresji objaśniających.

### 3.1. MAP / TOP

Podstawowa różnica między MAP i TOP polega na organizacji dostępu nadajnika do medium transmisyjnego. Mianowicie w TOP stosowany jest dostęp stochastyczny wg. zasady rywalizacji z wykrywaniem kolizji (CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). W tym systemie stacja przystępująca do nadawania musi najpierw zbadać, czy medium przesyłowe jest wolne. Jeśli medium przesyłowe jest zajęte, to po odczekaniu pewnej chwili, stacja znowu przystępuje do badania zajętości, itd. aż do pozytywnego skutku. Jednakże wskutek przypadkowości zgłoszeń oraz w wyniku występowania opóźnień transmisyjnych, może nastąpić równoczesne rozpoczęcie nadawania przez kilka stacji. Prowadzi to zazwyczaj do kolizji, wynikiem której jest wzajemne zakłócenie przesyłek. Wówczas stacje przerywają nadawanie i po odczekaniu pewnego, w sposób losowy określanego odcinka czasu, ponownie próbują nadawać. W przypadku dużego

natężenia ruchu w sieci może więc wystąpić po pierwsze trudność w uzyskaniu dostępu do medium transmisyjnego, po wtóre kolizje mogą narastać lawinowo. Obydwa zjawiska są wysoce niepożądane w sieci sterującej zakładem przemysłowym. W pierwszym bowiem przypadku nie należy wykluczać sytuacji, że ważna informacja nie zostanie dostarczona na czas, co z kolei może doprowadzić do awarii. Drugi wariant jest jeszcze groźniejszy, gdyż lawinowo narastające kolizje mogą całkowicie zablokować medium przesyłowe. Zjawisko to odkryto dzięki badaniom teoretycznym, których wyniki potwierdziła symulacja oraz eksperymenty prowadzone w istniejących sieciach CSMA/CD. Przeciwdziałać niekorzystnemu, omówionemu tu zjawisk można stosując medium przesyłowe o mniej więcej dwukrotnej przepustowości teoretycznej w stosunku do przewidywanego natężenia ruchu w sieci. Takie też metody są obecnie stosowane w RFN.

W MAP stosowana jest deterministyczna procedura dostępu. Jej idea polega na cyklicznym przekazywaniu uprawnienia do nadawania - znacznika - (Token Passing) między stacjami. W rzeczywistości jest ona jednak o wiele bardziej złożona od CSMA/CD, gdyż zawiera procedury związane z włączaniem nowych stacji w obieg znacznika oraz mechanizmy zapobiegające zgubieniu ewentualnie zdublowaniu znacznika, co może nastąpić wskutek pojawienia się błędów transmisji. Jednakże w praktyce stosowana w MAP metoda zapewnia dostęp każdej ze stacji w określonym czasie, a ponadto czas ten można dosyć dokładnie oszacować już na etapie projektowania. W przypadku zaistnienia obawy natłoku w sieci częstokroć wyjściem jest wydzielenie odrębnych podsieci. Ponadto przy dużym obciążeniu sieć MAP jest wydajniejsza. Przytoczone tu cechy charakterystyczne sieci MAP zdecydowały o jej szerokim rozpowszechnieniu w instalacjach przeysłowych w USA.

### 3.2. WARSTWY MODELU ODNIESIENIA ISO / OSI

Jednolity otwarty system komunikacji OSI (Open System Interconnection), którego realizację stanowi MAP / TOP, definiuje siedem poziomów zwanych warstwami, a mianowicie:

- poziom 1 zwany warstwą 1 - fizyczną (physical layer);
- poziom 2 zwany warstwą 2 - łącza danych (data link layer);
- poziom 3 zwany warstwą 3 - sieci (network layer);

- poziom 4 zwany warstwą 4 - transportową (transport layer);
- poziom 5 zwany warstwą 5 - sesji (session layer);
- poziom 6 zwany warstwą 6 - prezentacji (presentation layer);
- poziom 7 zwany warstwą 7 - zastosowań (application layer);

Warstwa zastosowań jest zorientowana na zarządzanie programami przeznaczonymi do zarządzania i sterowania procesami produkcyjnymi, obrabiarkami, robotami, urządzeniami oraz pojedynczymi urządzeniami wykonawczymi. Warstwa zastosowań obejmuje oprogramowanie użytkowników, współpracujące z różnymi urządzeniami fizycznymi. Oprogramowanie użytkowników powinno być zgodne ze specyfikacją ACSE, FTAM i MMS. Association Control Service Element (ACSE) zapewnia sprawdzanie haseł, pracę równoległą itp. File Transfer, Access and Management (FTAM) dotyczy przekazywania plików i dostępu do nich oraz zarządzanie plikami - zgodnie z ISO 8571. Manufacturing Message Specification (MMS) - określa obsługę wiadomości wytwórczych - wg. ISO 9506 lub RS - 511 a także określa organizację dostępu do baz danych i sposoby manipulacji bazami danych.

Warstwa prezentacji dotyczy obsługi danych, protokołu standaryzacji danych, struktury tekstu i symboli dla przekazywania tekstu. Zdefiniowano ją w dokumentach ISO o numerach 8822, 8823 i 8824.

Warstwa sesji (seansu łączności) jest zgodna z dokumentami ISO 8326 i ISO 8327. Dotyczy obsługi i protokołu seansu łączności, a więc synchronizacji ewentualnego dialogu i zarządzania wymianą danych. Zapewnia ona mechanizmy niezbędne do pracy w pełnym duplexie.

Warstwa transportowa jest zgodna z dokumentami ISO 8072 i ISO 8073. Dotyczy ona protokołu transmisji danych i ma zapewnić tzw. standard klasy 4. Innymi słowy jej zadaniem jest oddzielenie wyższych warstw od problemów natury czysto transmisyjnej (określanie parametrów transmisyjnych jak przepustowość, opóźnienie, stopa błędów, itp.).

Warstwa sieci jest zgodna z dokumentami ISO 8348, 8473, 8648 i 9542. Dotyczy ona organizacji wewnętrznej sieci i

protokołu współpracy sieci lokalnych. Jej zadanie polega na zapewnieniu drogi transmisji między stacjami tak, aby między innymi zapobiec przeciążeniom.

Warstwa łącza danych odnosi się do obsługi kanału danych w sposób zapewniający bezkolizyjny dostęp do łącza. W przypadku magistrali - zapewnia sterowanie logiczne magistralą wg. dokumentu IEEE 802.2 Logical Link Control. Ponadto zajmuje się sterowaniem kanałem danych, zgodnie z protokołem HDLC (High .Data Link Control). Jednostkę informacji wykorzystywaną przez omawianą warstwę stanowi ramka, tzn. uporządkowany ciąg bitów o z góry określonej strukturze.

Zadaniem warstwy fizycznej jest zabezpieczenie połączenia fizycznego dla transmisji danych oraz środków pozwalających na nawiązanie, przerwanie i wznowienie połączenia. Zajmuje się ona przesyłaniem najmniejszych jednostek informacyjnych - bitów - w udostępnionym medium transmisyjnym. Warstwa fizyczna jest zgodna z dokumentami: ISO 8802/3 (magistrala z dostępem z rywalizacją i wykrywaniem kolizji wg. IEEE 802.3 - CSMA/CD - Ethernet), ISO 8802/4 (magistrala typu Token Bus wg. IEEE 802.4), ISO 8802/5 (sieć pierścieniowa typu Token Ring wg. IEEE 802.5), ISO 8802/6 (sieć miejska MAN - Metropolitan Area Network wg. IEEE 802.6), a ponadto z następującymi dokumentami CCITT dotyczącymi sieci komutacji kanałów: X.21 (interfejs ogólnego przeznaczenia między terminalem dla wprowadzania / wyprowadzania danych a siecią publiczną - praca synchroniczna), X.24 (specyfikacja obwodów połączeniowych między terminalem dla wprowadzania / wyprowadzania danych a siecią publiczną) i X.27 (zastosowanie standardu V.11 do interfejsu z siecią publiczną, przy czym V.11 opisuje parametry elektryczne obwodów łączeniowych używanych w transmisji danych).

### 3.3. SPRZĘT SIECIOWY MAP

Do budowy poszczególnych struktur sieci MAP i MAP / TOP oraz do łączenia ze sobą segmentów sieci i tworzenia architektury hierarchicznej stosuje się stosunkowo znaczny asortyment sprzętu. Jego krótkie omówienie zawarto poniżej.

### 3.3.1. Magistrala szerokopasmowa (broadband)

Magistrala szerokopasmowa sieci MAP (wg standardu IEEE 802.4) ma przepustowość 10 Mbit/s i składa się z dwu wydzielonych kanałów. Każdy z nich jest jednokierunkowy, a szerokość jego pasma przenoszenia wynosi minimum 6 MHz. Podstawowe elementy magistrali szerokopasmowej MAP są identyczne jak w sieci telewizji kablowej. Stanowią je:

- kabel główny magistrali - o dużej średnicy, małej stratności, o paśmie przenoszenia rzędu kilkuset MHz (zaleca się co najmniej 450 MHz),
- rozgałęźnik stacyjny (splitter),
- kabel przyłączeniowy lub odgałęzień stacyjnych (drop cable),
- wzmacniacz (amplifier),
- remodulator końcowy (headend),

oraz opcjonalnie most (bridge) omówiony w p. 3.3.3.

Kabel główny przenosi sygnały modulowane sieci MAP, inne sygnały np. sieci telewizji przemysłowej, systemów łączności oraz zasilanie prądu przemiennego niskiej częstotliwości do zasilania wzmacniaczy i aktywnych rozgałęźników rozmieszczonych na trasie kabla. Istotnym elementem magistrali jest remodulator końcowy przenoszący w sposób ciągły jednokierunkowe sygnały z jednego do drugiego (powrotnego) kanału. Do rozgałęziania kabla głównego służą dwa rodzaje rozgałęźników: rozgałęźniki bierne oraz rozgałęźniki aktywne wzmacniające sygnały. W wyniku stosowania kabli najwyższej jakości oraz wzmacniaczy liniowych i rozgałęźników aktywnych magistrala szerokopasmowa ma duży zasięg oraz może być rozgałęziana odpowiednio do topologii obiektu.

Kabel odgałęzień stacyjnych (drop cable) jest cieńszy i bardziej elastyczny niż kabel główny, ma on jednak większą tłumienność. Służy on do przyłączenia remodulatora lub stacji. Do tego celu wykorzystuje się przeważnie kable typu RG 6 lub RG 11.

Wyposażeniem stacyjnym są: modem i moduł komunikacyjny. Modem wykorzystuje podwójną modulację - amplitudy i

kluczowania fazy z dodatkowym kodowaniem impulsowym (duobinary AM / PSK modulation). Realizuje on modulację i demodulację w oddzielnych kanałach - w kanale nadawania i w kanale odbioru sygnałów. Modem taki jest urządzeniem złożonym i kosztownym. Moduł komunikacyjny za pomocą specjalnych układów wielkiej skali integracji i mikroprocesora realizuje protokoły warstw 2 do 7.

### 3.3.2. Magistrala pasma podstawowego z częstotliwością nośną (carrierband)

Magistrala pasma podstawowego sieci MAP (wg standardu IEEE 802.4) ma przepustowość 5 Mbit/s. Jako medium transmisyjne wykorzystuje elastyczne lub półsztywne kable współosiowe o umiarkowanych wymaganiach tłumienności (np. RG 11). Pasma przenoszonych częstotliwości sięga 10 MHz. Przekazywanie sygnałów na magistrali odbywa się w obu kierunkach wyłącznie w paśmie podstawowym (tworzony jest tylko jeden kanał). Stosowana jest modulacja częstotliwości z fazą spójną, a sinusoidalny sygnał przybiera tylko dwie wartości częstotliwości: 5 i 10 MHz.

Parametry pojedynczego "pasywnego" segmentu magistrali są następujące:

- długość do 1000 m (dla RG 11 - do 700 m),
- liczba stacji - do 32,
- średnica - nie mniejsza niż w przypadku RG 11.

Wymagania na kabel zawarte w standardzie IEEE 802.4:

- tłumienność nie większa niż 1,7 dB/100 m przy 10 MHz (jak typ RG 11),
- impedancja przejściowa nie większa niż 5 mom/m,
- wymagany podwójny oplot lub dwie warstwy folii z oplotem między nimi,
- opóźnienie fazowe grupowe przy 15 MHz  $\pm$  1,5%,
- różnica tłumienności segmentu przy 5 i 10 MHz 3,5 dB.

Dalszymi elementami segmentu są bierne odgałęźniki stacyjne i kable odgałęzień stacyjnych, długości do 50 m, tłumienności do 1 dB.

Wyposażeniem MAP każdej stacji są modem i moduł komunikacyjny. Ze względu na stosowanie jednego kanału, znacznie niższą częstotliwość sygnałów oraz szczególnie prosty w realizacji system modulacji, modem dla magistrali pasma podstawowego jest znacznie tańszy niż modem magistrali szerokopasmowej. Natomiast moduł komunikacyjny w obu przypadkach jest zbliżony, gdyż realizuje te same protokoły.

### 3.3.3. Elementy łączeniowe

Do powiększenia rozmiarów, tzn. długości i / lub liczby segmentów pasma podstawowego sieci MAP może być stosowany aktywny regeneratory (repeater). Łączy on segmenty na poziomie warstwy 1 (tj. warstwy fizycznej). Regeneracja dotyczy tylko parametrów elektrycznych sygnału, tj. kształtu i poziomu. Segmenty połączone ze sobą aktywnymi regeneratory są widziane przez protokoły warstw 2 - 7 jako jeden segment.

Działanie regeneratory jest przezroczyste zarówno dla przesyłek jak i protokołu realizowanego w stacjach. Ograniczenie liczby regeneratory włączonych do magistrali zależy tylko od technicznych rozwiązań modemów, tzn. od wnoszonego opóźnienia i czasu potrzebnego na synchronizację odbioru. Obecnie produkowane układy scalone modemu pozwalają na połączenie ze sobą co najmniej 5 segmentów bez naruszania wymagań sprecyzowanych w opisie warstwy 2.

Most (bridge) służy do połączenia segmentów magistrali na poziomie podwarstwy MAC sterowania dostępem do łącza. Łączone segmenty muszą mieć identyczne warstwy 2 (warstwy łącza danych) magistrali (zgodne z IEL: 802.4). Most przekazuje przesyłkę bez zmian, w szczególności nie zmienia wartości kodu zabezpieczającego (CRC), by umożliwić stacji przeznaczenia wykrycie ewentualnego błędu.

W obu łączonych segmentach most jest stacją w logicznym łańcuchu obiegu uprawnień. Most musi zapamiętywać odbierane przesyłki w buforach, z zachowaniem podziału na priorytety i z zachowaniem kolejności. Most nadaje przesyłki do drugiego segmentu dopiero po otrzymaniu uprawnień



dostępu. Mosty służą do łączenia ze sobą:

- a) segmentów magistrali pasma podstawowego sieci MAP (wg standardu IEEE 802.4) - 5 Mbit/s,
- b) magistrali szerokopasmowej sieci MAP (wg standardu IEEE 802.4) - 10 Mbit/s z segmentami magistral pasma podstawowego sieci MAP - 5 Mbit/s, co tworzy podstawową architekturę sieci MAP,
- c) segmentów magistrali szerokopasmowej sieci MAP (wg standardu IEEE 802.4) - 10 Mbit/s, podzielonej w celu zmniejszenia obciążenia i skrócenia czasu obiegu uprawnienia w segmentach.

Istotną funkcją mostów jest selekcja adresów, dokonywana na podstawie listy adresów lub algorytmu uczącego. Specyfikacja MAP 3.0 zezwala na stosowanie mostów rozgałęźnych, które łączą jedną magistralę szerokopasmową z kilku segmentami pasma podstawowego. Należy jeszcze dodać, że mosty muszą odrzucać przesyłki żądające potwierdzenia.

Sprzęgacz sieciowy (router) służy do połączenia dwu lub więcej segmentów (lub podsieci) różniących się technologią warstw 1 i 2 modelu OSI ale stosujących wspólną strukturę adresów i jednakowe protokoły warstw 3 - 7. Połączenie następuje na poziomie warstwy 3. Sprzęgacz realizuje segmentowanie przesyłek i inne zadania warstwy 3. Typowym zastosowaniem jest połączenie sieci MAP z siecią TOP (ta ostatnia w warstwach 1 i 2 stosuje standard IEEE 802.3).

Brama (gateway) służy do połączenia sieci o różnych architekturach. Brama dokonuje translacji protokołów, stosuje obowiązkowo wszystkie 7 warstw modelu OSI. Bramy systemu MAP służą do połączenia sieci MAP z istniejącymi sieciami innych standardów, w tym także z FIELDBUS.

### 3.4. SPRZĘT SIECIOWY TOP

#### 3.4.1. Magistrala 802.3 10Base5 CSMA/CD

Magistrala 10Base5 sieci TOP (wg standardu IEEE 802.3) wykorzystuje jako kabel główny specjalny sztywny kabel współosiowy (znany pod nazwą złotego kabla Ethernet) o impedancji 50 om. W pojedynczym segmencie, bez regeneratorów długość kabla magistrali 10Base5 wynosi nie więcej niż 500 m. Ponadto 2 segmenty sieci TOP zrealizowane przy użyciu

magistrali 10Base5 nie mogą być rozdzielone przez więcej niż dwa regeneratory, co prowadzi do stwierdzenia, iż całkowita długość sieci nie powinna przekraczać 1500 m. Urządzenia stacyjne mogą być podłączane przy pomocy urządzeń nadajnika - odbiornika (active transceiver devices) co wielokrotność 2,5 m, a więc pojedynczy segment magISTRALI 10Base5 może obsługiwać do 1000 użytkowników.

#### 3.4.2. Magistrala 802.3 10Broad36 CSMA/CD

Magistrala 802.3 10Broad36 jako medium transmisyjne wykorzystuje kabel współosiowy o impedancji 75 om zaś jego pozostałe parametry są zgodne ze specyfikacją magISTRALI szerokopasmowej sieci MAP (wg standardu IEEE 802.4) o przepustowości 10 Mbit/s. Maksymalna długość sieci TOP wykorzystującej magISTRALĘ 10Broad36 nie powinna przekraczać 3750 m, a maksymalna dopuszczalna liczba przyłączonych stacji wynosi 1024. Magistrala 802.3 10Broad36 nie powinna być łączona z inną magISTRALĄ pracującą w trybie CSMA/CD.

#### 3.4.3. Inne magISTRALe TOP

Specyfikacja TOP dopuszcza również zastosowanie okablowania w postaci ekranowanej pary skręconej zgodnie z 802.5 Token - Passing Ring 4 Mbit/s Baseband. Maksymalna liczba dołączanych stacji wynosi wówczas 250, a największa długość kabla pomiędzy sąsiadującymi ze sobą regeneratorami nie powinna przekraczać 300 m.

#### 3.4.4. Elementy łączeniowe

Do powiększenia rozmiarów, tzn. długości i / lub liczby magISTRALI pasma podstawowego sieci TOP może być stosowany aktywny regeneratory (repeater). Jego funkcjonowanie jest identyczne jak w przypadku sieci MAP (por. p. 3.3.3).

Sprzęgacz sieciowy (router) działa w sposób uprzednio opisany dla sieci MAP (por. p. 3.3.3).

TOP nie zawiera explicite specyfikacji bramy (gateway) ale też nie wyklucza jej zastosowania. Opis funkcjonalny bramy można znaleźć w p. 3.3.3.

### 3.5. FIELDBUS

#### 3.5.1. Idea sieci (magistrali) miejscowej

Uzupełnieniem architektury MAP / TOP są sieci miejscowe typu FIELDBUS, służące do dołączania urządzeń obiektowych - czujników pomiarowych, przetworników, siłowników, regulatorów, stacji rejestracji i wstępnego przetwarzania danych do stacji MAP za pomocą prostej magistrali szeregowej o mniejszej szybkości pracy. W znanej piramidzie opisującej symbolicznie fabrykę przyszłości FIELDBUS pokrywa poziom 0 (przetworniki i urządzenia wykonawcze) oraz poziom 1 (automatyzacja linii produkcyjnej). Zastępuje tradycyjne okablowanie dla przekazywania sygnałów analogowych 4 - 20 mA połączeniem magistralowym, charakterystycznym dla systemów cyfrowych.

Zastosowanie magistrali miejscowej jest zgodne z najnowszymi tendencjami w technice światowej i umożliwia przekazywanie informacji o stanie obiektu do jednostki centralnej przy wykorzystaniu linii transmisyjnej zrealizowanej w postaci pary skręcanej w ekranie. Taki szeregowy sposób przekazu eliminuje okablowanie obiektowe konieczne w instalacjach starego typu. Wadami systemu są: wydłużenie czasu dostępu w systemie i konieczność instalacji inteligentnych urządzeń obiektowych. Pierwszą z tych wad można eliminować poprzez tworzenie efektywnych i szybkich systemów transmisyjnych, natomiast zastosowanie inteligentnych urządzeń wejścia / wyjścia jest obecnie coraz powszechniejsze i koszt tych urządzeń relatywnie obniża się.

Do roku 1992 nie było dokumentu ISO / IEC (poza pewnymi zaleceniami wstępnymi, np. International Electrotechnical Commission. 65C (Secretariat) 62 Field Bus Standard for use in industrial control systems. Functional requirements. July 1987), który jednoznacznie określałby międzynarodowy standard dla magistrali miejscowej. Istniał natomiast szereg propozycji zgłaszanych przez poszczególne firmy lub krajowe komitety normalizacyjne. W lutym 1992 roku poddano pod głosowanie "Draft IEC 1158 - 2; Field Bus standard for use in industrial control system - Part 2: Physical layer specification and service definition". Zdaniem autorów

dokument ten ma duże szanse na akceptację. W związku z tym można się spodziewać wprowadzenia zawartych w nim zaleceń na przełomie lat 1993 - 1994 (termin głosowania mija 1993.05.31).

Z punktu widzenia rozpowszechnienia na świecie istnieją obecnie 3 rodzaje sieci typu FIELDBUS. Są to BITBUS, PROFIBUS oraz FIP. W ostatniej z nich wykorzystano wysoce specjalizowane elementy i, w zasadzie, jest ona stosowana wyłącznie przez firmy francuskie. Dlatego też dalej poświęćmy nieco więcej uwagi wyłącznie sieciom BITBUS i PROFIBUS.

Zanim jednak przystąpimy do omawiania wspomnianych wyżej sieci miejscowych poświęćmy trochę miejsca standardom połączeniowym, funkcjonalnym, mechanicznym i elektrycznym.

### 3.5.2. Standardy połączeniowe, funkcjonalne, mechaniczne i elektryczne

W 1972 r. CCITT (Consultative Committee on International Telegraph and Telephone) opublikował zalecenie V.24 dotyczące zestawienie definicji obwodów styku urządzeń końcowych transmisji danych z urządzeniami komunikacyjnymi transmisji danych oraz zalecenie V.28 dotyczące parametrów elektrycznych obwodów stykowych. W zaleceniu V.24 definiuje się obwody połączeniowe (zwane w publikacji źródłowej stykowymi) między tzw. urządzeniem końcowym dla danych - DTE (Data Terminal Equipment) a tzw. urządzeniem komunikacyjnym dla danych - DCE (Data Communication Equipment). Służą one do przekazywania sygnałów danych, sygnałów sterujących, sygnałów podstaw czasu (czyli sygnałów synchronizacji transmisji), a także, w miarę potrzeby, sygnałów analogowych. Dopuszcza się również wprowadzanie dodatkowych obwodów (nieokreślonych w zaleceniu V.24). W tym ostatnim jednak przypadku wymaga się spełnienia zaleceń dotyczące parametrów elektrycznych. Liczba wszystkich obwodów definiowanych w zaleceniu V.24 wynosi 49. Przy transmisji szeregowej nie jest oczywiście konieczne wykorzystywanie wszystkich zdefiniowanych obwodów. W najprostszym przypadku wystarcza użycie tylko dwóch obwodów wraz z linią masy.

Zalecenie V.24 nie określa rodzaju stosowanych złączy. Styk V.24 może się składać z dwóch oddzielnych złączy, jednego dla obwodów związanych z transmisją danych i drugiego dla obwodów automatycznego nawiązywania połączeń.

Między DTE a DCE może być włączone urządzenie pośredniczące. Urządzeniem tym jest np. układ zabezpieczeń przed błędami czy też regenerator impulsów. Może być ono włączone we wszystkie lub tylko w część wykorzystywanych linii. Połączenie urządzenia pośredniczącego z liniami musi spełniać wszystkie warunki obowiązujące dla urządzeń końcowych.

Przesyłanie informacji po liniach danych może być realizowane metodą start - stopową czyli synchronizowaną (asynchroniczne przesyłanie słów, synchroniczne przesyłanie bitów) lub w sposób synchroniczny. Przy transmisji synchronicznej wykorzystuje się obwody przekazujące sygnały zegarowe.

W standardzie V.28 sformułowano dalej przedstawione zalecenia. Mianowicie rezystancja obciążenia musi być zawarta w przedziale od 3000 om do 7000 om, a łączna pojemność obciążenia nie może przekraczać 2500 pF. Składowa reaktancyjna impedancji obciążenia nie może być typu indukcyjnego. Jeśli w obciążeniu istnieje siła elektromotoryczna, to moduł jej wartości zespolonej nie może być większy od 2 V. Siła elektromotoryczna źródła powinna być mniejsza od 25 V. Rezystancja źródła nie jest specyfikowana, ale zwarcie źródła, bądź też dwóch dowolnie wybranych obwodów stykowych nie może prowadzić do jakiegokolwiek uszkodzenia, zaś prąd zwarcia nie powinien przekraczać 0,5 A. Pojemność źródła również nie jest specyfikowana. Żąda się jednak, ażeby źródło pracowało poprawnie przy obciążeniu pojemnością 2500 pF. Na liniach danych stosuje się logikę ujemną. Na pozostałych zaś liniach obowiązuje logika dodatnia. Stanowi niskiemu odpowiadają napięcia z przedziału obustronnie otwartego od -15 V do -3 V. Stanowi wysokiemu przypisuje się napięcia z przedziału obustronnie otwartego od +3 V do +15 V. Przejście sygnału przez tzw. zakres przejściowy (napięcia z przedziału

obustronnie domkniętego od  $-3\text{ V}$  do  $+3\text{ V}$ ) powinno mieć charakter monotoniczny, przy czym następne wejście w zakres przejściowy może nastąpić dopiero po zmianie stanu sygnału w linii. Czas przechodzenia poprzez zakres przejściowy:

- dla obwodów sterujących musi być mniejszy od  $1\text{ ms}$ ,
- dla obwodów danych i podstaw czasu musi być mniejszy od  $1\text{ ms}$  zarazem nie przekraczając  $3\%$  czasu trwania elementu sygnału przekazywanego.

Ponadto szybkość zmian wartości sygnałów w liniach nie powinna przewyższać  $30\text{ V}$  w ciągu  $1\text{ mikrosekundy}$ .

Na podstawie streszczonych powyżej zaleceń wiele państw wprowadziło normy dotyczące szeregowej transmisji danych binarnych. W normach tych przyjęto dodatkowe ustalenia dotyczące typu stosowanych złączy, sposobu ich okablowania oraz ewentualnego zestawu obwodów wykorzystywanych, wybranych spośród obwodów zdefiniowanych w zaleceniu V.24. Najbardziej rozpowszechnioną normę państwową stanowi amerykański standard RS 232C (RS - Recommended Standard) wprowadzony przez instytucję normalizującą EIA (Electronic Industries Association). Norma RS 232C obejmuje pewien podzbiór obwodów opisanych w zaleceniu V.24 wraz z parametrami elektrycznymi zgodnymi z Zaleceniem V.28. Ponadto ustala typ stosowanego złącza (złącze 25 - kontaktowe, szufladowe typu DB-25P lub DB-25S firmy Cannon, lub DB-19604-432/DB-19604-433 firmy CINCH JONES). W Polsce na podstawie zaleceń V.24 i V.28 opracowano Polską Normę PN-75/T-05052 pt. "Urządzenia transmisji danych STYK S2". Zawiera ona ustalenia dotyczące obwodów stykowych (zgodne z zaleceniem V.24), parametrów elektrycznych obwodów niesymetrycznych (zgodne z zaleceniem V.28) oraz ustalenia dotyczące złączy. Norma precyzuje również parametry obwodów symetrycznych oraz rodzaje złączy do transmisji szybszych od  $20\text{ kbit/s}$ .

Standard transmisji danych RS 449 stanowi rozszerzenie i modyfikację standardu RS 232C. Wprowadzenie standardu RS 449 i towarzyszących mu norm dotyczących parametrów elektrycznych: RS 422A - dla obwodów symetrycznych - oraz RS 423A - dla obwodów niesymetrycznych - miało na celu polepszenie jakości transmisji jak i również rozszerzenie zakresu zastosowań. W rezultacie uzyskano zwiększenie

szybkości transmisji do 2 Mbit/s i znaczne dopuszczalne wydłużenie linii transmisyjnych między współpracującymi urządzeniami. W standardzie RS 449 zawarto większość obwodów stykowych uwzględnionych już w RS 232C. Jednak kilka z nich zdefiniowano od nowa.

W standardzie RS 422A sformułowano niżej przedstawione zalecenia. Mianowicie impedancja wyjściowa nadajnika musi być mniejsza od 100 om. Czas narastania zboczy musi być mniejszy od 10% czasu trwania elementu informacyjnego, w przypadku gdy czas trwania elementu informacyjnego jest większy lub równy 200 ns, oraz równy 20 ns, gdy czas trwania elementu informacyjnego jest mniejszy od 200 ns. W zakresie od 0,1 do 0,9 wartości międzyszczytowej sygnału różnicowego zbocza muszą być monotoniczne. Parametry odbiornika są następujące:

- impedancja wejściowa  $\geq 4000$  om,
- histereza ok. 30 mV.

Parametry linii symetrycznej:

- impedancja charakterystyczna.....100 om,
- rezystancja szeregową linii.....< 240 om,
- rezystancja właściwa przewodów.....< 98 om/km,
- pojemność między parą przewodów..... $\leq 65$  pF/m,
- przesłuch..... $\leq -40$  dB przy 150 kHz,
- tłumienie sygnału między nadajnikiem a odbiornikiem  $\leq 6$  dBV.

W standardzie RS 449 są wykorzystywane złącza 37 - kontaktowe dla kanału głównego i 9 - kontaktowe dla kanału powrotnego. W przypadku, w którym nie wykorzystuje się kanału powrotnego to drugie złącze nie jest potrzebne.

Standard RS 485 (wg Electrical characteristics of balanced voltage digital interface circuits EIA RS - 485), podobnie zresztą jak wyżej wspomniane standardy RS 422A i RS 423A, podaje specyfikację parametrów elektrycznych dla standardu RS 449 ujmującego aspekty połączeniowe, funkcjonalne i mechaniczne. Wprowadzenie RS 485 miało na celu umożliwienie uzyskania prędkości transmisji do 10 Mbit/s, a ponadto ułatwienie projektowania sieci lokalnych poprzez zwiększenie aż do 32 liczby podłączanych bezpośrednio do linii biernych odbiorników. Propozycje zawarte w standardzie RS 485 są w zasadzie zgodne z zaleceniami ujętymi w RS 422A. Jedyne

różnice polegają na tym, że w przypadku RS 485 impedancja wyjściowa nadajnika musi być mniejsza od 54 om, a minimalne napięcie wyjściowe nadajnika przy 54 om powinno wynosić 1,5 V, ponadto dozwala się, aby czas narastania zboczy był mniejszy od 30% czasu trwania elementu informacyjnego przy obciążeniu 54 om i 50 pF (w RS 422A - 10% przy obciążeniu 100 om), a poza tym przy zwarcjach nie dopuszcza się prądów powyżej 250 mA.

Charakterystyka kabla według normy RS 485 powinna być następująca:

- nominalna impedancja charakterystyczna..... 100 om
- rezystancja szeregową pętli DC.....< 240 om
- rezystancja jednostkowa.....< 98 om/km
- pojemność jednostkowa.....< 65 pF/m

W większości sieci typu FIELDBUS wykorzystuje się medium transmisyjne zgodne ze standardem RS 485.

### 3.5.3. Szeregową magistrala miejscowa BITBUS

BITBUS został zaproponowany przez firmę amerykańską INTEL (The BITBUS Interconnect Serial Control Bus Specification. INTEL Corporation 1988, także: standard IEEE 1118). Standardem elektrycznym nadajników i odbiorników linii jest RS 485. Medium transmisyjne stanowi linia doziemnie symetryczna zrealizowana w postaci pary skręconej w ekranie, również wg RS 485. Dopuszcza się następujące tryby transmisji:

- synchroniczny, w którym w jednej linii przesyłana jest szeregowo informacja cyfrowa, natomiast w drugiej linii przesyłany jest sygnał zegarowy. Taki tryb transmisji wykorzystuje się w przypadku konieczności realizacji przesyłania z dużą prędkością na małe odległości. Szybkość transmisji może wówczas wynosić od 500 kbit/s do 2,4 Mbit/s na odległość ok. 30 metrów.
- synchronizowany (self - clocked), w którym występuje tylko jedna linia transmisyjna. Dane są wówczas zakodowane w kodzie NRZI (non return to zero inverted). Pozwala to wyodrębnić z przesyłanego ciągu sygnałów sygnał zegarowy i dane transmitowane. Układy odbiorcze wydzielające zegar synchronizowane są przez układ cyfrowej pętli fazowej



DFLL. Taki tryb transmisji umożliwia przesyłanie na większe odległości przy znacznie mniejszej szybkości transmisji. Szybkość transmisji może wówczas wynosić 62,5 kbit/s i 375 kbit/s na odległość, odpowiednio, 1200 m i 300 m. W pierwszym przypadku dopuszczalna liczba regeneratorów w linii wynosi 10, zaś w drugim - 2.

Zarówno w trybie synchronicznym jak i synchronizowanym informacja w danej chwili przesyłana jest w jednym kierunku. Taki sposób transmisji informacji (półdupleks) wynika z przyjętej zasady pytanie/odpowieź.

Maksymalna liczba adresów w sieci BITBUS wynosi 250, jednakże jeden segment magistrali bez regeneratorów może obsługiwać pojedyncze urządzenie nadrzędne (MASTER) i do 28 stacji podporządkowanych (SLAVE). Struktura sieci ma charakter hierarchiczny (w szczególnym przypadku - liniowy). Uzyskuje się to definiując SLAVE wyższego poziomu hierarchii jako urządzenie nadrzędne poziomu niższego.

Wymiana informacji polega na zadawaniu pytań i uzyskiwaniu na nie odpowiedzi. Transmisję inicjuje zawsze urządzenie nadrzędne. Nie dopuszcza się przekazywania nadrzędności pomiędzy poszczególnymi węzłami w sieci (Token Passing) ze względu na niezawodność - (możliwość zgubienia wskaźnika nadrzędności).

Protokół magistrali miejscowej ma strukturę hierarchiczną. Można wyróżnić trzy jego warstwy. Są nimi kolejno: protokół komunikacyjny, protokół przesyłania wiadomości oraz protokół zdalnego sterowania i dostępu. Warstwę najniższą stanowi protokół komunikacyjny, będący nieznacznie uproszczoną wersją protokołu SDLC. Jego zadaniem jest uporządkowanie wymiany komunikatów między urządzeniem sterującym magistralą miejscową a urządzeniami podporządkowanymi. Protokół przesyłania wiadomości jest realizowany przy pomocy specjalnych ramek protokołu komunikacyjnego, tzw. ramek informacyjnych. Z kolei protokół zdalnego sterowania i dostępu wykorzystuje pewne specyficzne właściwości protokołu przesyłania wiadomości.

Protokół zdalnego sterowania i dostępu umożliwia dokonywanie różnego rodzaju operacji ogólnego przeznaczenia w urządzeniach podporządkowanych. Można tu między innymi wymienić zapis i odczyt z urządzeń wejścia / wyjścia oraz różnorakie czynności prowadzące do zmiany zawartości pamięci urządzeń podporządkowanych, a także aktywację i wstrzymywanie realizacji zadań (task) uprzednio zdalnie wprowadzonych poprzez linię transmisyjną z urządzenia nadrzędnego MASTER.

Na przełomie lat 80 - 90 w PIAP opracowano zestaw pakietów realizujących połączenia sieciowe zgodnie ze specyfikacją BITBUS.

#### 3.5.4. Process Field Bus (PROFIBUS)

PROFIBUS - zaproponowany przez firmę SIEMENS został zaakceptowany przez zachodniemiecki komitet normalizacyjny (norma DIN 19245). Protokół PROFIBUS jest oparty na znanych standardach takich jak IEEE 802.4, PROWAY/IEEE 802.2 i ISO 1177 & 2022. Proponuje się w nim transmisję asynchroniczną o szybkościach 9,6; 19,2; 90; 187,5 oraz 500 kbit/s. Warstwa fizyczna jest realizowana przez medium w postaci ekranowanej wielokrotności (1, 2, 3) pary przewodów skręcanych przy zachowaniu standardu RS - 485. Przewidziano wariant bez oddzielenia galwanicznego, wariant z oddzieleniem galwanicznym oraz wariant iskrobezpieczny.

Do magistrali PROFIBUS można dołączyć 32 stacje rozmieszczone na odcinku kabla o długości nie przekraczającej 1,2 km z możliwością powiększenia tej długości przez zastosowanie regeneratorów (repeaters). Z

punktu widzenia architektury PROFIBUS odpowiada Mini - MAP, tzn. realizuje protokół warstwy 1, 2 i 7. Z punktu widzenia modelu OSI sieć PROFIBUS obejmuje warstwę 0 (urządzenia obiektowe), warstwę 1 (medium transmisyjne), warstwę 2 (podwarstwa MAC - dostępu do medium transmisyjnego oraz podwarstwa LLC - sprzężeń logicznych) oraz warstwę 7 (zastosowań), przy czym ta ostatnia mieści w sobie

specyficzną wersję protokołu MMS dla sieci typu FIELDBUS.

PROFIBUS może pracować w trybie MASTER - SLAVE opisanym już przy okazji omawiania magistrali BITBUS oraz w trybie Token Passing.

#### 4. ELASTYCZNY SYSTEM PRODUKCYJNY - ESP

(ang.: Flexible Manufacturing System - FMS)

Bieżący rozdział zostanie poświęcony uporządkowaniu pojęć z zakresu automatyzacji, a w szczególności elastycznych systemów produkcyjnych. Autorzy będą się głównie opierać na propozycji zawartej w [14]. Przedstawiono tam klasyfikację opartą na zależnościach hierarchicznych występujących między poszczególnymi elementami / składowymi systemu produkcyjnego. Takie podejście wydaje się trafne chociażby z tej przyczyny, że umożliwi w późniejszych pracach (np. przy opracowywaniu konkretnego projektu) zastosowanie nowoczesnych środków analizy i syntezy, np. elementów teorii systemów wielkich.

##### Elastyczny Moduł Magazynowy - EMM:

elastyczna jednostka przeznaczona do przechowywania i ewidencji, wydawania i przyjmowania, a także zestawiania kompleksów półfabrykatów, gotowych wyrobów, narzędzi i oprzyrządowania technologicznego.

##### Elastyczny Moduł Transportowy - EMTr:

zbiór robotów stacjonarnych i ruchomych, tras, urządzeń zamocowywania, wymiany rozkazów oraz zewnętrznego zasilania energetycznego, a także stacjonarnych i ruchomych magazynów buforowych, przeznaczony do zorganizowania połączeń transportowych elastycznych modułów technologicznych (określenie EMT podano niżej) oraz autonomicznych stacji obróbkowych (określenie ASO podano niżej) z elastycznymi modułami magazynowymi.

##### Podsystem Transportowo-Magazynowy - PTM (EPTM):

zbiór wzajemnie powiązanych automatycznych urządzeń transportowych i magazynowych oraz środków techniki obliczeniowej, przeznaczonych do organizacji przepływu materiałów i związanych z nim informacji. Jeśli w

podsystemie transportowo - magazynowym zastosowano autonomiczne roboty transportowe i transportowo - manipulacyjne, zapewniające dużą elastyczność strukturalną i funkcjonalną PTM, to zaleca się stosowanie terminu - elastyczny podsystem transportowo - magazynowy EPTM.

Elastyczny moduł transportowy stanowi część składową elastycznego podsystemu transportowo - magazynowego.

**Elastyczny Moduł Technologiczny - EMT:**

elastyczna jednostka wytwórcza (obrabiarka CNC, centrum obróbcze) konstrukcyjnie i funkcjonalnie przystosowana do włączenia w system wyższego rzędu.

**Autonomiczna Stacja Obróbkowa - ASO:**

samodzielna jednostka wytwórcza pracująca automatycznie przy obróbce partii jednakowych przedmiotów, w skład której wchodzi: układ sterowania CNC, automatyczne urządzenia podawania półfabrykatów i odtransportowywania przedmiotów obrabianych (roboty, manipulatory) oraz magazyny części. ASO ma zdolność automatycznego przebrajania na różnorodne przedmioty technologicznie podobne.

**Elastyczny Podsystem Technologiczny (obróbkowy) - EPT:**

zbiór elastycznych modułów technologicznych i / lub autonomicznych stacji obróbkowych jednorodnych pod względem technologii obróbki i typu obrabianych części, połączonych ze sobą urządzeniami transportu przedmiotów i sterowanych przez komputer spełniający funkcję nadzoru (pojęcie EPT nie występuje w zachodnioeuropejskim nazewnictwie technicznym).

**Elastyczne Gniazdo Technologiczne - EGT:**

organizacyjno - produkcyjny składnik struktury ESP, obejmujący kilka elastycznych podsystemów technologicznych (EPT) o dużym podobieństwie wykonywanych operacji, obsługiwany zwykle przez jedną brygadę.

**Elastyczny System Produkcyjny - ESP:**

część produkcyjna EWP składająca się z jednego lub kilku elastycznych podsystemów technologicznych (EPT) i

podsystemów transportowo - magazynowych (PTM) sprzężonych komputerowym dyspozytorskim systemem sterowania (DSS), pracującym autonomicznie, tzn. bez wspomaganie z zewnątrz i bez obecności operatora w określonych okresach czasu, posiadający cechę przezbrajalności do wytwarzania wyrobów dowolnego asortymentu w zakresie technicznych możliwości zainstalowanych urządzeń.

#### Elastyczny Wydział Produkcyjny - EWP:

samodzielny wydział produkcyjny wchodzący w skład EZP składający się z elastycznego systemu produkcyjnego określonej techniki wytwarzania, służb: inżynieryjno - technicznego oraz narzędziowego przygotowania i operatywnego zabezpieczenia produkcji, obsługi technicznej oraz planowo - zapobiegawczych remontów środków technicznych, a także komputerowego systemu sterowania, odpowiedzialnego za planowanie operatywne, sterującego operatywnym przygotowaniem produkcji, ewidencją, analizą i przebiegiem produkcji.

#### Elastyczny Zakład Produkcyjny - EZP:

część produkcyjna komputerowo zintegrowanego przedsiębiorstwa lub samodzielny zakład, w skład którego wchodzi elastyczne wydziały produkcyjne oraz wspomagane komputerowo systemy i służby zapewniające współdziałanie i sterowanie całą działalnością gospodarczą, zbudowany w celu realizacji "bezludnej" i "bezpapierowej" technologii, przeznaczony do wytwarzania szerokiego i stale zmieniającego się asortymentu wyrobów, reagujący w sposób elastyczny na zakłócenia zewnętrzne i wewnętrzne w celu utrzymania zdolności do pracy.

Istnieją następujące podstawowe warianty konfiguracji ESP:

- z usytuowaniem ASO wzdłuż drogi transportowej,
- z poprzecznym usytuowaniem ASO względem drogi transportowej,
- z usytuowaniem ASO pod kątem względem drogi transportowej,
- z pierścieniowym usytuowaniem ASO względem zakładowego węzła systemu transportowego.

W strukturze funkcjonalnej ESP można wyróżnić następujące podsystemy:

- obróbki (np. skrawaniem, tłoczenie, wycinanie, grawerowanie),
- montażu (np. klejenie, spawanie, zgrzewanie, wciskanie),
- kontroli jakości (pomiary, analiza),
- transportu i składowania,
- sterowania (sterowanie operatywne, planowanie krótkookresowe, diagnostyka maszyn i urządzeń, nadzór, raportowanie, ocena dyspozycyjności technicznej i organizacyjnej).

Oprogramowanie systemowe układów sterowania ESP powinno realizować następujące główne zadania [16]:

- zarządzanie pracą systemu i poszczególnych modułów,
- realizacja transmisji danych pomiędzy poszczególnymi komputerami i urządzeniami peryferyjnymi,
- zarządzanie bazą danych ESP,
- komunikacja z operatorami: ESP i stanowisk pracy ręcznej,
- wspomaganie podejmowania decyzji a w tym realizacja obliczeń według przyjętych algorytmów.

Struktura ESP, tzn. rodzaj i konfiguracja urządzeń technologicznych jest podyktowana przez specyfikę realizowanego procesu technologicznego, a także przez przewidywany asortyment produkcji. Typowy ESP zawiera kilka do kilkunastu stanowisk technologicznych sprzężonych wspólnym systemem transportu międzystanowiskowego, których pracę koordynuje nadrzędny układ sterowania komputerowego. W jego skład wchodzi sterowany komputerowo zestaw zautomatyzowanych elastycznych jednostek wytwórczych (obrabiarek oraz innych maszyn i urządzeń technologicznych), połączonych automatycznymi urządzeniami transportowymi, umożliwiającymi wytwarzanie przedmiotów (pojedynczych lub zespołów montażowych) o wspólnych cechach konstrukcyjno - technologicznych. Komputery sterujące ESP, obok normalnych funkcji kierowania pracą wszystkich urządzeń wchodzących w skład systemu, spełniają również funkcje nadzoru i planowania produkcji i na tej podstawie sterują przepływem przedmiotów przez system, umożliwiając samoczynne i samokontrolowane działanie systemu z ograniczoną obsługą operatorską (bez stałego udziału operatora). Zastosowania ESP obejmują obecnie wszystkie najważniejsze rodzaje procesów technologicznych, a mianowicie:

- obróbkę skrawaniem,
- zgrzewanie punktowe,
- montaż,
- obróbkę plastyczną,
- spawanie łukowe.

W najbardziej rozpowszechnionych ESP, tj. ESP w technologii obróbki skrawaniem, podstawowymi elementami w zakresie technicznych środków produkcji są: specjalizowane obrabiarki, centra obróbcze, maszyny pomiarowe, roboty przemysłowe oraz urządzenia do załadunku i rozładunku palet a także magazyny buforowe. Elementy te są ustawiane w oddzielne komórki produkcyjne, których organizacja oparta jest na zasadzie tzw. technologii grupowej. Technologia grupowa polega na tym, że dana komórka technologiczna zawiera obrabiarki różnych typów w takim jednak zestawie, jaki jest potrzebny do wykonywania wyrobów należących do danej grupy podobieństwa technologicznego np. wyrobów należących do grup typu tarcza, wałek czy korpus.

#### 4.1. RELACJE MIĘDZY ESP I CIM

Granica klasyfikacyjna między rozbudowanym elastycznym gniazdem wytwórczym a stanowiskiem CIM jest płynna [9]. W przemyśle ESP stanowią naturalne elementy składowe systemów CIM. Warunkiem przejścia elastycznego systemu produkcyjnego w komputerowo zintegrowany system wytwarzania jest osiągnięcie dostatecznie wysokiego stopnia integracji oraz realizowanie zadań z dziedziny konstruowania, zarządzania i planowania technologicznego i produkcyjnego długookresowego i podstawowych systemów sterowania jakością.

Ponieważ w ESP kierowane są do realizacji zadania produkcyjne, więc również w tych systemach występuje konieczność planowania i harmonogramowania produkcji. W trakcie rozwiązywania tego problemu uwzględnia się dostępność zasobów ESP, zadanie produkcyjne i opracowuje się plan kolejności wykonywania operacji. Realizuje się również takie zadania jak korygowanie harmonogramu i ewidencja, a także inicjowanie przebrojenia stanowisk i zmiany reguł dyspozycji operacji. Część tych zadań jest krytyczna czasowo ze względu na konieczność wykonania w terminie planu

produkcji.

Dążenie do optymalnego wykorzystania ESP prowadzi do automatyzowania zadań realizowanych w ramach technologicznego przygotowania produkcji, planowania produkcji a także operatywnego sterowania produkcją.

Automatyzowanie tych zadań prowadzi do powstania komputerowo zintegrowanych systemów wytwarzania CIM, które stanowią wyższy poziom realizacji kompleksowo zautomatyzowanych dyskretnych procesów produkcyjnych. W koncepcji tych systemów najważniejsza jest integracja w ramach wspólnej sieci komputerowej, podsystemu sterowania, kontroli i operatywnego sterowania procesami wytwarzania ESP, (CAM - Computer Aided Manufacturing) systemów komputerowo wspomaganego konstruowania i projektowania (CAD - Computer Aided Design) planowania procesów technologicznych (CAPP - Computer Aided Process Planning), planowania i harmonogramowania produkcji (CAP).

Zastosowanie systemów kontroli i sterowania ESP o przestrzennie rozłożonych zasobach obliczeniowych umożliwia ich łatwą współpracę z lokalnymi sieciami komputerowymi, a także poprzez te sieci z ww. systemami komputerowo wspomaganego projektowania wyrobów, planowania procesów technologicznych oraz planowania produkcji, a także operatywnego sterowania w czasie rzeczywistym.

Jednym z podstawowych zagadnień w rozwoju komputerowo zintegrowanych systemów wytwarzania jest opracowanie efektywnych metod kompleksowego rozwiązywania zadań technologicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji oraz sterowania i kontroli produkcji w czasie rzeczywistym. Warto zauważyć, że jednym z efektywniejszych narzędzi do rozwiązywania tego zadania wydaje się być zastosowanie metod opartych na koncepcji systemów ekspertowych.

CAPP - planowanie procesów technologicznych i CAD (technologiczne przygotowanie produkcji) obejmuje zadania:  
- projektowanie marszrut technologicznych, tzn. wybór technologii, urządzeń produkcyjnych, wyodrębnienie podstawowych faz obróbki detalu itd.



- podział operacji na ustawienia i zabiegi,
- przygotowanie dokumentacji i programów sterowania numerycznego dla urządzeń technologicznych, które uczestniczą w procesie produkcyjnym.

Na przykład w przypadku obróbki wiórowej ww. zadania możemy rozbić w następujący sposób:

projektowanie marszrut technologicznych:

- wybór powierzchni - baz,
- określenie wariantów kolejności wykonania głównych operacji technologicznych,
- wybór elementów urządzeń technologicznych, tzn. obrabiarek, magazynów itd.,
- określenie alternatywnych wariantów marszrut technologicznych,
- wybór marszrut optymalnej,
- określenie kolejnych pośrednich etapów wykonania wyrobu tzn. operacja mycia, pomiarów kontrolnych itd.,
- projektowanie specjalizowanych urządzeń mocujących, orientujących itd.,
- określenie schematu przebiegu procesu;

podział operacji na ustawienia i zabiegi:

- wybór ustawień, zabiegów i czynności składających się na poszczególne operacje technologiczne,
- wybór rodzaju narzędzi i ich rozmieszczenie w magazynach narzędzi,
- określenie kolejności wykonania poszczególnych ustawień i zabiegów,
- wybór sposobu rozmieszczenia narzędzi w magazynach,
- określenie optymalnych parametrów obróbki jak np. głębokości i prędkości skrawania itd.,
- wybór trajektorii ruchu narzędzia i określenie norm czasowych wykonania poszczególnych operacji,
- tablice czynności i zabiegów poszczególnych operacji;

przygotowanie dokumentacji projektowanego procesu:

- wykonanie schematu przebiegu procesu określającego kolejność podstawowych faz wykonania wyrobu,
- wykonanie tablic czynności i zabiegów wykonywanych na poszczególnych obrabiarkach, określających kolejność i

- rodzaj użycia narzędzi a także odpowiednie normy czasowe,
- wykonanie programów sterowania numerycznego dla maszyn realizujących poszczególne operacje.

W procesie rozwiązywania ww. zadań należy optymalizować takie znane kryteria (wskaźniki) oceny pracy systemów jak jednostkowy koszt i czas wykonania wyrobu, stopień wykorzystania urządzeń technologicznych, poziom produkcji w toku itp. Optymalizacja naturalnie musi przebiegać przy uwzględnieniu ograniczeń wynikających z charakterystyk urządzeń technologicznych.

Komputerowo wspomagane planowanie i harmonogramowanie produkcji (organizacyjne przygotowanie produkcji) obejmuje:

- planowanie zapasów,
- planowanie kolejności obsługi zamówień,
- określanie wielkości i terminów zakupów i sprzedaży (i / lub dostaw z innego wydziału oraz wysyłki do wydziału odbierającego),
- rozdział zadań między resursami systemu produkcyjnego,
- wykonywanie harmonogramów produkcji.

Celem działania systemu jest określenie warunków zapewniających optymalne wykonanie zadań produkcyjnych przy maksymalnym wykorzystaniu istniejących zasobów systemu produkcyjnego.

Realizacja procedury przygotowania organizacyjnego produkcji na podstawie zadania produkcyjnego składa się z trzech głównych faz:

- planowanie obciążenia maszyn i urządzeń systemu produkcyjnego, którego wynikiem jest diagram obciążeń,
- planowanie kolejności i terminów rozpoczynania wykonywania poszczególnych partii produkcyjnych, którego wynikiem jest harmonogram obsługi serii produkcyjnych,
- wykonanie harmonogramów produkcji, którego wynikiem są harmonogramy stanowisk produkcyjnych.

W fazie planowania obciążeń wyznacza się wielkość serii produkcyjnych wykonywanych na poszczególnych maszynach i innych urządzeniach technologicznych w zadanym horyzoncie czasowym. Ocena rozwiązań alternarywnych jest dokonywana

przy użyciu kryteriów (wskaźników) kosztu i / lub terminu (czasu) zakończenia produkcji.

Faza planowania kolejności wykonywania partii produkcyjnych ma na celu określenie terminów i kolejności wprowadzania partii detali na poszczególne stanowiska produkcyjne. Zadanie to winno ekstremalizować takie wskaźniki jak np. stopień wykorzystania urządzeń systemu produkcyjnego, wielkość produkcji w toku, maksymalne opóźnienie, średnią odchyłkę od zadanych terminów ukończenia produkcji.

Harmonogramy produkcyjne określają momenty rozpoczęcia i ukończenia obróbki każdego detalu serii produkcyjnej na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych.

Celem harmonogramowania jest tworzenie programów grupowego sterowania komponentami systemu produkcyjnego, optymalizujących, dla określonych czasów wykonywania poszczególnych operacji, wskaźniki takie jak: czas ukończenia produkcji, średni czas przebywania detalu w systemie produkcyjnym itd.

Komputerowo wspomagane operatywne sterowanie przebiegiem procesu produkcyjnego (CAM) ma za zadanie wypracowanie decyzji w zakresie określenia krótkoterminowych harmonogramów produkcji i zindywidualizowanego sterowania urządzeniami technologicznymi przy rozruchu i zakończeniu procesów produkcyjnych w stanach awaryjnych i w sytuacjach dynamicznej zmiany priorytetów i / lub planów produkcji. System CAM ma rozwiązywać zagadnienie wyboru dopuszczalnego wariantu realizacji procesu produkcyjnego, spełniającego zadane wskaźniki w zakresie oceny jakości funkcjonowania

systemu produkcyjnego. Konieczność rozwiązywania tego zadania wynika z faktu, że mamy współbieżnie przebiegające strumienie materiałowe "konkurujące" o dostęp do wspólnie wykorzystywanych zasobów ESP.

Ogólnie rzecz biorąc wyżej wymienione zadanie nie poddaje się algorytmizacji. Jest to zagadnienie złożone, kombinatoryczne, które musi być rozwiązane w czasie rzeczywistym. Z tego względu bardzo często poszukuje się

wyniku w trybie dialogowym: system cyfrowy - człowiek z wykorzystaniem systemów ekspertowych.

## 5. WYBRANE PRZYKŁADY SYSTEMÓW ZAUTOMATYZOWANYCH

### 5.1. PRZYKŁADY O CHARAKTERZE OGÓLNYM

Znana firma Werner und Kolb z Berlina, producent różnej wielkości ESP obróbki skrawaniem [8], [10], stosuje w zależności od wielkości systemu, różne układy sterowania, o różnym stopniu złożoności, przystosowane do trzech klas ESP, według stosowanego również podziału: elastyczne gniazdo, elastyczna "wyspa", elastyczny system (składający się z maszyn, gniazd i wysp). Patrz rys. 3 i 4.

Dalsze informacje w zakresie ESP o różnej złożoności, głównie w zakresie ich układów sterowania tej firmy, przedstawiają rys. 5 - 11.

Miejsce ESP w części urządzeń technologicznych w schemacie struktury CIM pokazuje rys. 12.

Na rys. 13 ujęte są różne konfiguracje układów sterowania dla ESP o różnej wielkości.

Na rys. 14 i 15 pokazane są: określenia i schematy dla ESP o różnej złożoności oraz miejsce ESP w systemie CIM.

Na rys. 16 i 17 pokazane są funkcje podsystemu CAM dla różnych poziomów tego podsystemu. Podział taki daje pogląd na możliwość stosowania różnych zbiorów funkcji podsystemu CAM dla różnych, wybranych stopni złożoności, integracji systemu.

Na rys. 18, 19 i 20 przedstawione są zadania i funkcje zautomatyzowanych systemów dotyczące podsystemów: bazy danych, magazynowego i transportowego. Część funkcji tych podsystemów musi być realizowana także w systemach ESP.

## 5.2. PRZYKŁADOWY SYSTEM CIM PREZENTOWANY NA KONFERENCJI OSI W 1990 R. W SYDNEY [19]

System pokazany jest na rys. 21. Sprzęt technologiczny składał się z jednego robota i frezarki grawerującej. Laboratoryjne urządzenia technologiczne i sprzęt cyfrowy połączone były magistralą 802.4 Carrierband MAP 3.0. "Produktem" systemu były aluminiowe podstawki pod napoje z wygrawerowanym tekstem, podanym przez osoby użytkujące i "obsługiwane" przez system.

System miał wykonywać następujące zadania:

- sprzedaż,
- planowanie produkcji,
- projektowanie,
- wytwarzanie,
- dostawa,
- kontrola jakości.

Zadania te zrealizowano poprzez wprowadzenie następujących funkcji systemu:

- order entry - wprowadzenie zamówień,
- scheduler - planowanie i harmonogramowanie realizacji zamówień,
- manufacturing - wytwarzanie, zawierające kilka podfunkcji:
  - design, and product data - transformacja zadanego tekstu w program grawerowania,
  - product handling - operowanie przedmiotem (robot),
  - milling - grawerowanie,
  - co-ordination - sterowanie.
- status monitoring - nadzór nad wytwarzaniem,
- data collection and reporting - CRPD,
- communication - wymiana informacji między urządzeniami.

## 5.3. OŚRODEK SZKOLENIOWY MAP W BUDAPESZCIE [13]

Cele główne postawione przez specjalistów węgierskich dla ośrodka z modelem systemu CIM, są następujące:

- promocja systemów według OSI,
- wzmocnienie możliwości badań, rozwoju i edukacji,
- wspieranie unifikacji (standaryzacji) w dziedzinie systemów

- CAD i CAM w przemyśle,
- integrowanie oprogramowania CAD i CAM,
  - integrowanie urządzeń i oprogramowania MAP, TOP i MMS,
  - stała demonstracja "starych" i nowych wyników R&D dla naukowców i dla kadr przemysłowych,
  - kształcenie studentów i studia podyplomowe,
  - badania procesów produkcyjnych jak: frezowanie, toczenie, szlifowanie, spawanie, montaż,
  - badanie obrabiarek CNC oraz sterowników PLC,
  - testowanie oprogramowania CAD / CAM i oprogramowania sieciowego,
  - badania w zakresie informatyki:
    - badania różnorodnych charakterystyk MAP i innych sieci przemysłowych,
    - badanie kompatybilności różnych rodzajów sieci,
    - badanie stosowania protokołów MAP na poziomie gniazda i na poziomie systemu,
    - badania i rozwój układów sterowania dla ESP, dla sterowników robotów, obrabiarek CNC i sterowników PLC,
    - badanie integracji systemowej,
    - badanie układów sterowania procesów wytwórczych i integracji różnych systemów produkcyjnych,
    - łączenie układów sterowania procesów wytwórczych z pakietami oprogramowania planowania i innych zadań przygotowawczych.

Sieć MAP skonstruowano wykorzystując "MAP starter kit" firmy Motorola. Komputer nadzorczy - Motorola Delta 3400 z procesorem MC 68030 i z systemem operacyjnym UNIX 5.3. Zestaw podstawowy jest rozszerzony o dodatkowe węzły MAP pozwalające podłączać IBM PC oraz stacje robocze VAX z systemem operacyjnym VMS. Rozszerzeń tych dokonano wykorzystując sprzęt i oprogramowania zakupione w firmie AEG Modicon / Computrol.

W systemie pilotowym ma zostać stworzona wielopoziomowa modelowa struktura małego przedsiębiorstwa. Przewidziano następujące węzły:

- na poziomie wydziału - główny komputer zakładowy z możliwością połączenia z innymi sieciami (Motorola Delta wyposażona w system operacyjny UNIX i interfejs sieci Ethernet),

- na poziomie działu - standardowe komputery przemysłowe (np. DEC micro VAX wyposażony w VMS i Motorola Delta z systemem UNIX). Komputer DEC będzie używany jako stacja robocza CAD, a komputer Delta jako baza danych i jako system do realizacji innych zadań CAM (jak np. harmonogramowanie),
- na poziomie gniazda - komputery przemysłowe (np. Motorola Delta i IBM PC 386) z inteligentnymi interfejsami I/O. Będą one pracować nie tylko jako sterowniki gniazd ale też jako PNIU (Programmable Network Interface Unit) służące do podłączenia "nie MAP - owskiego" sprzętu do sieci MAP. Autor [13] uważa to za szczególnie ważne w najbliższej przyszłości,
- na poziomie urządzeń - pewna liczba PLC, CNC i RC (sterowniki robotów) z wbudowanymi interfejsami MAP, mają one być włączone do sieci podstawowej.

Autor [13] podkreśla, że partnerzy z przemysłu stawiają wymagania aby ośrodek wykorzystywał rzeczywiste urządzenia przemysłowe jak CNC, RC, PLC, terminale itp. Z tego względu w ośrodku zaplanowano opracowanie modelowego gniazda wytwórczego opartego o zrobotyzowaną produkcję.

#### 5.4. PROPOZYCJA SYSTEMU CIM DLA TŁOCZNI FSM TYCHY - 2

Ze względu na to, że w wydziale tłoczni fabryki FSM Tychy - 2 zainwestowane zostały znaczne środki finansowe, bowiem koszt pras i narzędzi tłoczni jest bardzo wysoki w porównaniu z kosztem urządzeń zainstalowanych w innych wydziałach fabryki, bardzo ważne było jak najbardziej efektywne wykorzystanie tego majątku. Implikowało to konieczność automatyzacji produkcji, przy czym najważniejszymi, branyymi pod uwagę kryteriami były [17]:

- osiągnięcie dostatecznie wysokiej jakości produkcji,
- maksymalne wykorzystanie istniejącego parku maszynowego, a więc eliminowanie przerw i przestoju oraz raportowanie w trybie ciągłym przebiegu produkcji, co pozwala na szybką reakcję w przypadku wystąpienia jakichkolwiek nieprawidłowości.

W trakcie rozwiązywania problemu wyodrębniono następujące podsystemy:

- podsystem magazynu wyrobów gotowych i wysyłania produkcji z tłoczni,
- podsystem kontroli zaawansowania produkcji,
- podsystem planowania produkcji,
- podsystem zaopatrzenia materiałowego i magazynu blach oraz taśm,
- podsystem kontroli i oceny jakości produkcji,
- podsystem zarządzania magazynem części zamiennych i materiałów do utrzymania produkcji,
- podsystem zarządzania narzędziami tłocznymi, oprzyrządowaniem i ich remontami,
- podsystem CAD (Computer Aided Design) systemu CIM tłoczni,
- podsystem planowania obsady personalnej,
- podsystem bazy danych CIM tłoczni.

Dla każdego z ww. podsystemów sprecyzowano spełniane funkcje, potrzebne do wprowadzenia zbioru danych wejściowych, generowane wyniki, oprzyrządowanie i oprogramowanie niezbędne dla osiągnięcia narzuconych celów.

Ponadto zamieszczono uwagi dotyczące transportu i dostaw oraz zarysowano kolejność wdrażania poszczególnych ww. podsystemów. Następnie omówiono podstawowe elementy konfiguracji sprzętowej systemu mając na uwadze zgodność z zaleceniami zawartymi w specyfikacji MAP 3.0. Po czym zaproponowano realizację sprzętowo - programową w oparciu o produkty oferowane w głównej mierze przez firmę Digital Equipment Corporation.

Zrealizowanie tak opracowanego systemu CIM dla tłoczni pozwoli w szczególności uzyskać efekty w wyniku:

- eliminacji zjawiska starzenia się materiału będącego skutkiem nieodpowiedniej rotacji materiałów w magazynie blach, a więc uniknięcia strat materiałowych i zmniejszenia udziału detali wadliwych w produkcji globalnej,
- spowodowania wysokiej zgodności dostaw materiałów z potrzebami produkcyjnymi, co umożliwi obniżenie zapasów materiałowych,



- określenia praktycznych wskaźników wydajności poszczególnych linii produkcyjnych pras i podciągów logicznych pras, co pozwoli optymalizować alokację produkcji różnorodnych asortymentów i partii,
- zapewnienia dokładnej kontroli efektywnego gospodarowania zapasami detali (wytlóczek) w magazynie wyrobów gotowych tłoczni,
- zapewnienia uzyskania efektywnego planowania, tj. uzyskiwania realnych planów produkcyjnych, bowiem omawiany system umożliwia uwzględnienie pełnego, stale aktualizowanego zestawu danych o materiałach, pojemnikach, stanie technicznym pras, remontach i konserwacjach,
- umożliwienia bieżącej weryfikacji planów w przypadku wystąpienia zakłóceń (awarie),
- stymulowania poprawy organizacji pracy zarówno poprzez systematyczne, obiektywne oceny działania służb tłoczni jak i przez zapewnienie na czas dostaw elementów i materiałów dla utrzymania ruchu,
- zapewnienia poprawy ogólnie rozumianej dyscypliny pracy i dyscypliny technologicznej,
- zapewnienia zmniejszenia strat ponoszonych z tytułu występowania braków oraz postojów pras z przyczyn technicznych i przezbrajania,
- zapewnienia wszystkim zainteresowanym służbom i kierownictwu tłoczni, a także dyrekcji fabryki pełnej, bieżącej i wiarygodnej informacji o stanie tłoczni i zaawansowaniu produkcji, co usprawni i przyspieszy proces podejmowania decyzji.

Proponowane główne funkcje CIM dla tłoczni nie obejmują takich dziedzin jak finanse i księgowość, które będą realizowane na szczeblu całej fabryki.

#### 5.4.1. Konfiguracja sprzętowa systemu CIM dla Tłoczni w FSM - 2 Tychy

Strukturę logiczną konfiguracji sprzętowej systemu CIM dla Tłoczni w FSM - 2 Tychy przedstawiono na rys. 28. Można w niej wyróżnić następujące bloki funkcjonalne oraz grupy urządzeń:

- stacja zarządzająca (górną część rys. 28a) składająca się

- z:
- VAX 6000 - komputerów VAX z serii 6000,
  - CI - VAXcluster - magistrali VAX do szybkiej transmisji danych pomiędzy elementami skupionymi typu VAX lub DEC,
  - Sterowników dysków (HSC70),
  - Stacji dysków twardych;
  - elementy transmisyjne sieci lokalnych LAN oznakowane jako:
    - Magistrala LAN VAX DEC / MAP 3.0 (rys. 28a - 28d),
    - Magistrala LAN systemu nadrzędnego CIM fabryki (górna część rys. 28d),
    - Magistrala DECnet / OSI (dolna część rys. 28d),
    - Urządzenie Sprzęgające (rys. 28d),
    - LAN - karta sieciowa - (rys. 28a - 28c),
    - DECN - karta sieciowa - (dolna część rys. 28d);
  - elementy transmisyjne sieci miejscowych oznakowane jako:
    - Szyna szeregowej magistrali lokalnej (RS 485) - (dolna część rys. 28a),
    - MASTER - karta magistrali miejscowej - (dolna część rys. 28a),
    - SLAVE - karta magistrali miejscowej - (dolna część rys. 28a);
  - sterowniki przemysłowe urządzeń oddalonych - (dolna część rys. 28a);
  - sterowniki przemysłowe urządzeń miejscowych - (dolna część rys. 28b);
  - komputery typu PC (przemysłowe lub w pomieszczeniach wydzielonych) - (dolna część rys. 28c);
  - pracujące w warunkach zbliżonych do biurowych (być może w pomieszczeniach wydzielonych) systemy DECstation, terminale wirtualne DEC VT, oraz komputery typu PC - (dolna część rys. 28d);
  - UZD - urządzenia do zbierania danych (w kółkach);
  - UW - urządzenia wykonawcze (w kółkach).

#### 5.4.2. Stacja zarządzająca

Głównym elementem wyposażenia stacji zarządzającej (górna część rys. 28a) jest para komputerów VAX z serii 6000. Komputery platformy VAX 6000 skutecznie konkurują z komputerami serii VAX - 11 / 780 (np. z VAX 785) częstokroć do tej pory używanymi do zarządzania wydziałami produkcyjnymi dużych zakładów przemysłowych. Mają one wystarczająco dużą

moc obliczeniową, żeby jednocześnie zarządzać dużymi bazami danych, a zarazem sterować całym systemem CIM wydziału produkcyjnego. Ich konfiguracja jest rozbudowywalna, co stanowi gwarancję łatwości ewentualnego późniejszego rozwoju systemu. Poprzez dołączenie jednostki (lub jednostek) procesora wektorów (Vector Processor) można uzyskać dodatkowe przyspieszenie przetwarzania, zaś dla zwiększenia efektywności komunikowania się z otoczeniem stosuje się VAXBI Bus o przepustowości 10 Mbit/s przyłączany bezpośrednio do wewnętrznej magistrali systemu o przepustowości 100 Mbit/s. W szczególności VAXBI Bus może służyć jako interfejs systemowy dla sterownika wewnątrzwydziałowej sieci lokalnej LAN oraz do podłączenia systemu dysków twardych. Chcąc uzyskać możliwość jeszcze bardziej efektywnego zarządzania i przetwarzania dużych zbiorów danych do systemu (także poprzez VAXBI Bus) dołącza się CI - VAXcluster - magistralę VAX do szybkiej transmisji danych pomiędzy elementami skupionymi typu VAX lub DEC.

Komputery platformy VAX 6000 są również przystosowane do bezpośredniej współpracy (poprzez VAXBI Bus) z innymi produktami firmy Digital Equipment Corporation, a więc systemami MicroVAX, stacjami do projektowania (VAXstation) oraz elementami systemów DEC lub całymi systemami DEC.

Usługa DECnet / ULTRIX umożliwia pracę w sieci typu ISO / OSI (VAX DEC / MAP 3.0 oraz DECnet / OSI), a także z użytkownikami sieciowymi wykorzystującymi inne standardy - np. poprzez DECnet / SNA Gateway.

#### 5.4.3. Warstwa transmisyjna

VAX DEC / MAP 3.0 może pracować zarówno z protokołem IEEE 802.4 jak i z protokołem Ethernet IEEE 802.3. Ponadto DECcomi zapewnia usługi MMS.

Karty sieciowe oznaczone na rys. 28a - 28c symbolem LAN będą musiały prawdopodobnie pochodzić od różnych producentów. Związane jest to z wyborem wewnętrznej magistrali urządzenia (a więc sterownika przemysłowego, komputera itp.), z którą dana karta ma współpracować. Digital Equipment Corporation oferuje karty sieciowe współpracujące z produkowanymi przez

nią elementami systemu komputerowego, a także z magistralą Q - Bus. Karty sieciowe dla magistrali wewnętrznej typu AT - Bus (a więc przydatne do współpracy z komputerem typu IBM - PC), Q - Bus, Multibus, Unibus oraz VMEbus można zakupić u AEG / Computrol. W przypadku innych magistrali, np. AMS - Bus firmy Siemens należy zasięgać informacji bezpośrednio u producenta sterowników.

Karty sieciowe oznaczone na rys. 28d symbolem DECn współpracują z siecią DECnet / OSI firmy Digital Equipment Corporation i powinny być łatwo dostępne.

Sieć DECnet / OSI może pracować na tym samym kablu magistrali szerokopasmowej co VAX DEC / MAP 3.0. W związku z tym "Urządzenie Sprzęgające" specyfikowane w dolnej części rys. 28d jest opcjonalne. Służy ono przede wszystkim oddzieleniu fragmentów sieci o różnych trybach pracy i dzięki temu - zwiększeniu efektywności transmisji w magistrali VAX DEC / MAP 3.0. Omawiane "Urządzenie Sprzęgające" może zostać zrealizowane jako połączenie dwu urządzeń DECrouter (por. p. 3.3.3 lub 3.4.4) ewentualnie jako most (por. p. 3.3.3).

"Urządzenie Sprzęgające" specyfikowane w górnej części rys. 28d powinno zostać zrealizowane jako połączenie dwu sprzęgaczy sieciowych (np. DECrouter firmy Digital Equipment Corporation).

"Magistrala LAN systemu nadrzędnego CIM fabryki" (specyfikowana w górnej części rys. 28d) nie była przedmiotem opracowania [17]. Powinna być ona zrealizowana wg. standardu IEEE 802.4 broadband.

#### 5.4.4. Podsystemy i urządzenia bezpośrednio wspomagające produkcję

Konfigurację sprzętową podsystemów i urządzeń bezpośrednio wspomagających produkcję przedstawiono w dolnych częściach rys. 28a - 28c. Wyróżniono: urządzenia oddalone (rys. 28a) oraz urządzenia miejscowe (rys. 28b). Podstawowa różnica między nimi polega na sposobie przekazywania informacji między obiektem a sterownikiem włączonym do sieci LAN. Zarówno w przypadku urządzeń miejscowych (tzn.: "Miejscowe

Stanowisko Zbierania Danych" oraz "Miejscowe Stanowisko Wykonawcze") jak i oddalonych (tzn.: "Oddalone Stanowisko Zbierania Danych" oraz "Oddalone Stanowisko Wykonawcze") moduł bezpośrednio zarządzający konkretnym UZD (urządzeniem do zbierania danych, a więc np. pewnego rodzaju czujnikiem pomiarowym, przetwornikiem ewentualnie stacją rejestracji i wstępnego przetwarzania danych) lub UW (urządzeniem wykonawczym, a więc np. pewnego rodzaju siłownikiem, regulatorem, manipulatorem, obrabiarką sterowaną numerycznie, centrum obróbczym, robotem) znajduje się w pobliżu obiektu. Moduł ten to PZUZD (Pakiet Zarządzający Urządzeniem do Zbierania Danych) lub, odpowiednio, PZUW (Pakiet Zarządzający Urządzeniem Wykonawczym). Na tym jednak analogia się kończy. W przypadku urządzeń miejscowych przetwarzanie odbywa się bezpośrednio w PZUZD lub PZUW (może być jeszcze nadzorowane i dodatkowo wspomagane przez pakiet jednostki centralnej danego sterownika przemysłowego), a dane wędrują po wewnętrznej magistrali sterownika przemysłowego. Przykładem takiej sytuacji może być nadzorowanie wykorzystania linii pras tłoczni poprzez zliczanie uderzeń wyłącznie pierwszej lub ostatniej prasy. Wówczas sterownik zawierający odpowiedni mikroprocesorowy moduł zliczający (PZUZD) sprzężony z odpowiednim czujnikiem (UZD) jest umiejscowiony w pobliżu wytypowanej prasy, wstępnie przetworzone dane mogą ukazywać się na wskaźniku lub ekranie omawianego sterownika, a następnie, być może w nieco przetworzonej postaci wędrować siecią LAN do centralnej bazy danych ulokowanej w stacji zarządzającej wydziału.

W przypadku stanowiska oddalonego informacja z lub do jednostki centralnej sterownika przemysłowego przekazywana jest za pośrednictwem szeregowej magistrali lokalnej (miejscowej) przy wykorzystaniu pakietu SLAVE usytuowanego w pobliżu PZUZD (bądź PZUW) oraz pakietu MASTER ulokowanego w nadrzędnym sterowniku przemysłowym zawierającym również pakiet LAN. Pozwala to na oddalenie czułych niekiedy urządzeń (np. monitorów ekranowych lub lokalnych dysków twardych) od strefy bezpośredniego zagrożenia, a ponadto na proste okablowanie (pojedyncza linia, a nie płatanina kabli). Przykłady sieci pracujących w tego typu reżimie omówiono w p. 3.5.

Zamiast sterownika przemysłowego można również wykorzystywać komputer typu PC. Zazwyczaj będzie on pracował w systemie "Stanowisko Zbierania Danych" (por. rys. 28c). Może to być zarówno stanowisko miejscowe jak to przedstawiono schematycznie na rys. 28c, bądź też stanowisko oddalone - wersja analogiczna do wariantu pokazanego na rys. 28a. W pierwszym przypadku KUZD (Karta Urządzenia do Zbierania Danych) jest analogiczna do PZUZD - różni się co najwyżej złączem magistralowym. W wariacie drugim jest to odpowiednia karta sieciowa (sieci typu FIELDBUS), zaś "Stanowisko Zbierania Danych" przyjmuje postać "Oddalonego Stanowiska Zbierania Danych" ukazanego na rys. 28a. Komputer typu PC może tu być zwykłym komputerem biurowym, wówczas jednak ze względów niezawodnościowych powinien pracować w pomieszczeniu wydzielonym. Istnieje też cała gama ofert komputerów przemysłowych, jak np. oryginalne produkty firmy IBM: IBM 5531 - odpowiednik PC / XT8088, IBM 7531 i IBM 7532 - odpowiedniki PC / 286 oraz IBM 7561 i IBM 7562 - odpowiedniki PC / 386 (por. "Industriecomputer IBM 7561 und IBM 7562: Robust und schnell" - materiały firmy IBM).

#### 5.4.5. Podsystemy i urządzenia do pracy o charakterze biurowym

Konfigurację sprzętową podsystemów i urządzeń przeznaczonych do pracy o charakterze biurowym przedstawiono w dolnej części rys. 28d. Są to pracujące w warunkach zbliżonych do biurowych (być może w pomieszczeniach wydzielonych) systemy DECstation, terminale wirtualne DEC VT, oraz komputery typu PC. Służą one do prac projektowych, do opracowywania planów i harmonogramów procesów produkcyjnych, nadzorowania magazynów i gospodarki materiałowej, itp.

#### 5.5. PRZEGLĄD ESP I CIM DLA CELÓW EDUKACYJNYCH [9]

W [9] wyróżnia się trzy poziomy zaawansowania systemów wytwórczych do celów szkoleniowych:

- elastyczne gniazda wytwórcze,
- system (stanowisko) CIM,
- modelowa fabryka CIM,

oraz przedstawia się produkty firm wyspecjalizowanych w tym

zakresie. Przytoczone poniżej przykłady posłużyły do opracowania zarysu koncepcji szkoleniowej instalacji CIM na Politechnice Białostockiej (por. [9]).

Zestawienie oferowanych na rynku światowym, typowych elastycznych gniazd wytwórczych przedstawiono w tabeli poniżej. Składają się one zazwyczaj z jednej lub dwóch obrabiarek CNC (frezarka, tokarka) i jednego lub dwóch robotów, systemu transportowego i sterownika gniazda.

Firma, kraj	Zestaw sprzętu	Operacje technologiczne	Nazwa systemu	Uwagi
Lucas Nulle Niemcy	2 roboty 5-osiowe miniaturowa wiertarka CNC, przenośnik taśmowy, PLC firmy SIEMENS komputer IBM PC	wiercenie otworów w elementach walcowych z tworzywa sztucznego	elastyczna komórka produkcyjna	maszyny obróbcze szkoleniowe
Denford Machine Tools Wlk. Brytania	2 roboty 5-osiowe tokarka CNC, frezarka CNC, przenośnik taśmowy, komputer IBM PC		ESP szkoleniowy	cena bez komputera i szkolenia: 150000 USD maszyny obróbcze szkoleniowe
EMCO Maier Austria	1 robot 5-osiowy na torze jezdnym dwa położenia napęd pneumatyczny, tokarka CNC, frezarka CNC, sterownik PLC, komputer IBM PC		ESP szkol.	maszyny obróbcze cena: 100000 USD stanowisko w Instytucie Technologii Mechanicznej PW

Można stwierdzić, że system (stanowisko) CIM zawiera bardziej rozbudowane układy transportu, kontroli, czujników

- sensoryki niż gniazdo ESP. Główna jednak różnica polega na tym, że system (stanowisko) CIM posiada podsystem komputerowy o przestrzennie rozłożonych zasobach obliczeniowych, związanych standardową siecią lokalną, czego brak w gnieździe ESP. Do funkcji realizowanych przez system włączone są również zadania projektowania i planowania.

System (stanowisko) CIM firmy TG International (Wlk. Brytania) ma strukturę modułową. Można wyróżnić następujące moduły omawianego systemu:

- tokarka CNC,
- frezarka CNC,
- robot 5 - osiowy, przejezdny,
- obrotowy stół podziałowy,
- zespół transportowy z automatycznym wózkiem jezdnym, z 3 paletami, sterowany przez IBM PC,
- zespół kontroli wizyjnej z:
  - systemem wizyjnym,
  - 6 - osiowym robotem z dodatkowym IBM PC,
  - obrotowym stołem podziałowym,
- stacja załadownicza - wejściowa:
  - ze stołem z urządzeniem załadowniczym,
  - 6 - osiowym robotem z dodatkowym IBM PC,
- zespół automatyki kontroli wymiarów z:
  - automatycznym mikrometrem,
  - 6 - osiowym robotem z dodatkowym IBM PC,
  - 2 stołami podziałowymi,
- sterownik gniazda i LAN Ethernet Novell z:
  - 2 IBM PC - w tym jeden server sieci,
  - sprzęt i oprogramowanie sieciowe Novell ELS Level 2,
  - oprogramowanie CAD/CAM oraz oprogramowanie symulacyjne 3D.

Modelowa fabryka CIM - takie systemy są drogie. Służą one głównie do badań i do testowania nowych rozwiązań, a w mniejszym stopniu do szkolenia. Można jednak stwierdzić, że grają one z kolei niezwykle ważną rolę w promowaniu nowoczesnych technik wytwarzania poprzez m.in. demonstrację realizowania funkcji CIM, możliwości sieci systemu MAP i oprogramowania MMS, a także do kształcenia inżynierów dla nowoczesnego przemysłu.

Do celów kształcenia inżynierów CIM, na Uniwersytecie



Erlangen w Norymberdze buduje się modelową fabrykę CIM, zorientowaną na elektronikę i mechanikę precyzyjną. Funkcje tego systemu będą następujące:

- konstruowanie i projektowanie CAD,
- programowanie obrabiarek NC i robotów w ramach CAP,
- komputerowo wspomagana produkcja (CAM), w elastycznych komórkach obróbczych i montażowych.

System łączy sieć Ethernet, Sinec H1 (produkcji firmy SIEMENS). Podsystemy CAD i CAP mają pracować w środowisku biurowym.

Wytwarzanym produktem będą pakiety elektroniczne o montażu powierzchniowym z lutowaniem w podczerwieni. Linia technologiczna będzie zawierać stanowiska do automatycznego nawijania drutem na karkasach elementów biernych, wchodzących do pakietów. Ponadto będzie ona posiadać stanowisko do testowania.

Na stanowisku montażu mają być montowane przyrządy, w skład których wchodzi uprzednio wykonane w systemie pakiety. Z systemem związane jest również gniazdo kształtowania blach wykonujące otworowanie z użyciem lasera, stanowisko do gięcia a także do wykrawania płaskich kształtek.

Ponadto w fabryce przewidziano następujące, dalsze stanowiska:

- montażu szczotek i silników elektrycznych,
- elastyczne gniazdo tokarskie.

Do rozwiązywania zadań CAD, CAP, PPC (sterowanie produkcją) oraz do zarządzania bazą fabryki służyć mają stacje robocze (mikrokomputerowe) SICOMP WS. W produkcji - do sterowania gniazdami wytwórczymi oraz jako komputer nadrzędny - będą użyte przemysłowe mikrokomputery typu SICOMP PC. Jako sterowniki urządzeń technologicznych posłużą: SINUMERIK (NC), SIROTEC (roboty), SIMATIC (PLC).

Główne cechy systemu / stanowiska CIM i modelowej fabryki CIM zobrazowano na rys. 22, 23, 24 i 25 [9].

## 5.6. COMMON SYSTEMS TECHNOLOGY TRANSFER CENTER - GENERAL MOTORS

W [3] opisany jest system demonstrowający integrację sprzętu i oprogramowania różnych wytwórców. Centrum zostało zorganizowane przez firmę General Motors we współpracy z wiodącymi dostawcami technik CIM.

System stanowi działający model małej wytwórni i demonstruje integrację elementów systemu począwszy od przyjęcia zamówienia, poprzez projektowanie do produkcji m.in. trzymaka do kartek na biurko. Główne funkcje realizowane w systemie są następujące:

- rejestracja gości,
- przyjmowanie zamówień,
- MRP (Manufacturing Resource Planning),
- obsługa bazy danych gości,
- projektowanie CAD,
- harmonogramowanie,
- kontrola wizyjna,
- grawerowanie laserowe,
- składanie detalu z elementów (montaż),
- klejenie,
- magazynowanie i wydawanie wyrobów,
- monitorowanie stanu produkcji i prowadzenie statystyki,
- monitorowanie sieci komputerowej,
- monitorowanie zasilania sieciowego.

Sieć łącząca urządzenia systemu składa się z trzech części:

- MAP - 802.4 carrierband,
- MAP - 802.4 broadband,
- TCP - 802.3 (TCP/IP).

Rozmieszczenie sprzętu i strukturę sieci systemu pokazano na rys. 26 i 27.

## 6. WSTĘPNA KONCEPCJA SYSTEMU CIM

### 6.1. PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW ZAUTOMATYZOWANYCH. ZASADY OGÓLNE

Struktura systemu CIM powinna być modułowa. Stwierdzenie to dotyczy nie tylko możliwości dołączania, odłączania i / lub wymiany poszczególnych stanowisk sprzętu technologicznego. Odnosi się ono również do sprzętu informatycznego (a więc zespołów komputerów oraz ich pojedynczych elementów), warstwy transmisyjnej, a także oprogramowania. Innymi słowy już podczas projektowania należy stosować zasady OSI – Open System Interconnection, a więc realizować zalecenia ujęte w specyfikacji MAP / TOP (por. p. 3.2).

W tym miejscu należy wyraźnie zarysować linię rozgraniczającą systemy CIM dla małych przedsiębiorstw i systemy CIM dla celów laboratoryjno - dydaktycznych. W pierwszym bowiem przypadku ważny aspekt zagadnienia stanowi zestawienie przewidywanych kosztów związanych z konstrukcją systemu i jego wdrożeniem, ze spodziewanymi rezultatami finansowymi, a więc przychodami ze sprzedaży nowych produktów lub dawnego asortymentu wyrobów, wytwarzanego jednak w inny sposób (uwagi nt. zmian wnoszonych w sferę ogólnie rozumianego procesu produkcyjnego w wyniku wprowadzenia systemu CIM można znaleźć w rozdziale 2). Aspekt ten z jednej strony staowi podstawowy czynnik przemawiający za, ewentualnie przeciw wprowadzaniu systemu CIM do małego przedsiębiorstwa. Z drugiej zaś strony wymusza on oszczędne dysponowanie środkami inwestycyjnymi i przeciwdziałania projektowaniu instalacji nadmiarowych, nie udokumentowanych wyraźnie stwierdzonymi potrzebami.

Ponadto wybór sprzętu technologicznego w omawianym przypadku jest podyktowany profilem produkcyjnym zakładu.

Systemy CIM dla celów laboratoryjno - dydaktycznych z reguły służą odmiennym celom niż systemy CIM dla małych przedsiębiorstw. Mają one przede wszystkim stanowić pole dla prowadzenia prac badawczych, mają umożliwiać szkolenie nowej kadry (np. studentów wyższych uczelni) i doskonalenie zawodowe pracowników przedsiębiorstw produkcyjnych, mogą też

być wykorzystywane do przedsięwzięć atestacyjnych. Dlatego też koszt wyposażenia systemu CIM dla celów laboratoryjno - dydaktycznych nie jest wskaźnikiem krytycznym, chociaż też gra istotną rolę. W związku z tym omawiane teraz systemy nawet powinny posiadać pewne nadmiarowe zasoby sprzętowe. Dotyczy to przede wszystkim sprzętu informatycznego oraz warstwy transmisyjnej.

W pierwszym etapie wdrażania systemów CIM w małych przedsiębiorstwach i dla celów laboratoryjno - dydaktycznych należy zastosować sieć wg. standardu IEEE 802.4 carrierband. Jej parametry (m. in. przepustowość 5 Mbit/s) powinny w pełni zaspokoić potrzeby małego przedsiębiorstwa, zatem nie planuje się w tym przypadku dalszej rozbudowy (ewentualnie jedynie zwiększenie liczby stanowisk sieciowych). W systemach CIM dla celów laboratoryjno - dydaktycznych, w kolejnych etapach można dołączyć najpierw sieć (warstwa wyższa) wg. standardu IEEE 802.4 broadband, a w razie zaistnienia potrzeby i dostępnych środków - następnie również sieć Ethernet wg. standardu IEEE 802.3, współpracującą z siecią wg. IEEE 802.4 poprzez sprzęgacz sieciowy (roter) - por. p. 3.3.3.

W przypadku systemów CIM w małych przedsiębiorstwach, już w pierwszym etapie wydaje się celowe zastosowanie połączeń (poprzez bramy - por. p. 3.3.3) z magistralą miejscową FIELDBUS. Przykład takiego rozwiązania można znaleźć w p. 5.4. W przypadku systemów CIM dla celów laboratoryjno - dydaktycznych instalowanie magistrali miejscowej FIELDBUS nie jest konieczne, chociaż wydaje się sensowne ze szkoleniowego punktu widzenia. Zamierzenie to winno być zrealizowane w dalszych etapach wdrażania systemu, w miarę posiadanych środków.

Dalsze uwagi zamieszczone w tym rozdziale odnoszą się wyłącznie do systemów CIM przeznaczonych dla celów laboratoryjno - dydaktycznych.

W Instytutach (Szkołach) technologicznych, które zajmują się obróbką skrawaniem, w podsystemie ESP systemu CIM należy wykorzystywać przede wszystkim urządzenia technologiczne służące do obróbki skrawaniem.

W Instytutach (Szkołach), których dydaktyka jest ukierunkowana głównie na sterowanie należy w części technologicznej stosować głównie procesy montażu, spawania, grawerowania na obrabiarkach z wysokim stopniem bezpieczeństwa. W omawianym przypadku obróbkę skrawaniem należy możliwie ograniczyć i przeprowadzać na maszynach z wysokim stopniem bezpieczeństwa.

Należy zadbać, szczególnie w przypadku budowy systemu ESP dla obróbki skrawaniem, aby były stosowane rzeczywiste maszyny obróbcze, produkcyjne, pozwalające na realizację normalnej produkcji.

W systemach CIM, w których eksponowane są głównie możliwości sprzętu i oprogramowania informatyki przemysłowej, należy jednak dążyć do wytwarzania maksymalnie użytecznych przedmiotów jak to podano wyżej w przytoczonych przykładach.

Systemy ESP i CIM dla celów dydaktyczno - szkoleniowych powinny zostać zaprojektowane w sposób umożliwiający ich wykorzystanie (głównie w zakresie sieciowym, sprzętu informatycznego i oprogramowania systemowego) w rzeczywistym małym przedsiębiorstwie.

Przy projektowaniu systemów należy dążyć do wykorzystania istniejącego sprzętu, głównie technologicznego i automatyzacyjnego (roboty, stoły podziałowe itp.).

## 6.2. WSTĘPNA KONCEPCJA SYSTEMU CIM DLA CELÓW LABORATORYJNO - DYDAKTYCZNYCH. SYSTEM BAZOWY

### 6.2.1. Wersja I

#### 6.2.1.1. Funkcje systemu CIM

- rejestracja wizytujących,
- przyjmowanie zamówień,
- planowanie i harmonogramowanie wykonania zamówień
- nadzór nad wytwarzaniem - CRPD z raportowaniem oraz automatycznym obliczaniem współczynnika wykorzystania systemu wytwórczego (ew. informatycznego) i współczynników dyspozycyjności technicznej urządzeń technologicznych. Zbieranie danych dotyczących produkcji za ustalone okresy,
- operowanie przedmiotami (roboty, stół podziałowy,

- taśmociąg),
- prowadzenie bazy danych,
- sterowanie wytwarzaniem,
- komunikacja urządzeń między sobą za pomocą sieci,
- komunikacja dialogowa z operatorem,
- wizyjna kontrola jakości,
- zarządzanie magazynami: przygotówek i wyrobów gotowych z ich wydawaniem.

#### 6.2.1.2. Sprzęt technologiczny

- magazyny: przygotówek i wyrobów gotowych,
- 2 roboty 5 - osiowe z automatyczną wymianą chwytaków, przemysłowe na torach jezdnych, z możliwością wyjazdu z systemu i działania oddzielnie,
- stolik do pozycjonowania przygotówek po pobraniu z magazynu,
- lekka prasa do płytkiego tłoczenia,
- 1 taśmociąg,
- 1 stół podziałowy,
- maszyna grawerująca wysoce bezpieczna np. lekka frezarka 3 - osiowa,
- system wizyjny do kontroli wyrobów,
- sensoryka diagnostyczna narzędzi skrawających,
- stolik wydawczy produktu z magazynu,

oraz opcjonalnie:

- wiertarka automatyczna, współrzędnościowa z zabezpieczeniem BHP podczas pracy,

#### 6.2.1.3. Sieć informatyczna

- MAP 3.0, 802.4, carrierband, 5 Mbit/s.

#### 6.2.1.4. Proces technologiczny

Wyrób 1: podstawka do szklanek z wytłoczeniem, grawerowanym napisem i z otworami zaprojektowanymi przez wizytującego.

gniazdo 1:

- pobranie z magazynu wejściowego przez robot 1 przygotówki - okrągłego wykroju z aluminium,
- spozycjonowanie precyzyjne przygotówki przez robot na stoliku stacjonarnym z przyrządem pozycjonującym,
- podanie przez robot 1 spozycjonowanej przygotówki na prasę,

- tłoczenie (przy zamkniętej zasuwie z p'eksi, podczas tłoczenia),
- wyrzutnik prasy podaje wytłoczkę na taśmociąg ("łamany" dwuczęściowy, aby umożliwić najlepsze rozmieszczenie linii produkcyjnej na dysponowanej powierzchni),
- sterowanie taśmociągiem,

gniazdo 2:

- ze stacji odbiorczej taśmociągu robot 2 pobiera wytłoczkę i podaje na stół podziałowy,
- stół podziałowy współpracuje z maszyną grawerską i wiertarką automatyczną w ten sposób, że kolejno wykonywane są dalsze operacje (podawanie ze stołu do maszyn może realizować też robot),
- grawerowanie,
- wygrawerowane (i ewentualnie przewiercone) wytłoczki robot podaje na stanowisko kontroli wizyjnej,
- kontrola wizyjna,
- po kontroli robot podaje wyroby do magazynu, znie odrzuca do kosza (wtedy system szuka przyczyny błędu i po jego usunięciu powtarza wykonanie),
- produkt jest wydawany przez robot z magazynu wyjściowego na stolik odbiorczy.

oraz opcjonalnie:

- wiercenie otworów,

#### 6.2.1.5. Sprzęt informatyczny do realizacji funkcji systemu

- sterownik PLC 1 - sterujący gniazdem 1,
- sterownik PLC 2 - sterujący gniazdem 2,

Wszystkie układy sterowania urządzeń technologicznych gniazda 1 połączone są do PLC 1 (a nie bezpośrednio do sieci). Analogiczne zalecenia dotyczą gniazda 2 (do PLC 2).

Układy sterowania robotów są wyposażone w karty sieciowe MAP 3.0, które pośredniczą w transmisji programów użytkowych do lub z robotów.

- PC 1 (dodatkowo wyposażony w drukarkę i dysk o dużej pojemności):

- komputer nadzorujący pracę całego systemu: w tym:
  - monitor operatora,

- realizacja usług MMS (por. p. 3.2 - warstwa 7),
  - zarządzanie działaniem warstwy transmisyjnej (sieć MAP wg. IEEE 802.4 carrierband),
  - baza danych całego systemu,
- PC 2 (dodatkowo wyposażony w drukarkę i dysk o dużej pojemności) o przełączanych przez operatora funkcjach:
- komputer monitorujący pracę całego systemu: w tym:
    - mnemonika systemu,
    - monitorowanie działania warstwy transmisyjnej (sieć MAP wg. IEEE 802.4 carrierband),
    - CRPD i wydruk planów i raportów produkcyjnych i obliczonych współczynników dyspozycyjności urządzeń technologicznych oraz stopnia wykorzystania całego systemu,
  - komputer diagnostyki systemu, głównie części technologicznej i doradztwa (np. system ekspertowy) do wyszukiwania i usuwania usterek stwierdzonych przy realizacji procesu technologicznego,
  - baza danych dotyczących procesów technologicznych,
  - system projektowania (CAD - Computer Aided Design)
  - rejestrowanie wizytujących,
  - przyjmowanie zamówień,
  - planowanie i harmonogramowanie produkcji,
  - zarządzanie offline stanem zapasów w magazynach wejściowym i wyjściowym.
  - współpraca (w tle) z drukarką i czytnikiem kodu kreskowego - służącymi do rejestracji, odpowiednio, wizytujących oraz produktu finalnego.

PC 1, PC 2 oraz PLC 1 i PLC 2 posiadają karty MAP i są bezpośrednio podłączone do magistrali MAP.

W przypadku instalowania omawianego systemu w Instytutach (Szkołach) technologicznych, które zajmują się obróbką



skrawaniem jest celowe podłączenie do PLC 1 i PLC 2 komputerów, odpowiednio, PC 3 i PC 3, które służyłyby wizualizacji danych dotyczących procesów technologicznych realizowanych w obu gniazdach.

#### 6.2.1.6. Uwagi dotyczące rozwoju systemu

Po uruchomieniu systemu bazowego, rozbudowa w 2 etapie powinna polegać na:

- ewentualnym rozwinięciu warstwy transmisyjnej w myśl uwag poczynionych w p. 6.1,
- włączeniu do wytwarzania innych lub zmodyfikowania istniejących wyrobów, np. wyrób 1 może być komponowany z kilku części, a montaż zachodzi w dołączonych dodatkowo gniazdach: np. gniazdo zgrzewania, ewentualnie gniazdo klejenia i / lub skręcania,
- rozdzieleniu funkcji realizowanych przez komputer PC 2 na kilka komputerów, a w wyniku zamiast przełączania funkcji przez operatora uzyskanie równoczesnej realizacji kilku funkcji.

#### 6.2.2. Wersja II

##### 6.2.2.1. Funkcje systemu CIM

Funkcje systemu CIM są analogiczne do funkcji wymienionych w p. 6.2.1.1.

##### 6.2.2.2. Sprzęt technologiczny

- magazyny: 2 magazyny przygotówek i 1 magazyn wyrobów gotowych,
- 2 roboty 5 - osiowe z automatyczną wymianą chwytaków, przemysłowe na torach jezdnych, z możliwością wyjazdu z systemu i działania oddzielnie,
- stolik do pozycjonowania przygotówek po pobraniu z magazynu,
- 1 stół podziałowy,
- maszyna grawerująca wysoce bezpieczna np. lekka frezarka 3 - osiowa,
- wiertarka automatyczna, współrzędnościowa z zabezpieczeniem BHP podczas pracy,
- system wizyjny do kontroli wyrobów,
- sensoryka diagnostyczna narzędzi skrawających,
- stolik wydawczy produktu z magazynu.

#### 6.2.2.3. Sieć informatyczna

-MAP 3.0, 802.4, carrierband, 5 Mbit/s.

#### 6.2.2.4. Proces technologiczny

Wyrób 2: tabliczka (do przymocowania np. na drzwiach) z wygrawerowanymi danymi osobowymi wizytującego i z fazowanymi otworami.

Wyrób 3: tabliczka z wygrawerowanymi danymi osobowymi wizytującego, z przyklejonym mocowaniem do agrafki (tabliczka identyfikacyjna do noszenia np. w klapie marynarki).

Wyrób 4: tabliczka z wygrawerowanymi danymi osobowymi wizytującego naklejana na beleczkę o przekroju trójkątnym (np. do stawiania na biurku lub na stole konferencyjnym przed uczestnikiem obrad).

Każdy z ww. wyrobów ma inne wymiary. Dane osobowe są podawane przez wizytującego i wprowadzane do systemu przez operatora lub osobę szkoloną (np. studenta).

#### gniazdo 1 (obróbce):

- pobranie z magazynu wejściowego przez robot 1 przygotówki - płytki z tworzywa sztucznego lub metalu (wyrób 2) o odpowiednich wymiarach,
- precyzyjne spozycjonowanie przygotówki przez robot na stoliku stacjonarnym z przyrządem pozycjonującym,
- podanie przez robot 1 spozycjonowanej przygotówki na stolik maszyny grawerującej,
- odebranie przez robot 1 wygrawerowanej przygotówki ze stolika maszyny grawerującej i: w przypadku wyrobu 2 - przekazanie do stanowiska realizującego wiercenie otworów, w przypadku wyrobów 3 i 4 - przekazanie do stanowiska kontroli wizyjnej,
- tylko w przypadku wyrobu 2: wiercenie otworów, a następnie przekazanie przez robot 1 do stanowiska kontroli wizyjnej;

#### gniazdo 2 (montażowe):

- pobranie przez robot 2 skontrolowanej w systemie wizyjnym (po uprzednie obróbce w gnieździe 1)

przygotówki i odrzucenie jej w przypadku negatywnego wyniku sprawdzenia, bądź - w przypadku pozytywnego wyniku sprawdzenia -

- wyłącznie w przypadku wyrobu 2 - podanie do magazynu wyjściowego lub podanie na stolik wydawczy,
- w przypadku wyrobów 3 oraz 4 - przekazanie przygotówki na stanowisko sklejanania,
- w przypadku wyrobu 3 - pobranie przez robot 2 z magazynu mocowania agrafki, a w przypadku wyrobu 4 - pobranie przez robot 2 z magazynu beleczki o przekroju trójkątnym,
- w przypadku wyrobów 3 oraz 4 - wykonanie przez robot 2 operacji sklejanania, a następnie podanie wyrobu do magazynu wyjściowego lub na stolik wydawczy.

Do wyposażenia stanowiska sklejanania należy stół podziałowy. Posiada on dwa rodzaje oprzyrządowania: wykorzystywane w przypadku wyrobu 3 oprzyrządowanie do przyklejania mocowania agrafki, a w przypadku wyrobu 4 - oprzyrządowanie służące do przyklejania przygotówki do beleczki o przekroju trójkątnym. Wybór oprzyrządowania odbywa się w wyniku przekazania do robota 2 parametrów przez warstwę transmisyjną systemu MAP.

#### 6.2.2.5. Sprzęt informatyczny do realizacji funkcji systemu

- sterownik PLC 1 - sterujący gniazdem 1,
- sterownik PLC 2 - sterujący gniazdem 2.

Wszystkie układy sterowania urządzeń technologicznych gniazda 1 połączone są do PLC 1 (a nie bezpośrednio do sieci). Analogiczne zalecenia dotyczą gniazda 2 (do PLC 2).

Układy sterowania robotów są wyposażone w karty sieciowe MAP 3.0, które pośredniczą w transmisji programów użytkowych do lub z robota. Układ wizyjny i maszyna grawerująca też posiadają karty sieciowe MAP służące do szybkiego ładowania oprogramowania aplikacyjnego do sterowania wspomnianych urządzeń.

-PC 1 (dodatkowo wyposażony w drukarkę i dysk o dużej pojemności):

- komputer nadzorujący pracę całego systemu: w tym:
  - monitor operatora,
  - realizacja usług MMS (por. p. 3.2 - warstwa 7),
  - zarządzanie działaniem warstwy transmisyjnej (sieć MAP wg. IEEE 802.4 carrierband),
  - baza danych całego systemu;

-PC 2 (dodatkowo wyposażony w drukarkę i dysk o dużej pojemności) o przełączanych przez operatora funkcjach:

- komputer monitorujący pracę całego systemu: w tym:
  - mnemonika systemu,
  - monitorowanie działania warstwy transmisyjnej (sieć MAP wg. IEEE 802.4 carrierband),
  - CRPD i wydruk planów i raportów produkcyjnych i obliczonych współczynników dyspozycyjności urządzeń technologicznych oraz stopnia wykorzystania całego systemu,
- komputer diagnostyki systemu, głównie części technologicznej i doradztwa (np. system ekspertowy) do wyszukiwania i usuwania usterek stwierdzonych przy realizacji procesu technologicznego,
- baza danych dotyczących procesów technologicznych,
- system projektowania (CAD - Computer Aided Design),
- rejestrowanie wizytujących,
- przyjmowanie zamówień,
- planowanie i harmonogramowanie produkcji,
- zarządzanie offline stanem zapasów w magazynach wejściowych i wyjściowym.
- współpraca (w tle) z drukarką i czytnikiem kodu kreskowego - służącymi do rejestracji, odpowiednio, wizytujących oraz produktu finalnego.

PC 1, PC 2 oraz PLC 1 i PLC 2 posiadają karty MAP i są bezpośrednio podłączone do magistrali MAP.

#### 6.2.2.6. Uwagi dotyczące rozwoju systemu

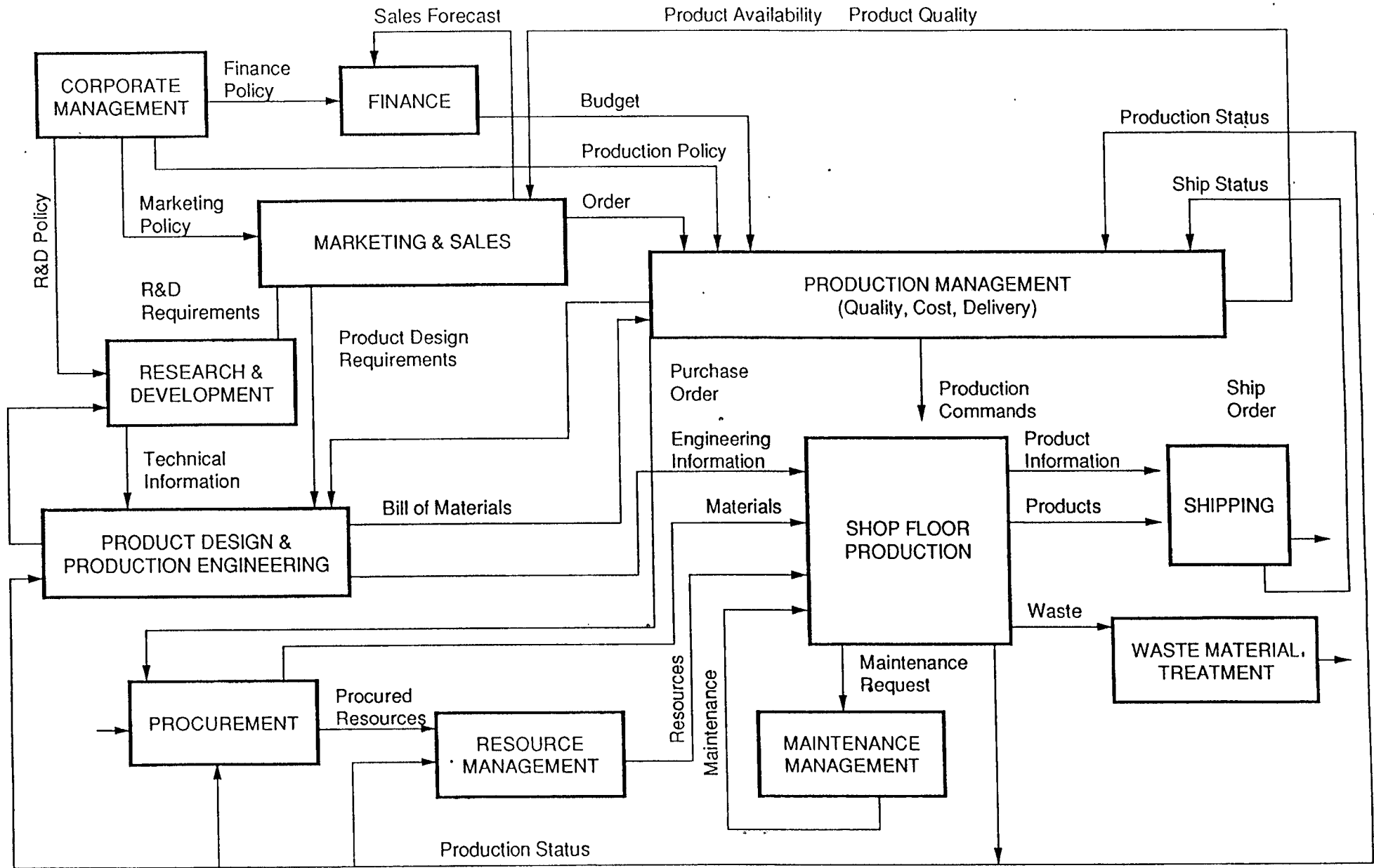
Po uruchomieniu systemu bazowego, rozbudowa w 2 etapie powinna polegać na:

- ewentualnym rozwinięciu warstwy transmisyjnej w myśl uwag poczynionych w p. 6.1,
- rozdzieleniu funkcji realizowanych przez komputer PC 2 na kilka komputerów, a w wyniku zamiast przełączania funkcji przez operatora uzyskanie równoczesnej realizacji kilku funkcji.

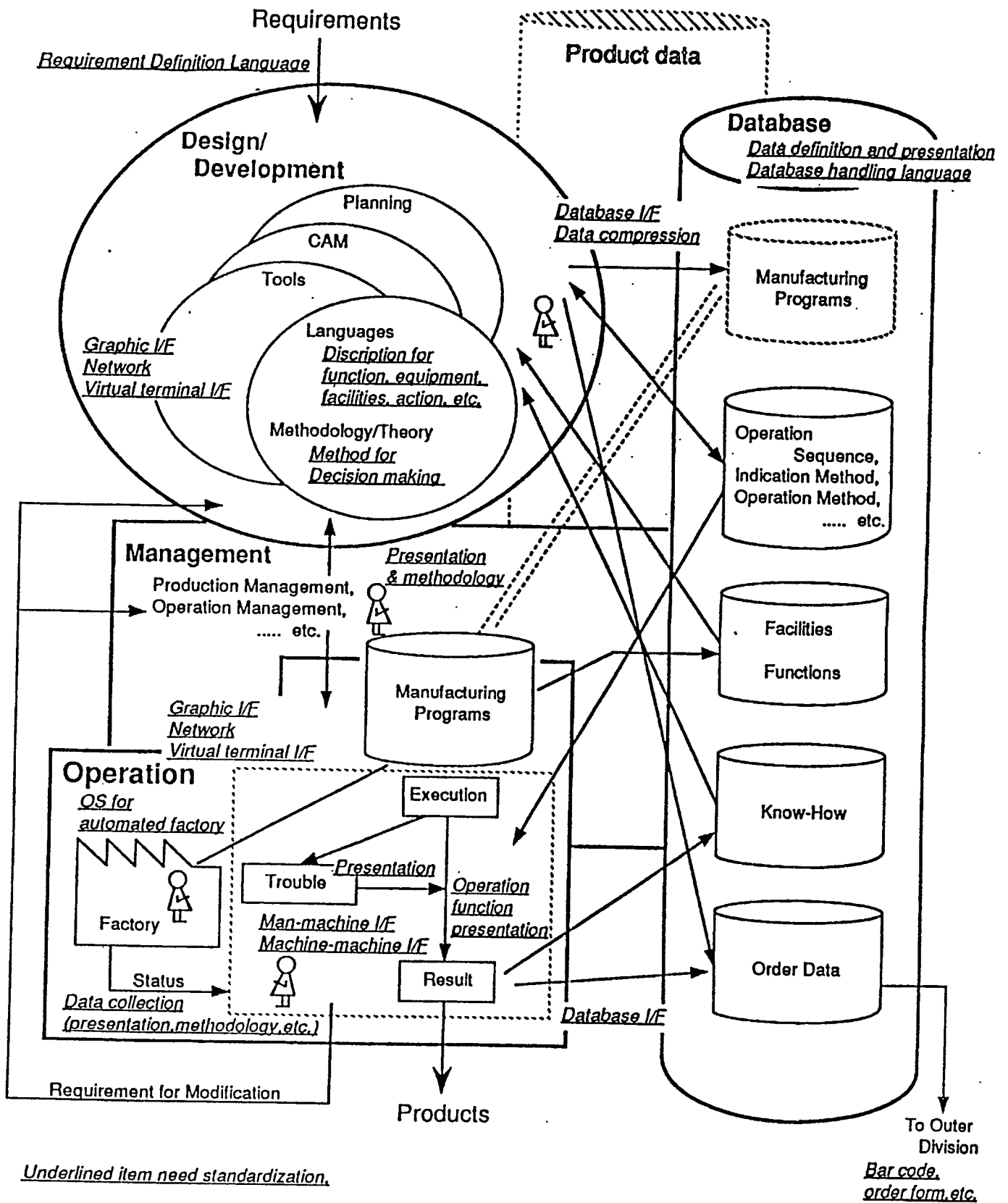
#### Literatura

1. Banaszak Z., Jampolski L.: "Komputerowo wspomagane modelowanie elastycznych systemów produkcyjnych", WNT, Warszawa 1991.
2. Banaszak Z., Sawwa, R.: "Systemy kompleksowej automatyzacji dyskretnych procesów produkcyjnych", Biuletyn MERA - PIAP, 6-131, 1988.
3. Castano S., Martella G.: "Functional Analysis for CIM Integration", Kongres Intercama, 1992.
4. "Common Systems Technology Transfer Center. A Guided Tour", Mat. inf. General Motors Technical Center.
5. "Common Systems Technology Transfer Center. CIM LAB II Project", Mat. inf. General Motors Technical Center.
6. Geitner U.W.: "CIM Handbuch", Friedr. Vieweg und Sohn, Braunschweig / Wiesbaden, 1987.
7. Grillo L.: "Application Experience in FMS Set - Up and Use", Kongres Intercama, 1992.
8. Hammer H.: "Demand - Controlled Production Using an Interconnected Manufacturing System: Realization and Application", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 7, No 1-2, pp. 113 - 125, 1990.
9. Kaczmarczyk A. i in.: "Zrobotyzowane systemy wytwórcze dla celów edukacyjnych", Ref. na Seminarium "Roboty Edukacyjne", IAP PW, Warszawa 1992.
10. Materiały informacyjne i szkoleniowe firmy Werner und Kolb.
11. Missala T.: "Stan obecny systemu MAP", Mat. MERA - PIAP, 1990.
12. Missala T.: "Rola systemu MAP / TOP w komputerowo zintegrowanym wytwarzaniu CIM", Mat. PIAP, 1991.
13. Nacsa J., Haidegger G.: "MAP Activities in Hungary - Setting Up a MAP TRAINING CENTER", Konf. Enterprise Networking Event '92, Washington D.C. 1992.

14. Pritschow G.: "Automation Technology - on the Way to an Open System Architecture", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 7, No 1-2, pp. 103 - 111, 1990.
15. Reisch D.: "Total CIM Concept Embracing Logistics", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 3, No 1, 1987.
16. Santarek K., Strzelczak S.: "Elastyczne systemy produkcyjne", WNT, Warszawa 1989.
17. Sawwa R., Grześlak J., Stańczak W.: "Opracowanie projektu systemu CIM dla wydziału tłoczni FSM - 2 Tychy, Spr. PIAP nr 6878, 1992.
18. Seria zeszytów pt.: "ESP. Robotyka i elastycznie zautomatyzowana produkcja", Wrotny L.T. (red.), WNT, Warszawa 1991:
  - "Systemowe zasady tworzenia zautomatyzowanej produkcji",
  - "Sterowanie w technice robotyzacyjnej i w elastycznych systemach produkcyjnych",
  - "Technika obliczeniowa w systemach zrobotyzowanych i w elastycznych systemach produkcyjnych",
  - "Zastosowanie elastycznej automatyzacji".
19. "The OSI Demonstration at the 1990 International Conference", Sydney, 1990.
20. Ulotki CBKO:
  - "Tokarki szkoleniowo - produkcyjne TPS 20N",
  - "Frezarki pionowe szkoleniowo - produkcyjne FYS 16N".
21. Weatherall A.: "Computer Integrated Manufacturing", Butterworth & Co. Ltd., London 1988.



Typical Arrangements of Manufacturing Functions

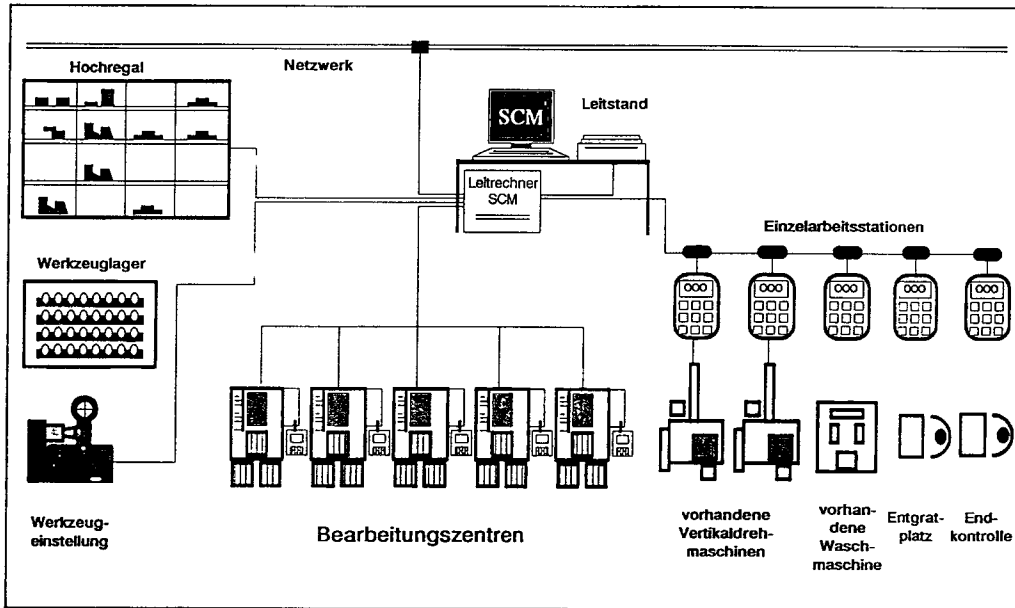
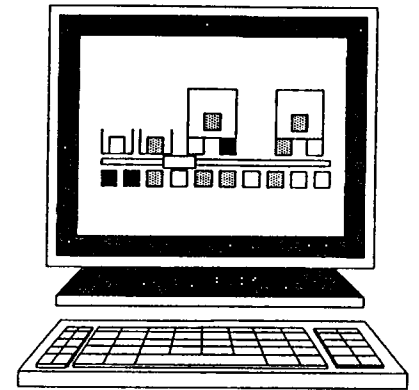


Model for extraction of standardized items in automated factories.

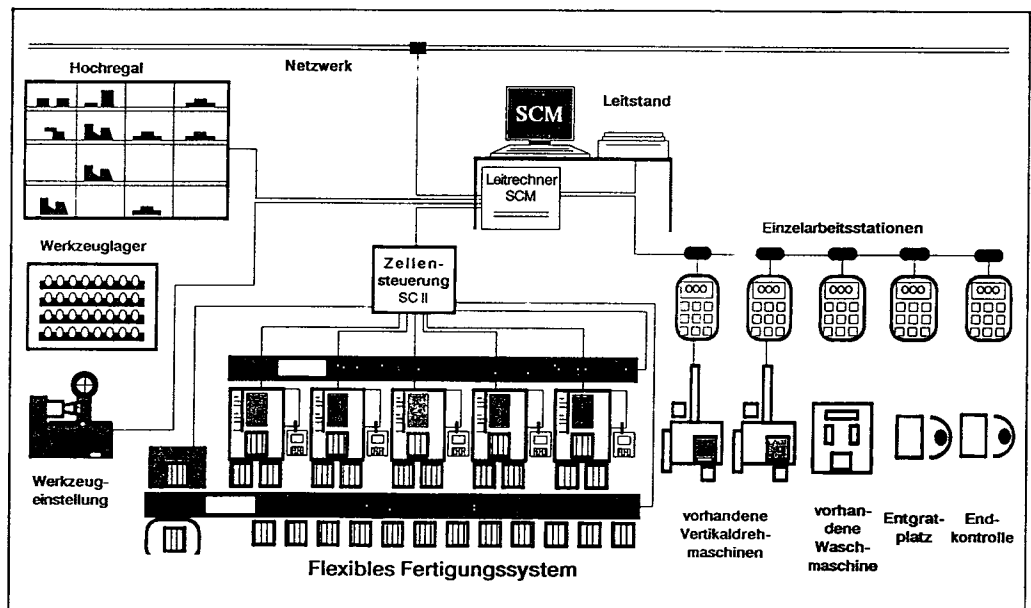
Rys. 2



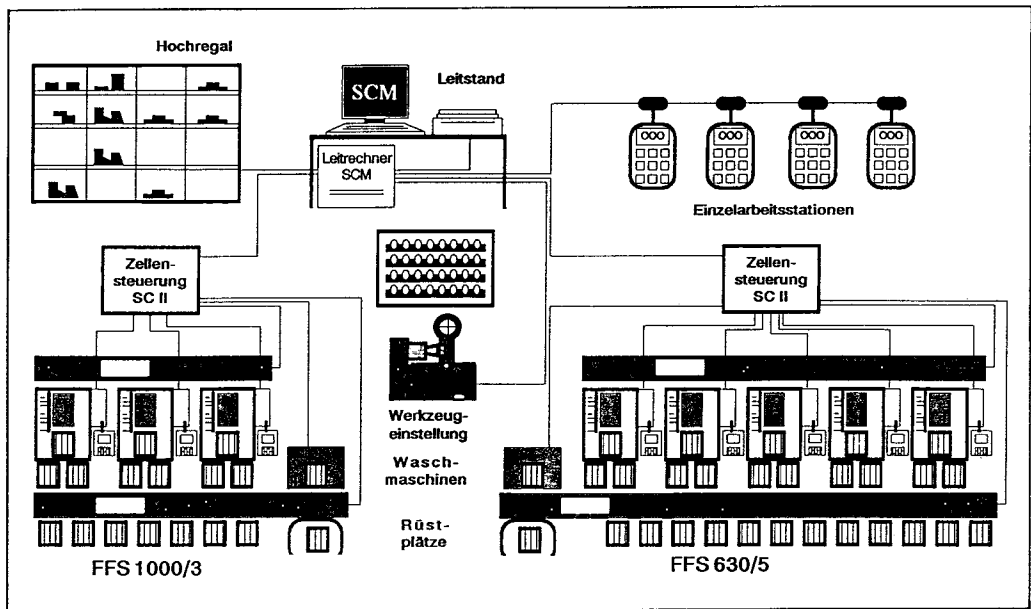
# Anwendungsbeispiele



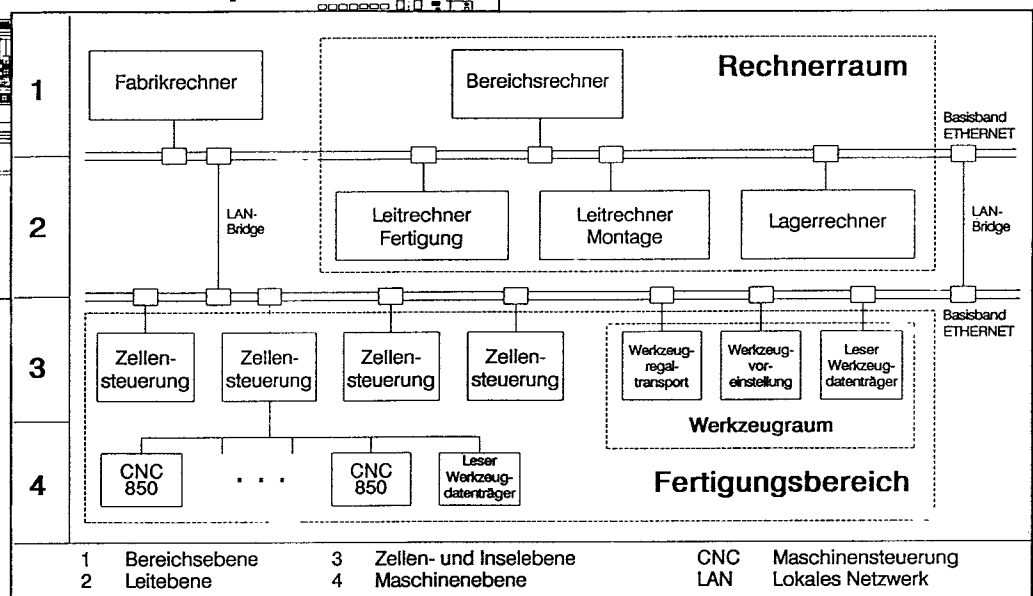
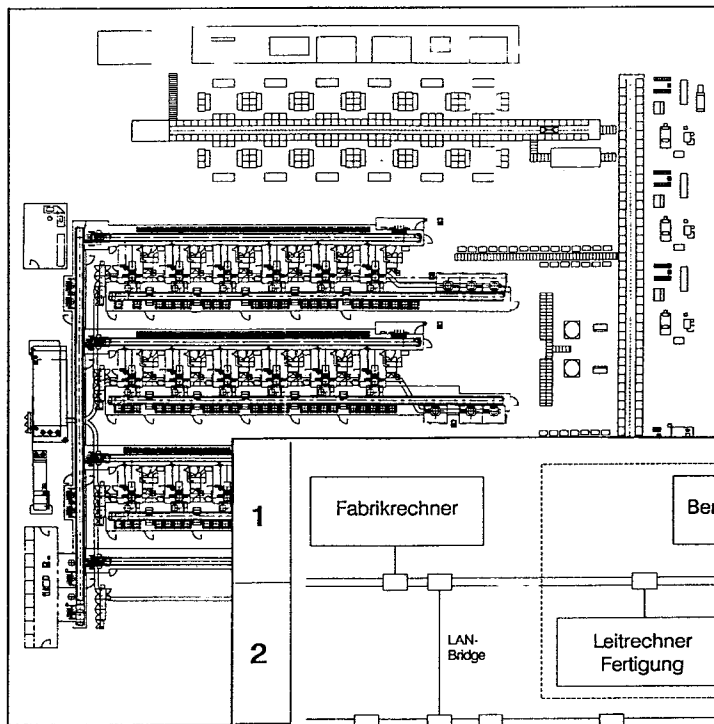
Fertigungsleitrechner SCM für Einzel-Bearbeitungszentren, Einzelmaschinen, manuelle Arbeitsplätze und ein Hochregallager.



Fertigungsleitrechner SCM für eine flexible Fertigungszelle mit automatisiertem Werkstück- und Werkzeugfluß, Einzelmaschinen, manuellen Arbeitsplätzen sowie ein Hochregallager. Die Zellensteuerung SC II koordiniert, steuert und überwacht das flexible Fertigungssystem.



Fertigungsleitreehner SCM für zwei flexible Fertigungszellen, Einzelmaschinen, manuelle Arbeitsplätze und ein Hochregallager. Zwei Zellensteuerungen SC II koordinieren die beiden flexiblen Fertigungssysteme.

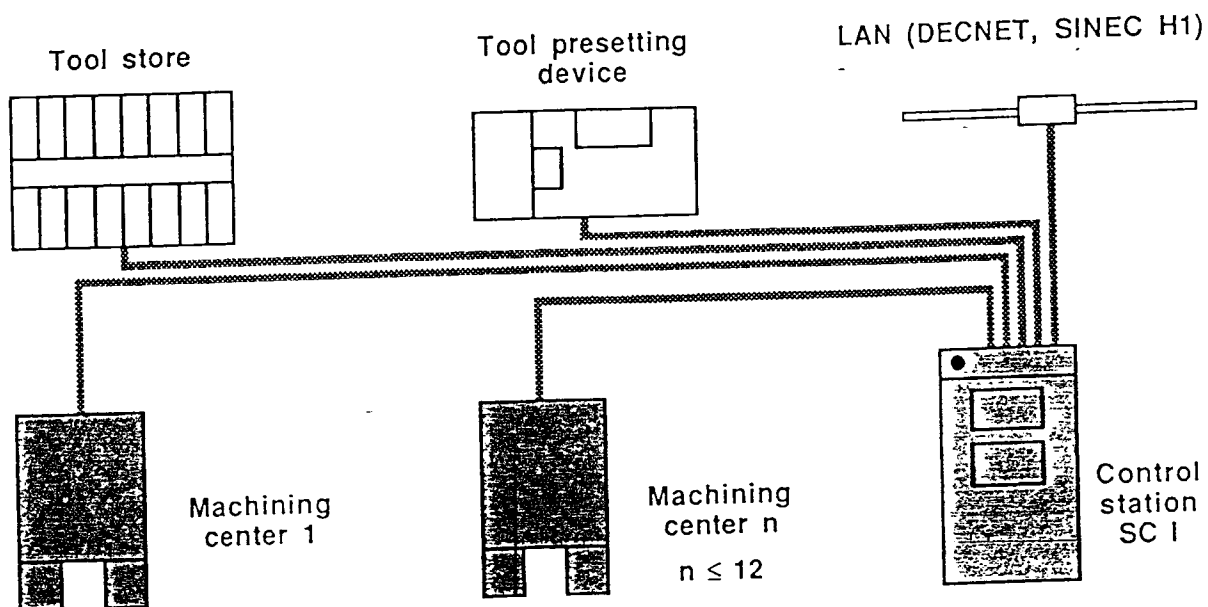


Fertigungsleitreehner SCM im Rechnerverbund für ein flexibles Fertigungsverbundsystem mit vier flexiblen Fertigungszellen, übergeordnetem Werkzeugversorgungssystem, manuellen Montageplätzen und zwei Hochregalen.

# System control - stand-alone machines



## SC I control station



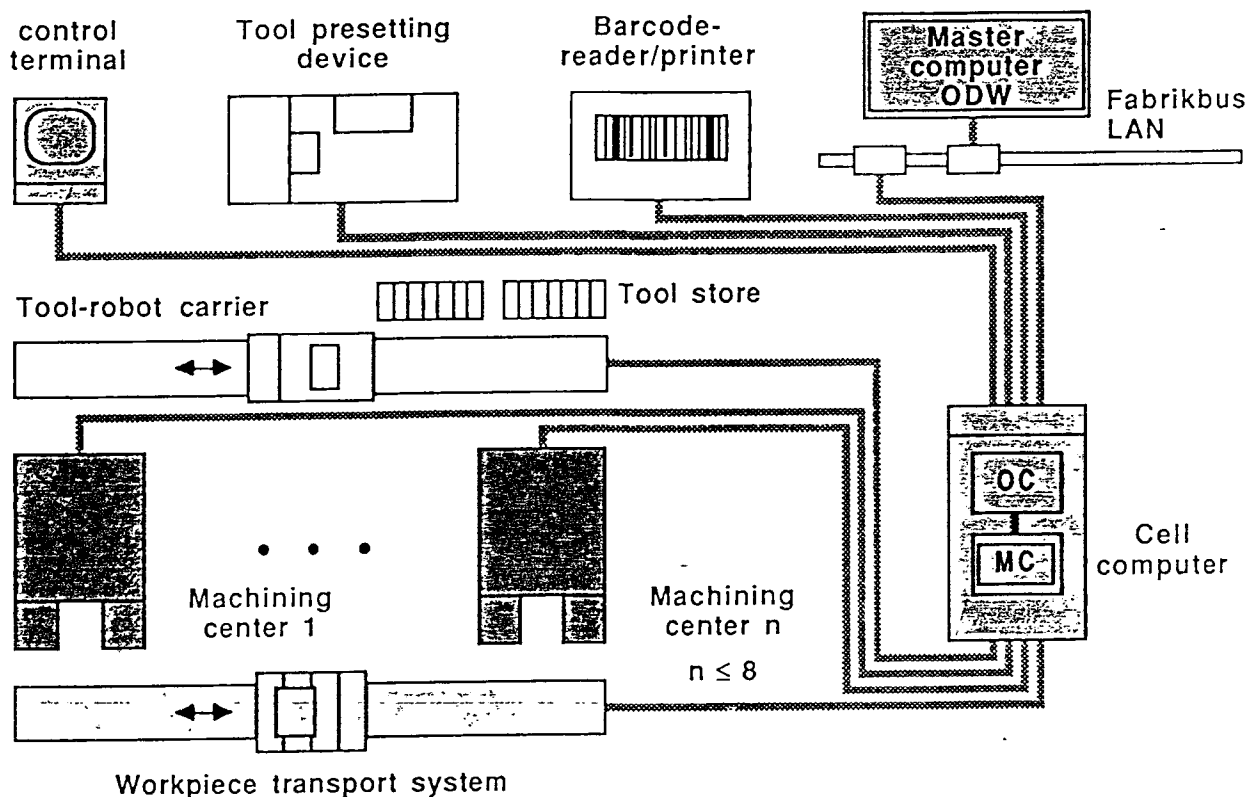
Computer controlled manufacturing with stand-alone machines using a control of the office or industrial type.

- Use of the SC I control station makes it possible to reduce unit costs even on single machines.
- As many as twelve machines can be connected.
- The basic functions of the control station are job management and planning, NC program management and distribution, tool data administration as well as production data acquisition and evaluation.
- Gradual expansion to a flexible manufacturing system to meet growing capacity requirements by means of tested components for an automatic supply of work-pieces and tools poses no problem.

# System control - flexible manufacturing cell



## SC II cell computer



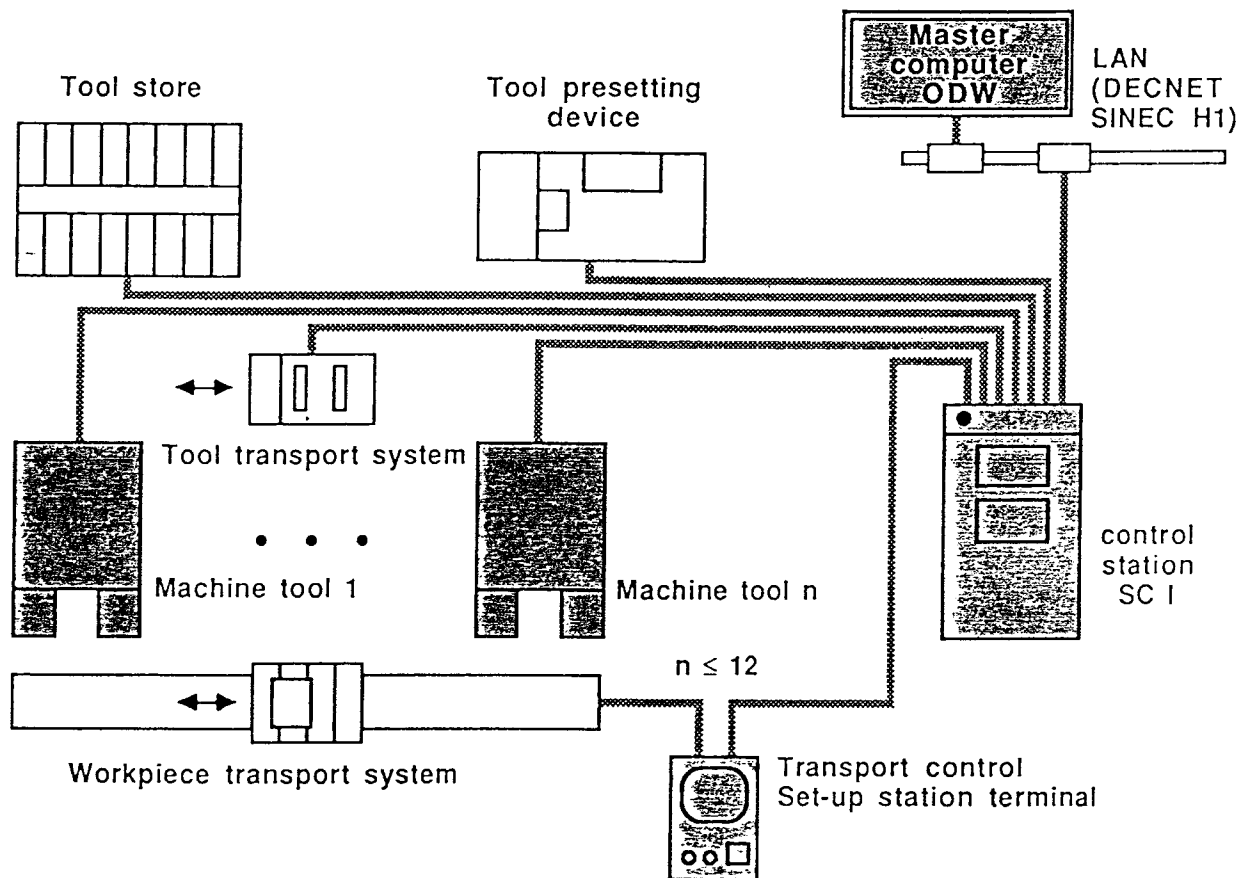
Interlinking of several NC machining centers by an automatic supply of workpieces with pallet-transport vehicle as well as supply of tools by robot carrier using a cell computer.

- The cell computer coordinates, controls and monitors all the functions of the automatic production and supply sequence in the manufacturing cell.
- The main tasks of the system control involve a timely supply of tools, workpieces and NC programs to the connected machine tools. Planning tasks involve management of the workpiece and tool data file, NC program management, recording and management of jobs, dialogue with the operator and a chronological listing of operating data.

# System control - flexible manufacturing island



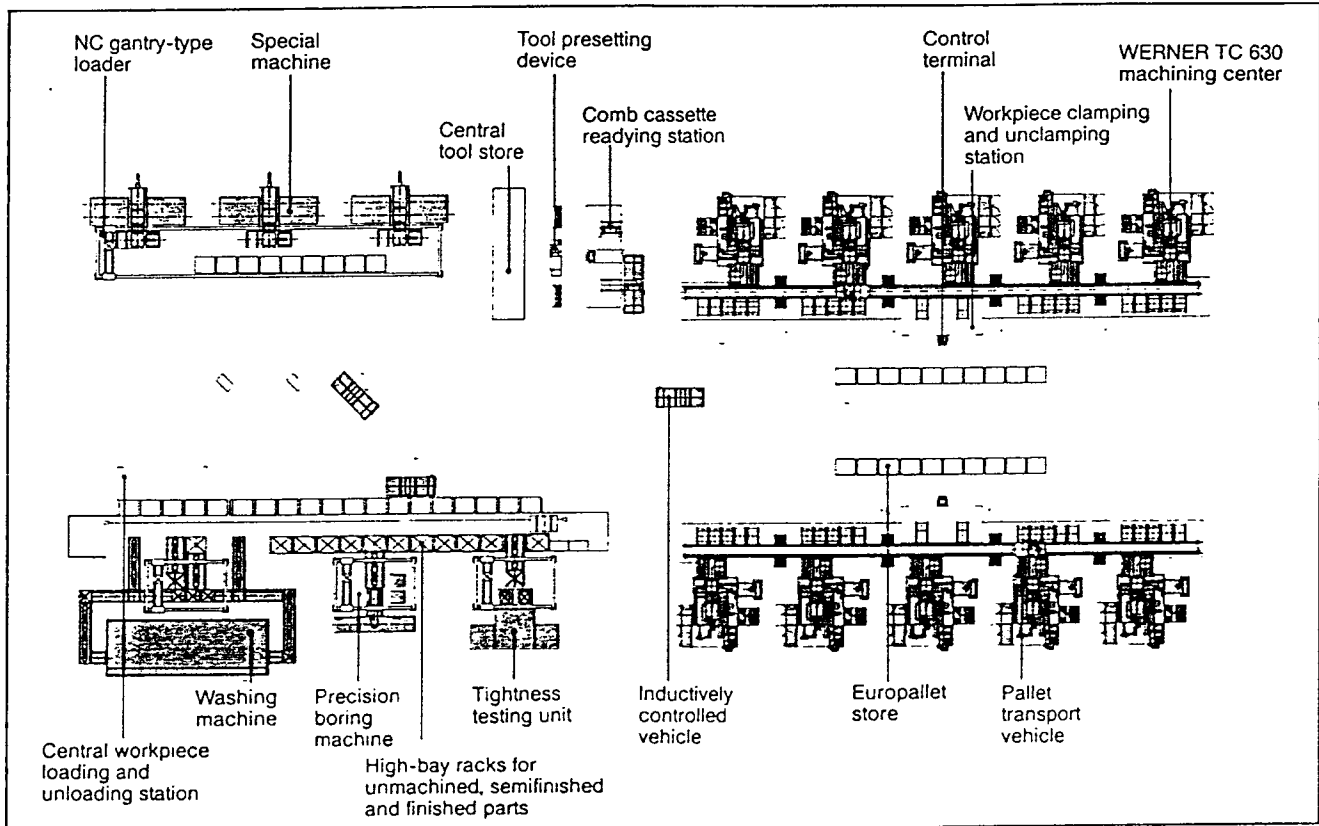
## SC I control station



Interlinking of several NC machines by means of an automatic workpiece and tool supply as well as use of an industrial-type control station

- The control station coordinates, controls and monitors all the functions of the automatic production and supply sequence in the manufacturing system.
- In addition to the basic functions, the control station also provides for direct coordination of workpiece transport and tool readying.
- Tasks performed by the transport control system are control of the pallet transport system and the set-up stations, management of the storage positions, updating of the transport map as well as display and operating functions for the transport system.

# Interlinked flexible manufacturing system



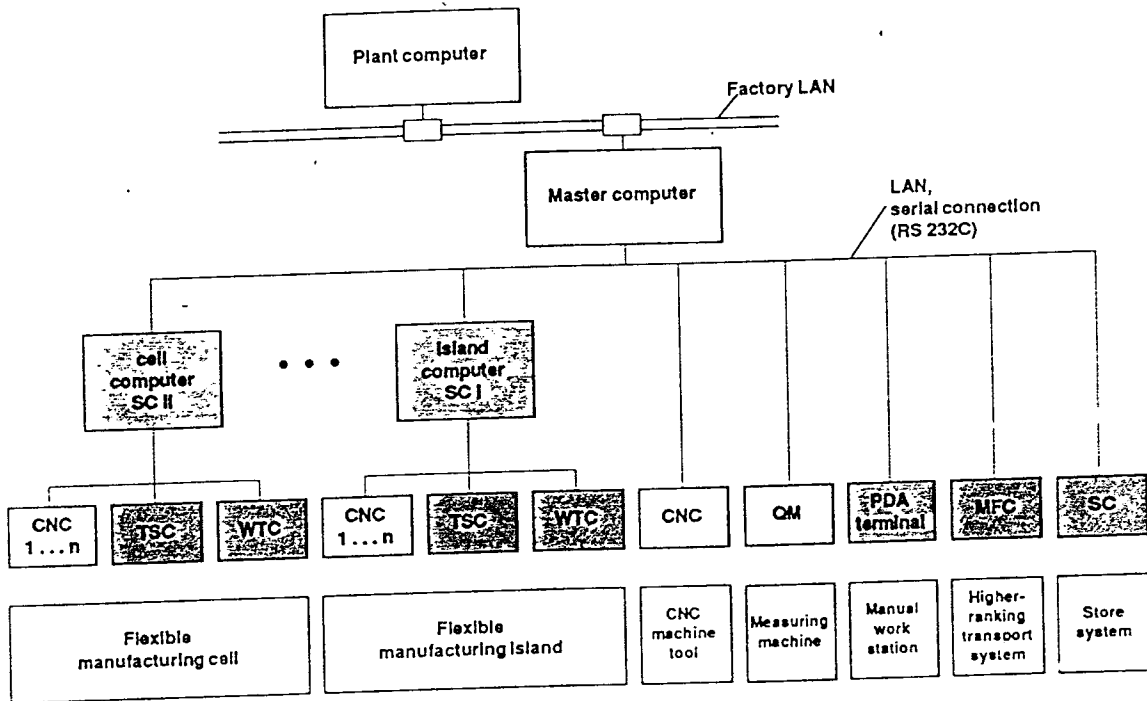
## Main features

- Interlinked manufacturing islands, manufacturing cells, individual machines and manual work stations.
- Integral, computer controlled logistics unit with higherranking workpiece and tool supply as well as integrated sequence control system.
- The system control consists of autonomous, function-related control units coupled to each other via an open local area network.
- Due to the modular, task-oriented structure of the overall system, it is possible to gradually develop a highly flexible, automated factory on the basis of computer integrated manufacturing (CIM) in keeping with the respective requirements and production tasks.

# System control - interlinked flexible manufacturing system



## Computer network

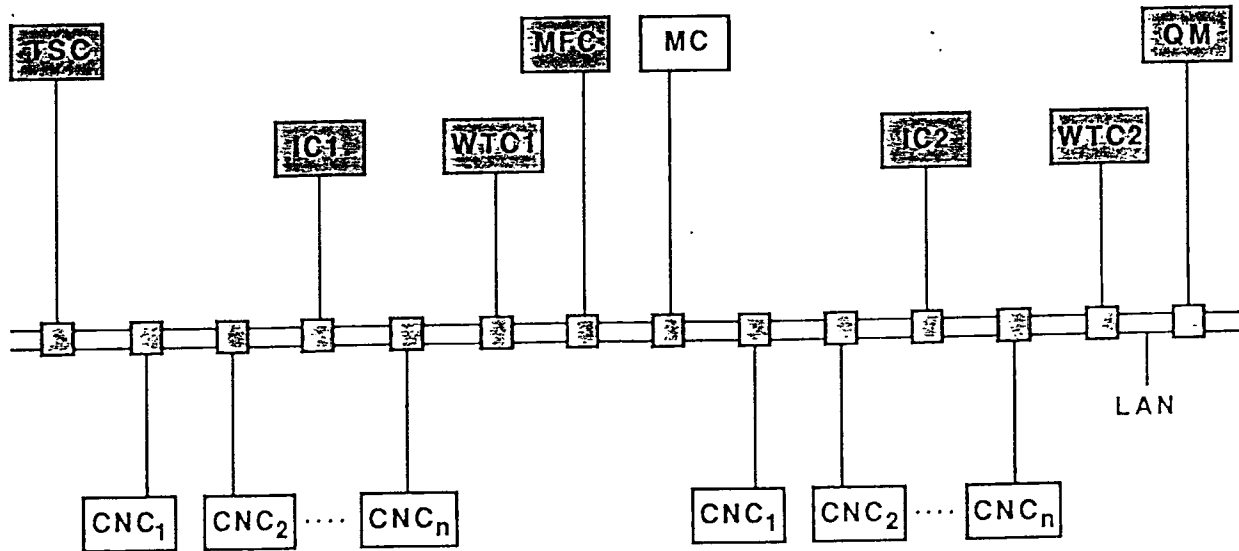


WTC	internal workpiece transport control	SC	Store control
TSC	internal tool supply control	CNC	Machine control
MFC	higher-ranking material flow control	PDA	Production data acquisition
QM	Quality monitoring		

The system control of interlinked flexible manufacturing systems consists appropriately of autonomous, function-oriented control units coupled to each other via an open local area network (e. g. DECNET, SINEC H1).

- The master computer is responsible for all higher-ranking coordination and monitoring tasks.
- The cell and island computer (SC II, SC I), internal workpiece transport control (WTC) and tool supply control (TSC) as well as the higher-ranking material flow control (MFC), store control (SC) and control of the central quality monitoring system (QM) can communicate not only directly with the connected CNCs but also with each other via the network.
- Such a function-oriented interlinked flexible manufacturing system permits gradual expansion of the system, from a single machine to an interlinked flexible manufacturing system.

# Interlinked flexible manufacturing system - computer network

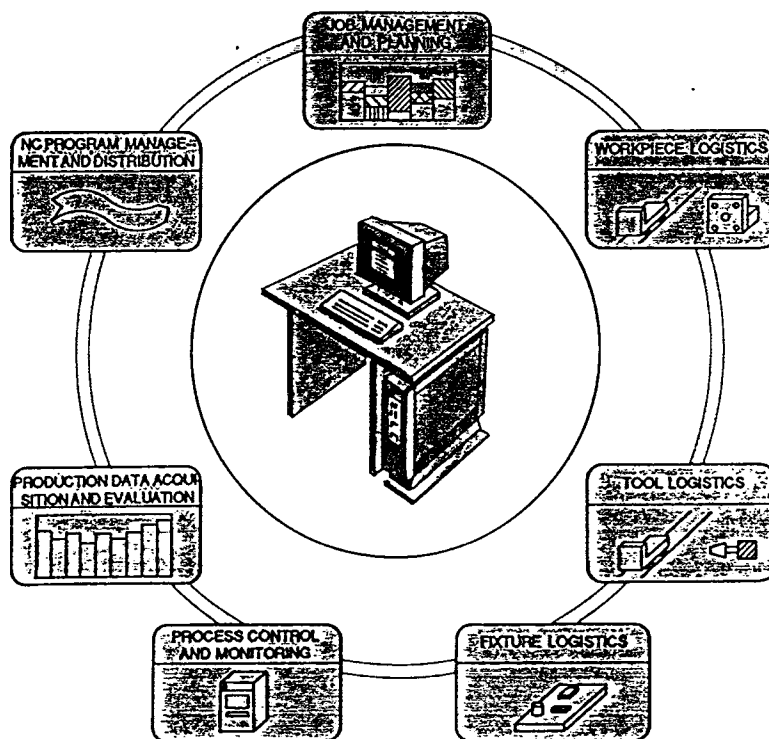


- MC : Master computer
- TSC : tool supply control
- MFC : Material flow control
- QM : Quality monitoring
- IC : Island computer (SC I, SC II)
- WTC : Workpiece transport control
- CNC : Machine control

The machine control has a function-related hardware and software structure throughout, the interlinked computers communicating with each other via a local communications network (LAN/MAP). That permits adaption of the individual system to highly diverse needs, gradual expansion and high system availability. The island and transport control as well as the control of the central tool supply system and quality monitoring are provided by autonomous, function-oriented control units that not only communicate directly with the connected CNC control systems but also with each other.

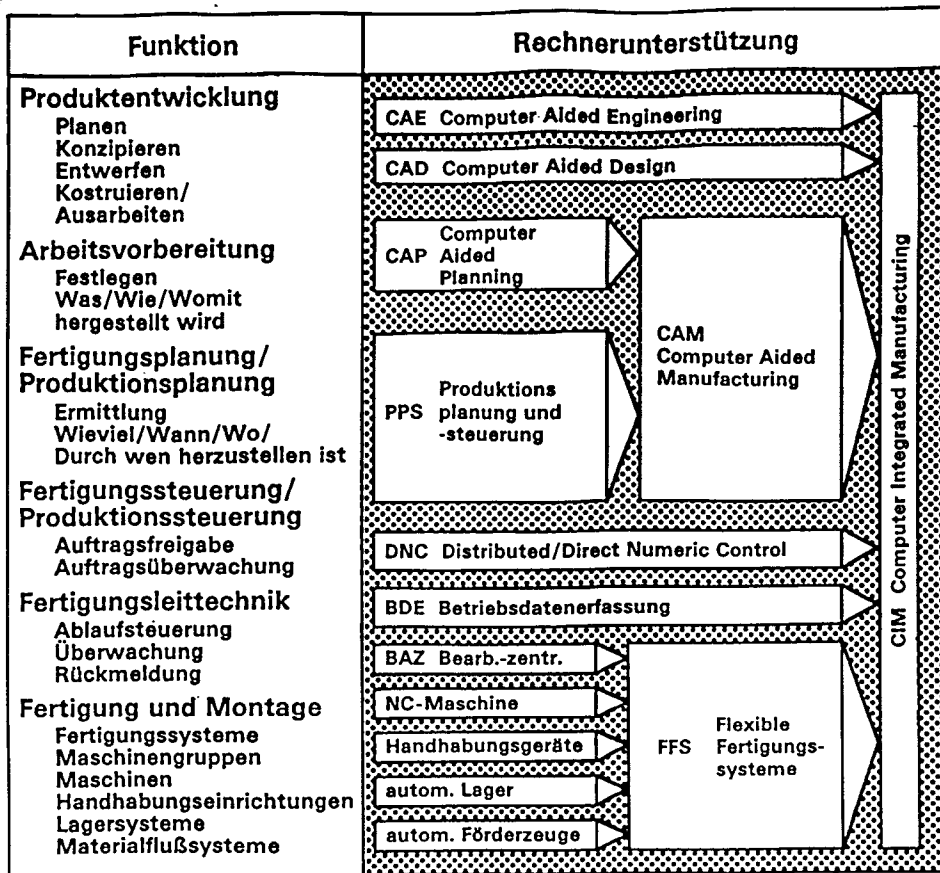


# System control - master computer



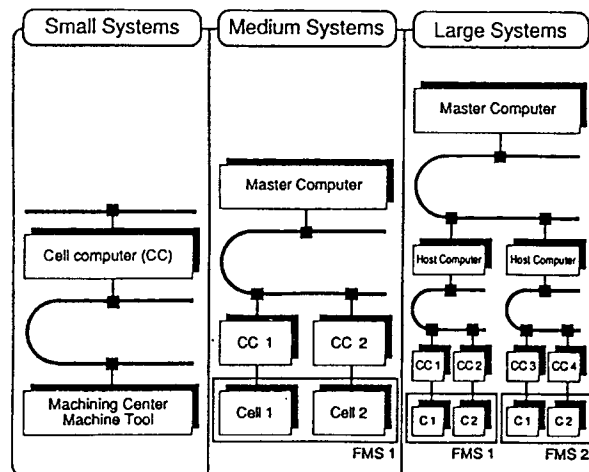
The master computer establishes the link-up with the control systems of the manufacturing islands and manufacturing cells as well as the transport and store control systems. The master computer coordinates and monitors the automated manufacture of a variable production program and supports the organization of the plant. Its functions are:

- continuous optimization of the production control system and sequence control,
- coordination and control of material flow and machining operations,
- timely readying of workpieces, clamping fixtures and tools,
- management and distribution of job data, NC programs, tool data, fixture data,
- acquisition and evaluation of production data,
- communication with higher-ranking computers like, for example, CAD, CAP and PPC systems.



Zusammenstellung heute verfügbarer Komponenten der Rechnerunterstützung für betriebliche Funktionsbereiche zu einer rechnerintegrierten Fertigung

RYS. 12



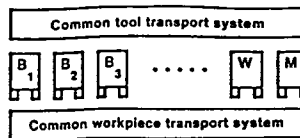
Alternative configurations for FMS guidance systems

RYS. 13

74

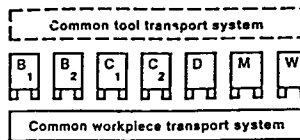
### FLEXIBLE MANUFACTURING CELL

Automatic machining of workpieces on several complementary machines of the same kind by means of a flexible interlinked material flow, tool supply and integrated computer control

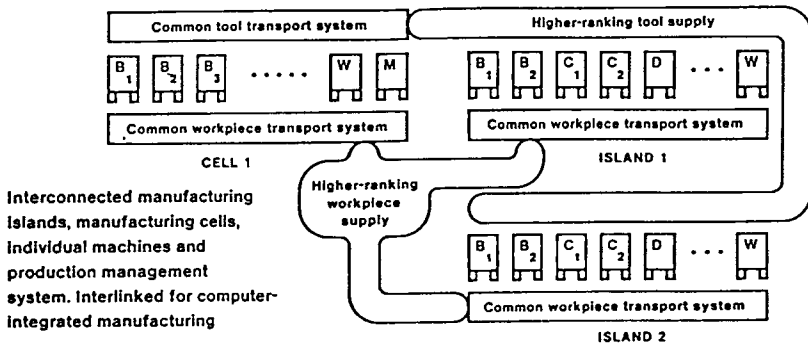


### FLEXIBLE MANUFACTURING ISLAND

Complete, automatic workpiece machining with supplementary or complementary machines by means of a flexible interlinked material flow, tool supply and integrated computer control

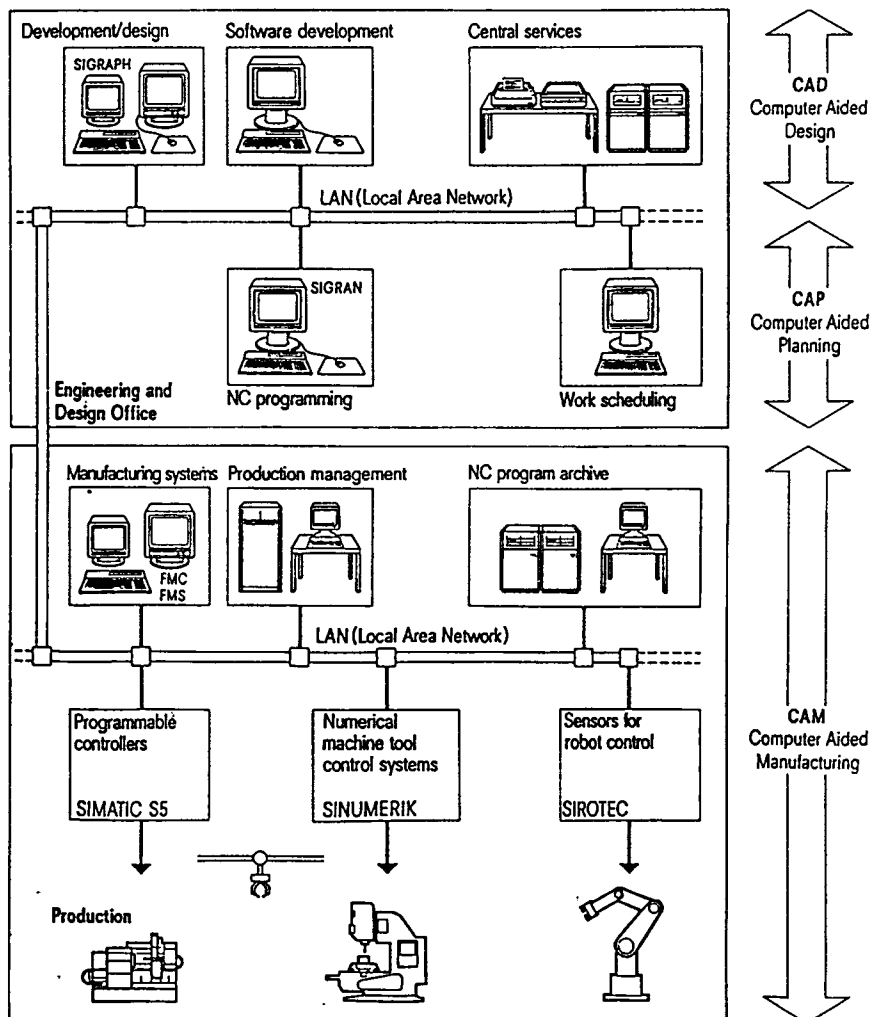


### FLEXIBLE INTERCONNECTED MANUFACTURING SYSTEM



Interconnected manufacturing islands, manufacturing cells, individual machines and production management system. Interlinked for computer-integrated manufacturing

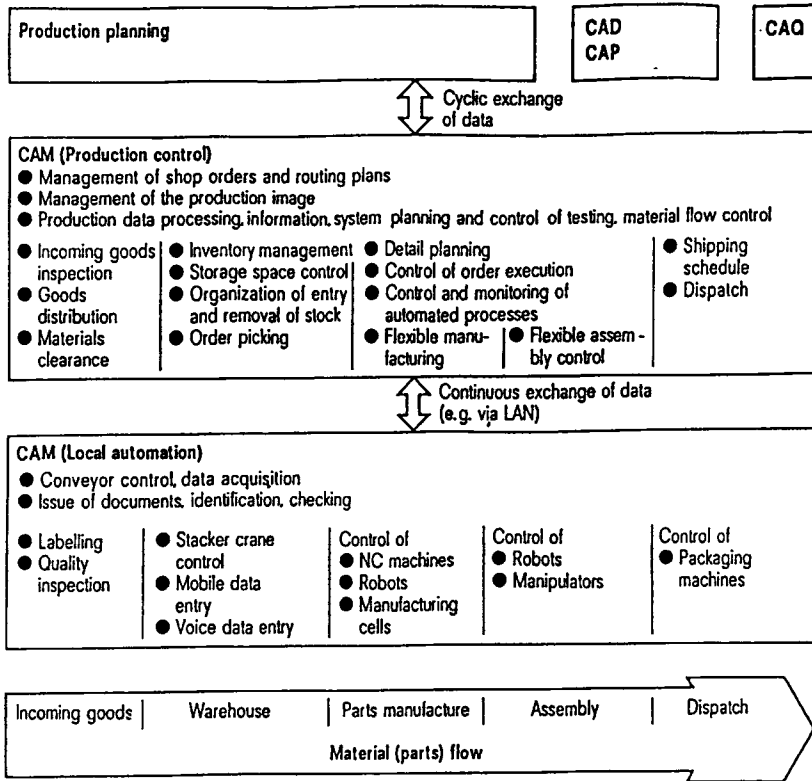
RYS. 14



Factory-wide automated sequence extending from design to manufacture.<sup>3</sup> FMC Flexible Manufacturing Cell, FMS Flexible Manufacturing System.

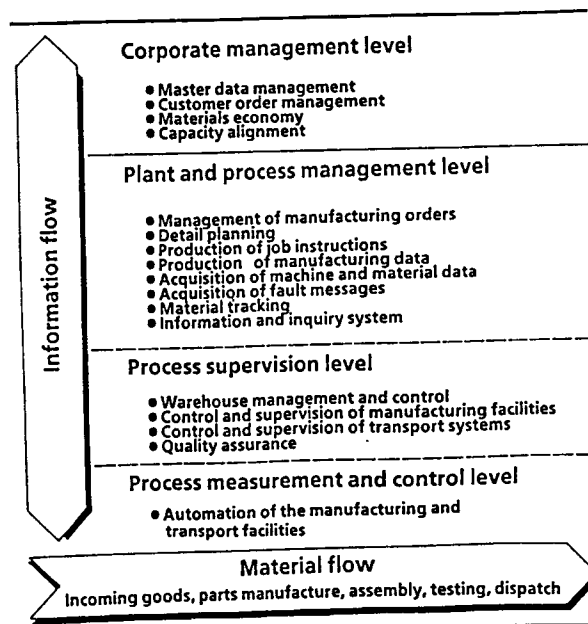
RYS. 15

75



Breakdown of CAM functions according to production areas and CAM levels. CAD Computer Aided Design; CAM Computer Aided Manufacturing; CAP Computer Aided Planning; CAQ Computer Aided Quality Assurance.

RYS. 16



Distinction among the various hierarchical levels in computer-aided manufacturing.

RYS. 17.

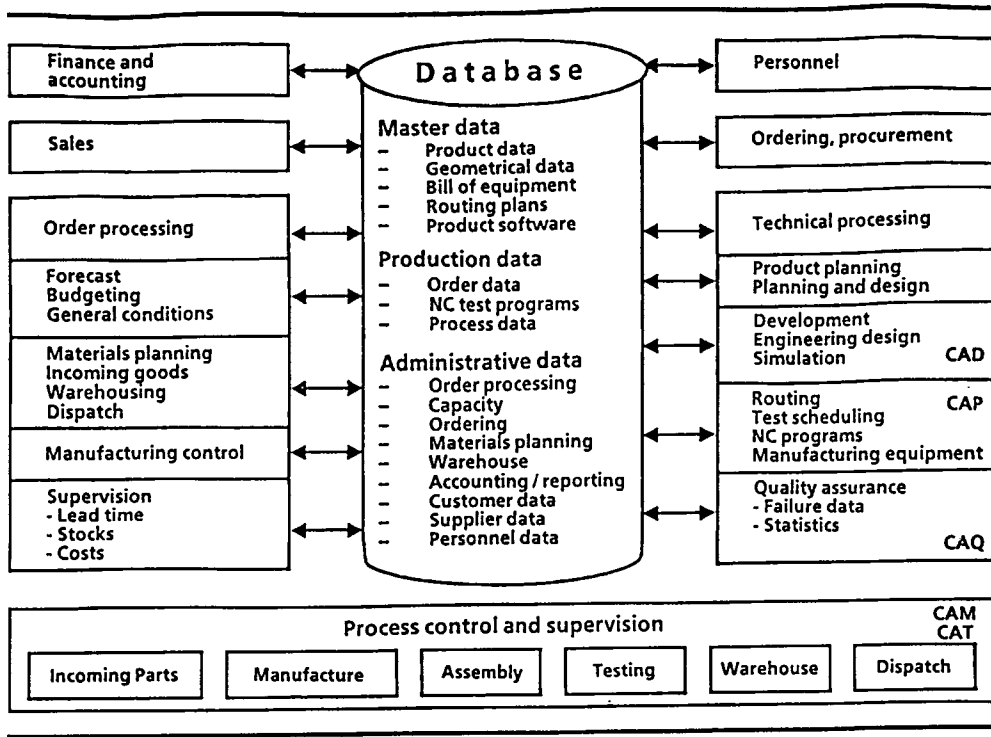
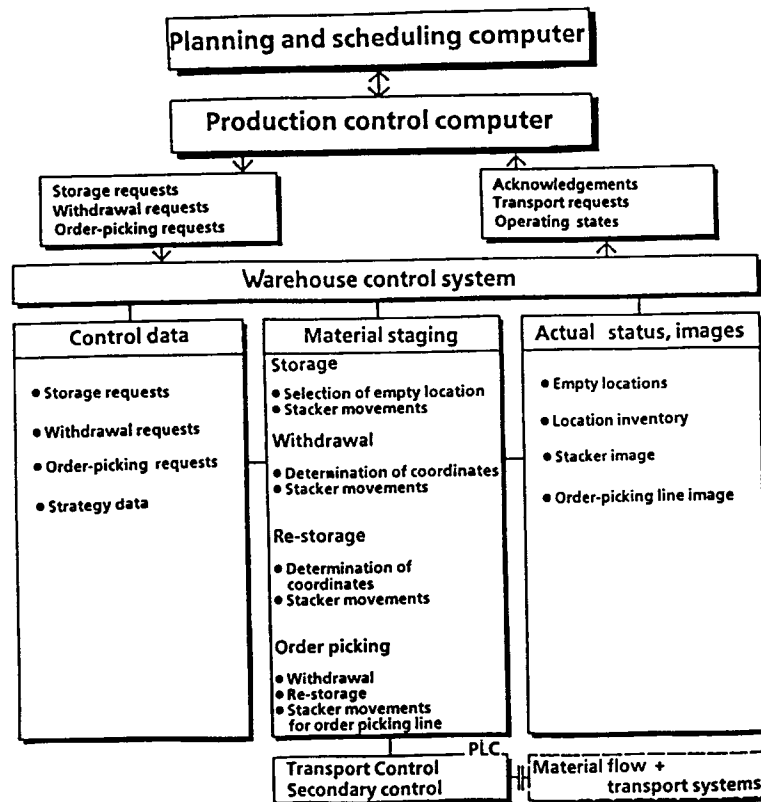


Fig. 18 Common database for the CAI or CIM concept. CAI Computer Aided Industry; CAM Computer Aided Manufacturing; CAQ Computer Quality Assurance; CIM Computer Integrated Manufacturing; CAD Computer Aided Design; CAP Computer Aided Planning; CAT Computer Aided Testing.

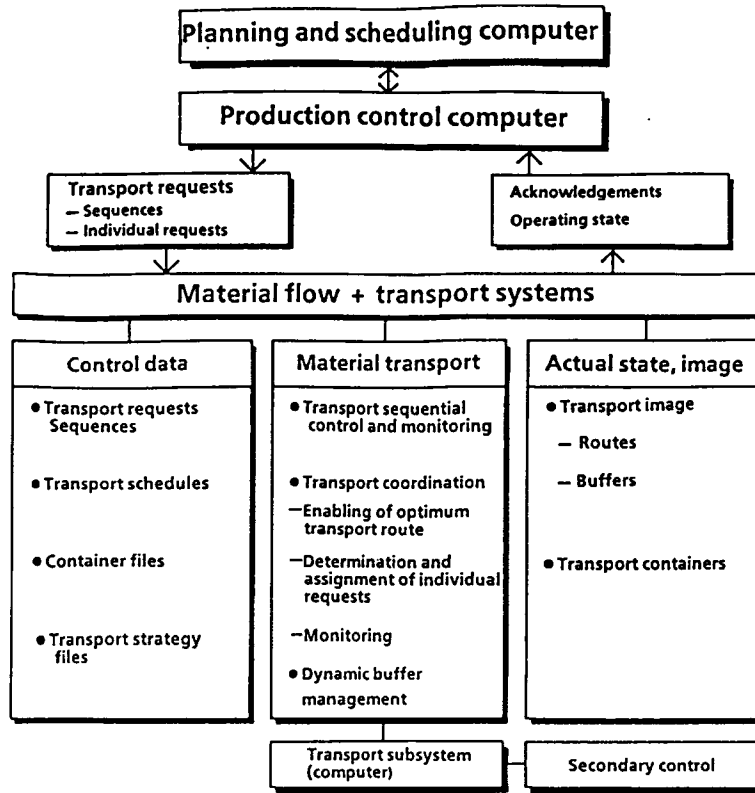
RMS. 18



Individual functions and data of the warehouse control system in a total CIM concept. PLC = Programmable control system.

RMS. 19

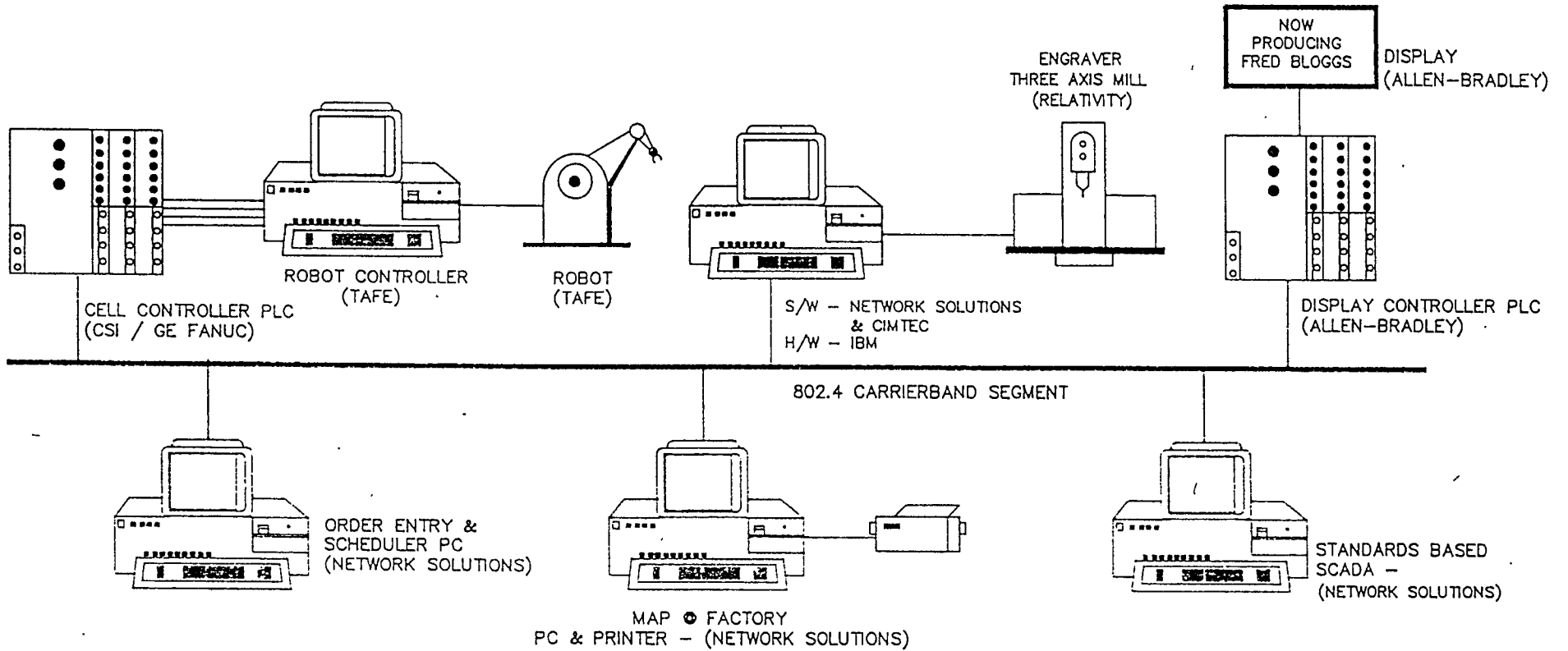
77



Breakdown of the individual criteria of computer aided material flow and transport systems within the framework of the total CIM concept.

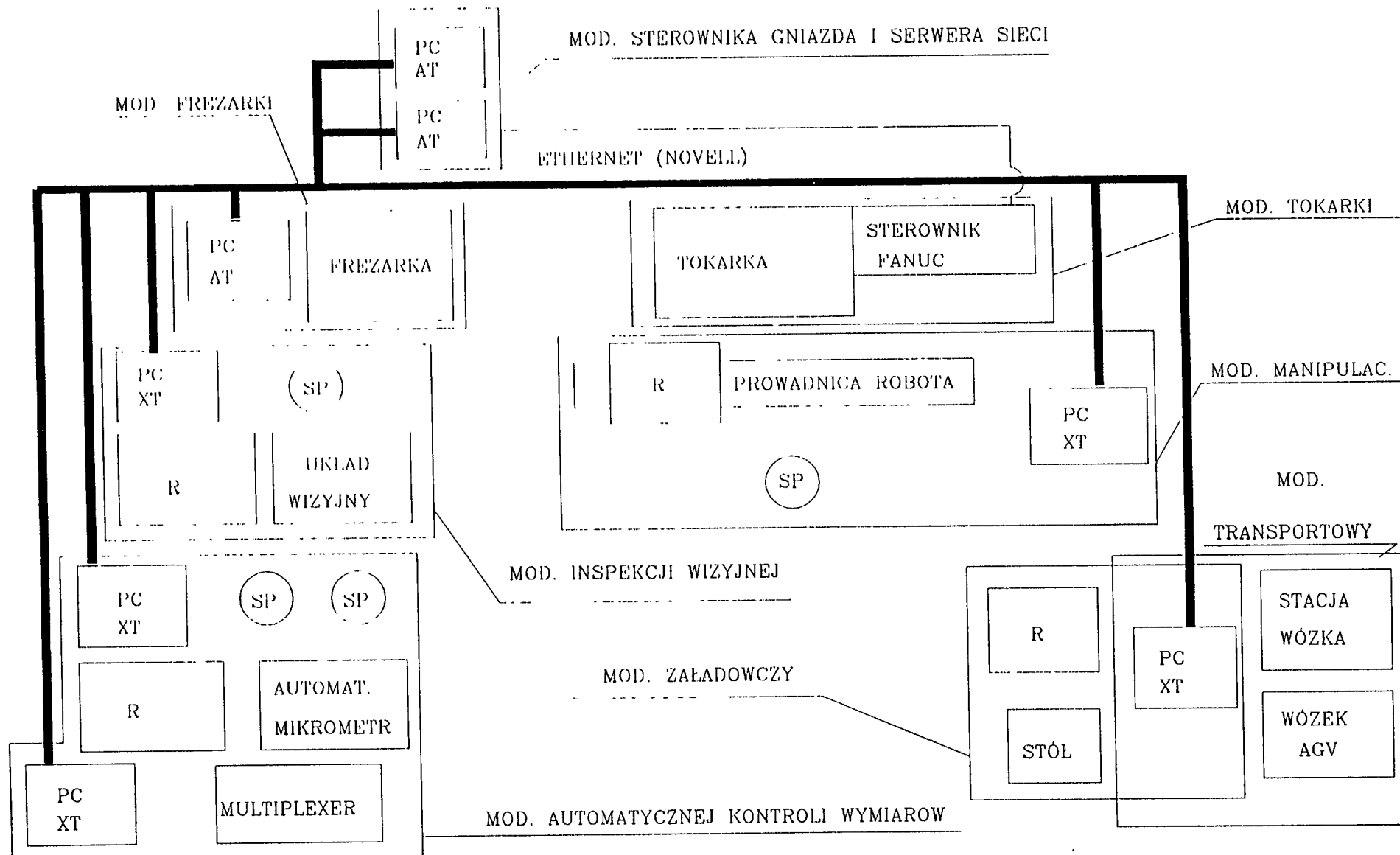
*RMS. 20.*

# OSI DEMONSTRATION



RYS. 21.

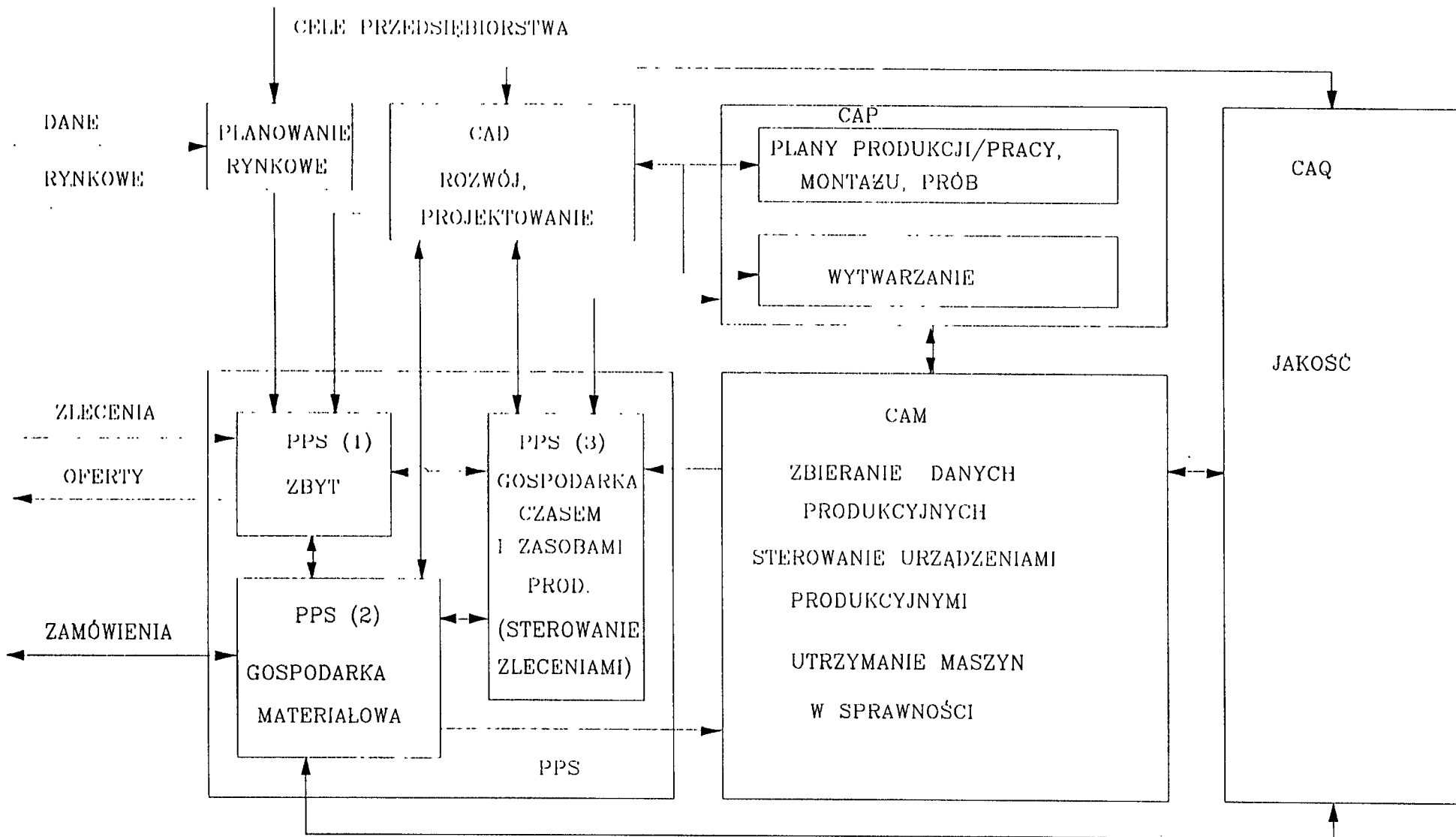
bks



Rys.22, SYSTEM/STANOWISKO CIM F-MY TQ INTERNATIONAL

88

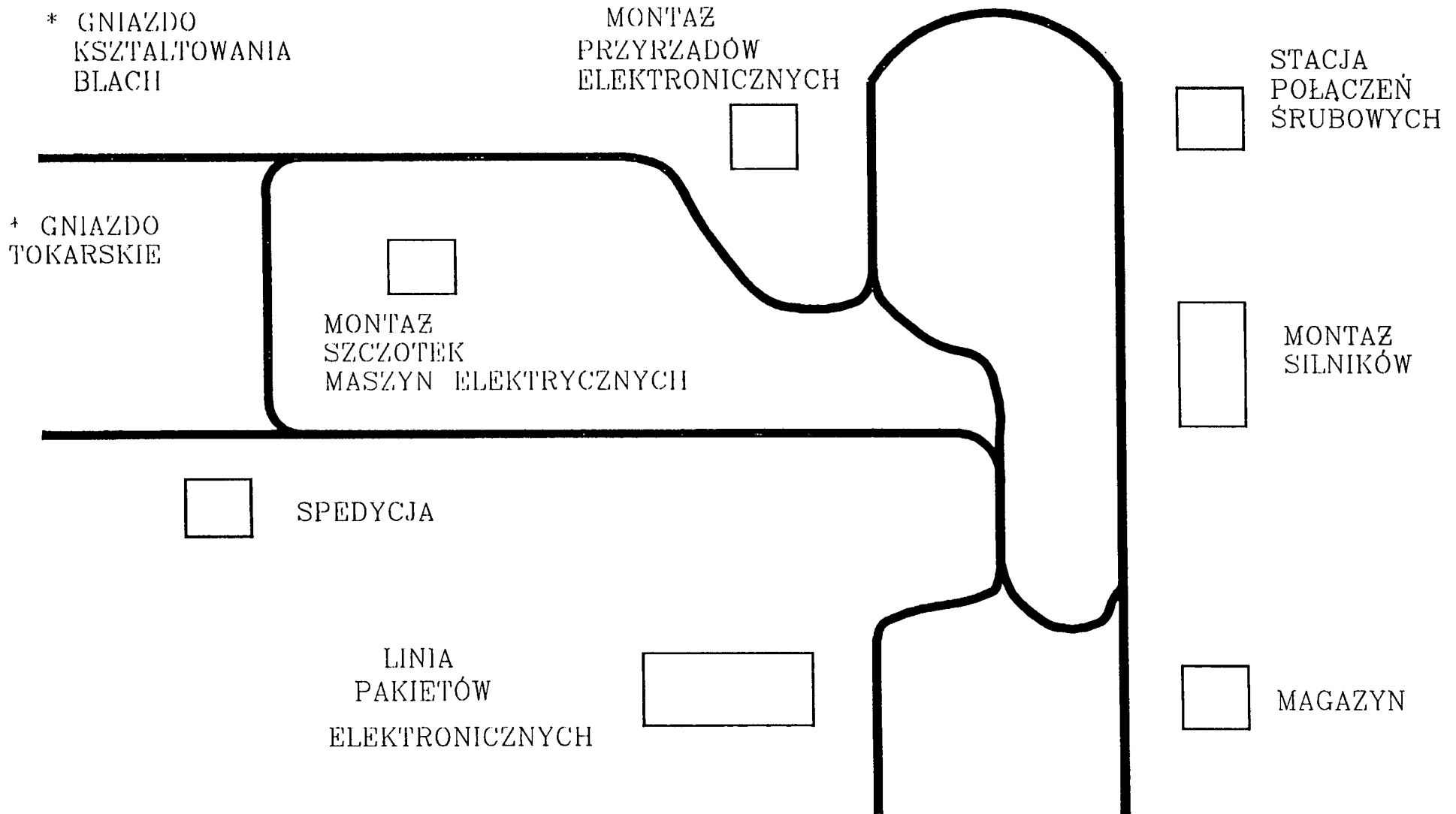




CAD – ROZWÓJ I KONSTRUKCJA      CAP – PLANOWANIE PROD./PRACY I PROGRAMOWANIE URZ. STER. NUMERYCZNE  
 CAM – WYKONANIE, TRANSPORT, MONTAŻ      CAQ – ZAPEWNIENIE JAKOŚCI      PPS – PLANOWANIE I STEROWANIE PRODUKCJA

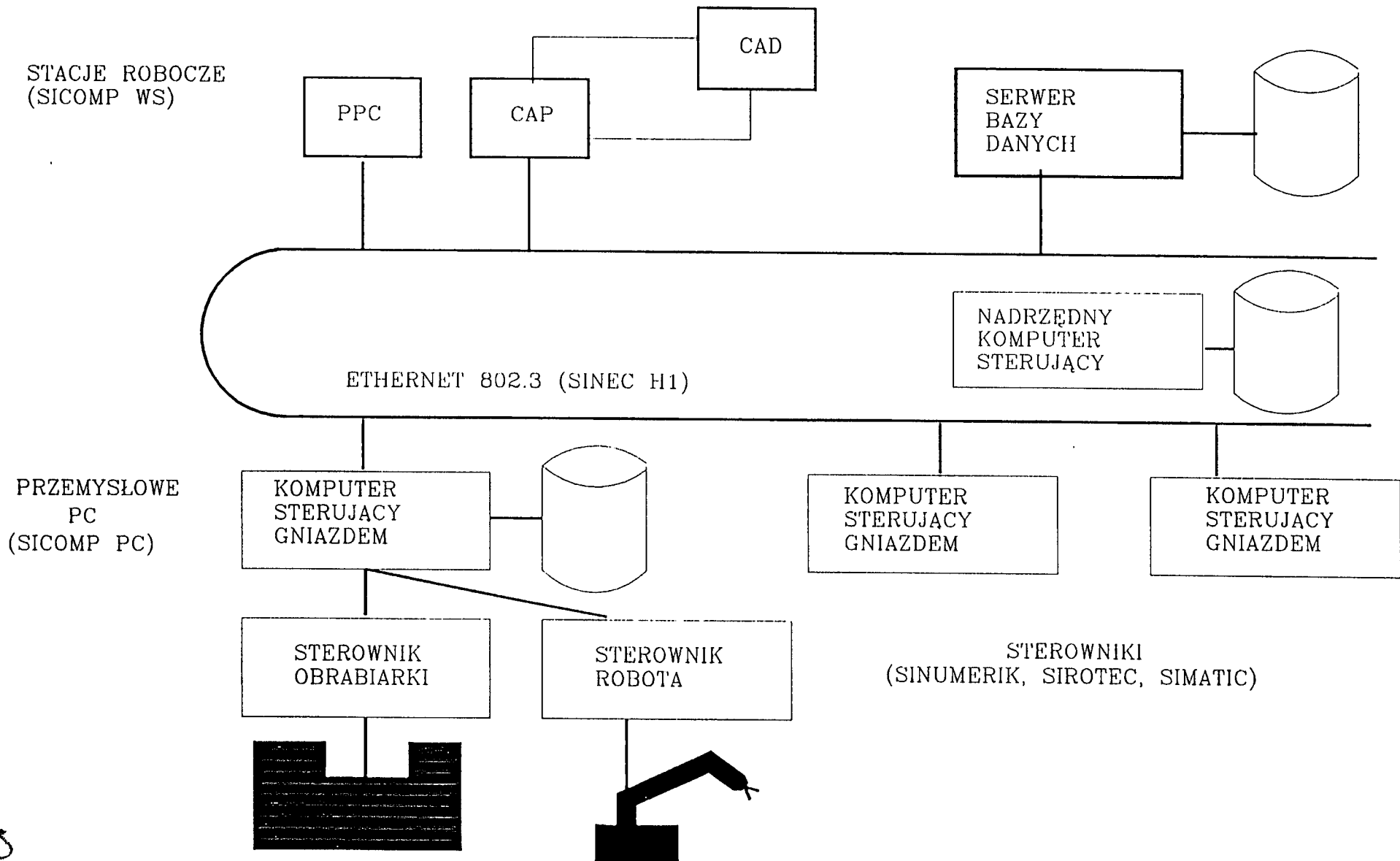
81

Rys 23 CIM W PRZEDSIĘBIORSTWIE WG. PROJEKTU "CIM EINFÜHRUNGEN"



Rys24 MODELOWA FABRYKA CIM. PRZEPŁYW MATERIALÓW.

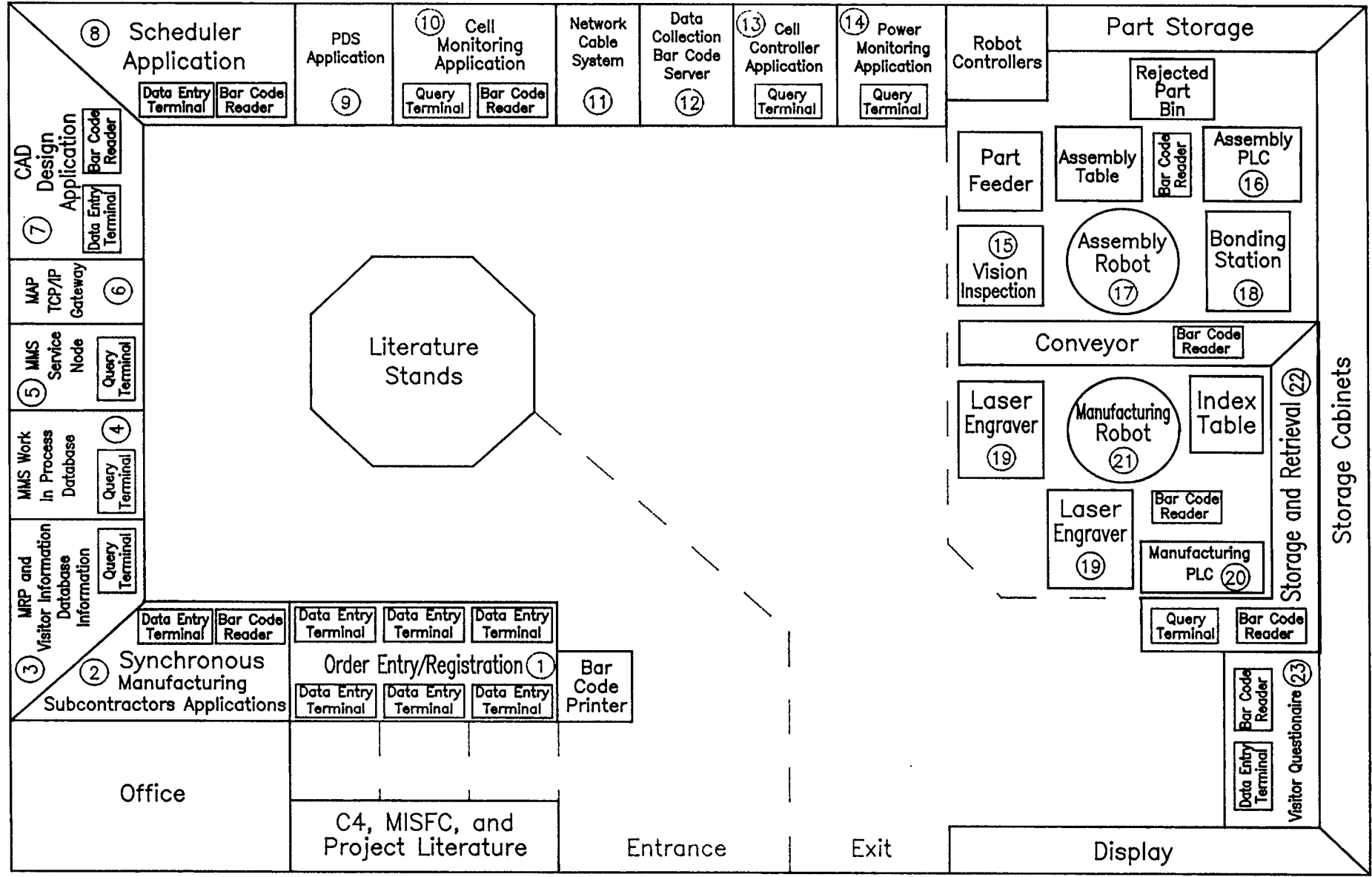
87



Rys 25 MODELWA FABRYKA CIM. PRZEPLYW INFORMACJI.

108

# Common Systems Technology Transfer Center



September 9, 1991

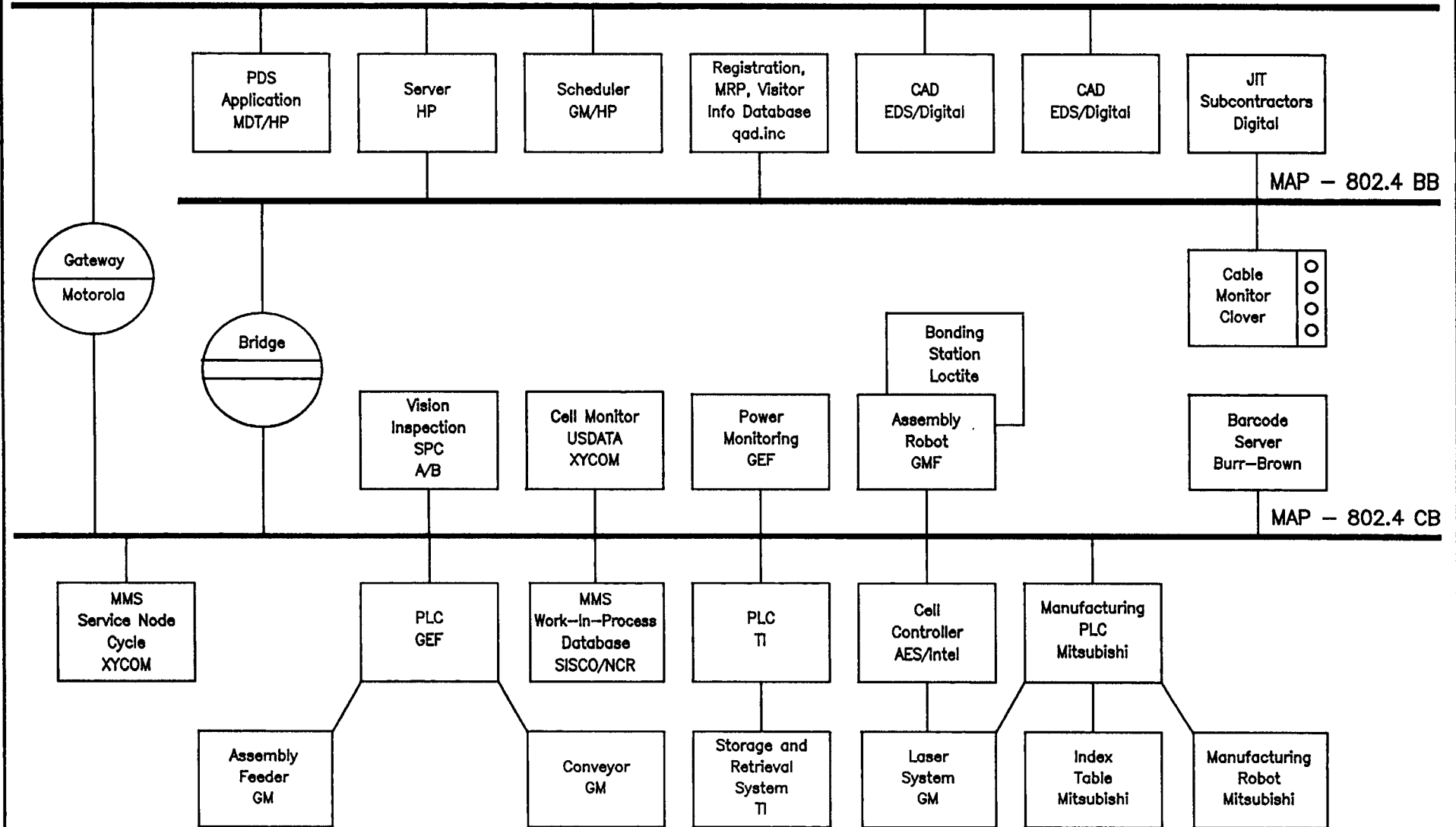
#3

48

RYS, 26

# Common Systems Technology Transfer Center Network Topology

TOP - 802.3/TCP/IP

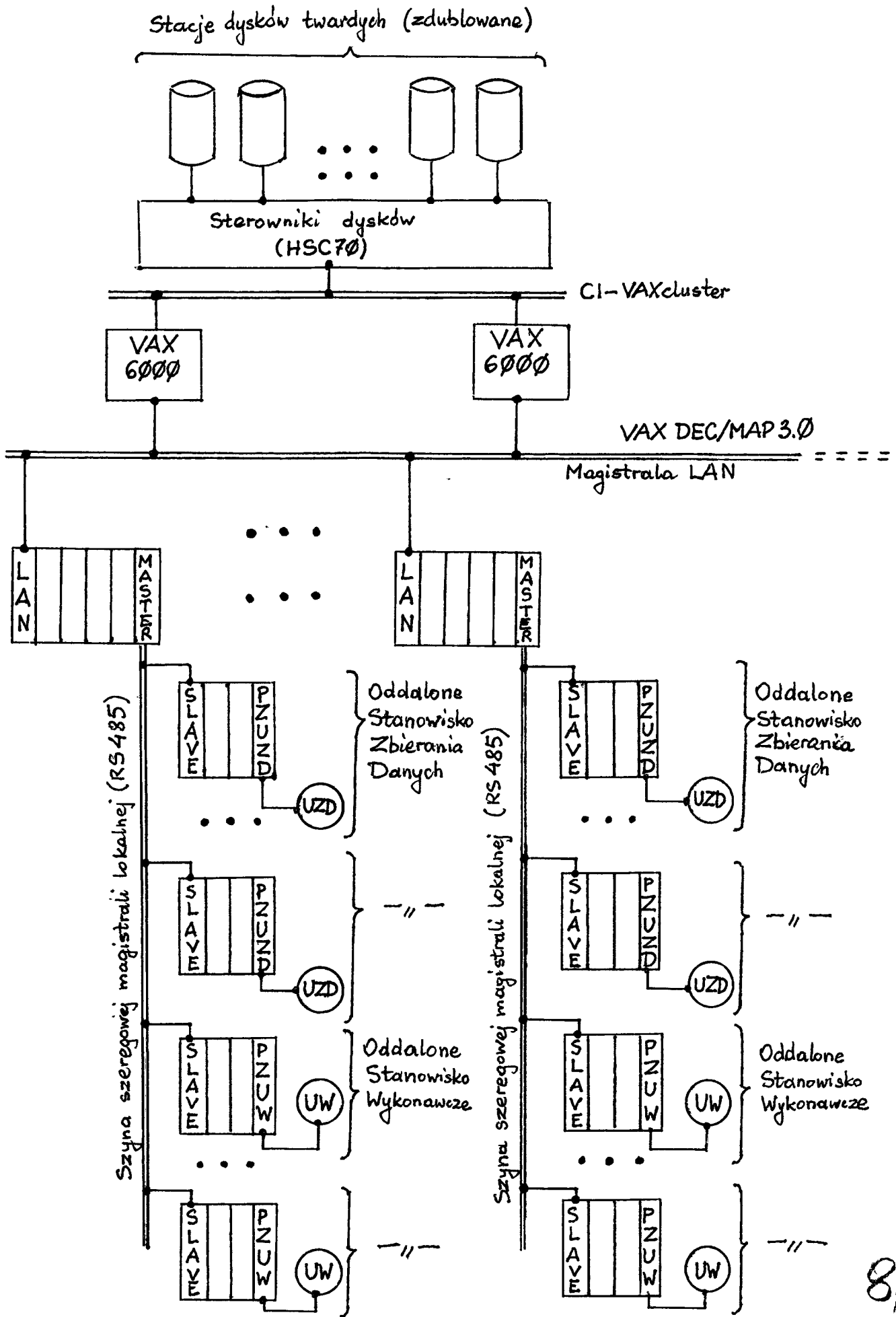


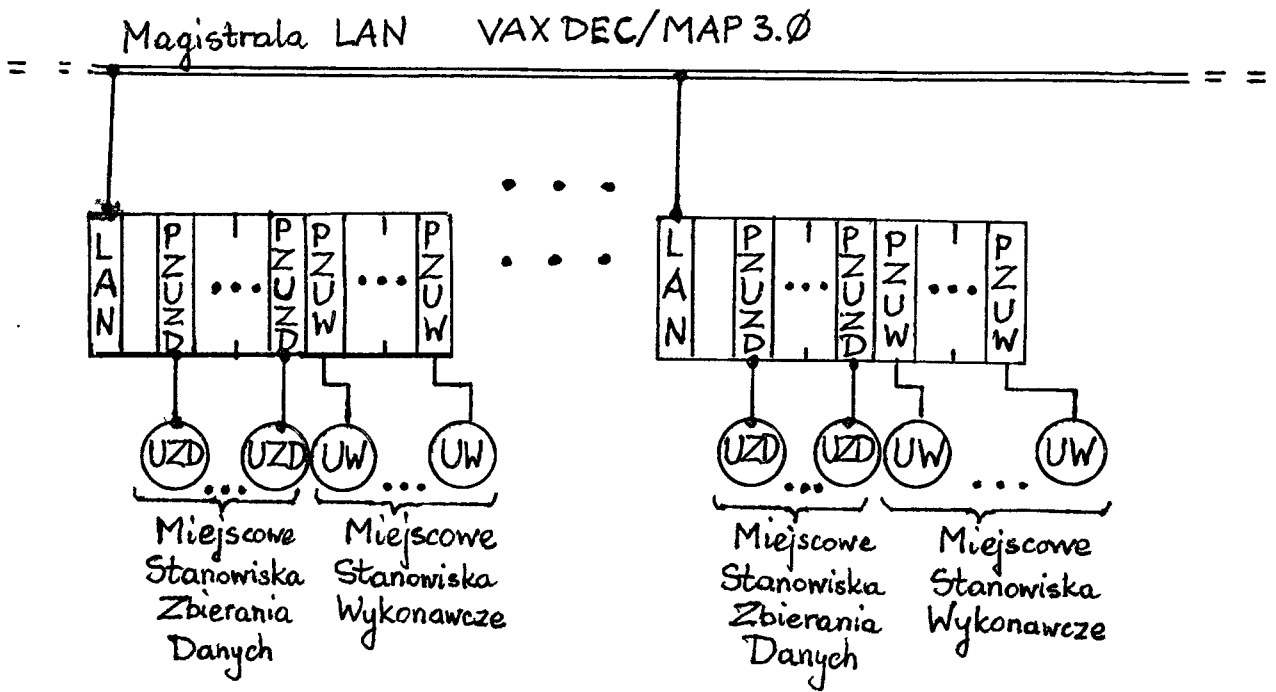
September 20, 1991

#2

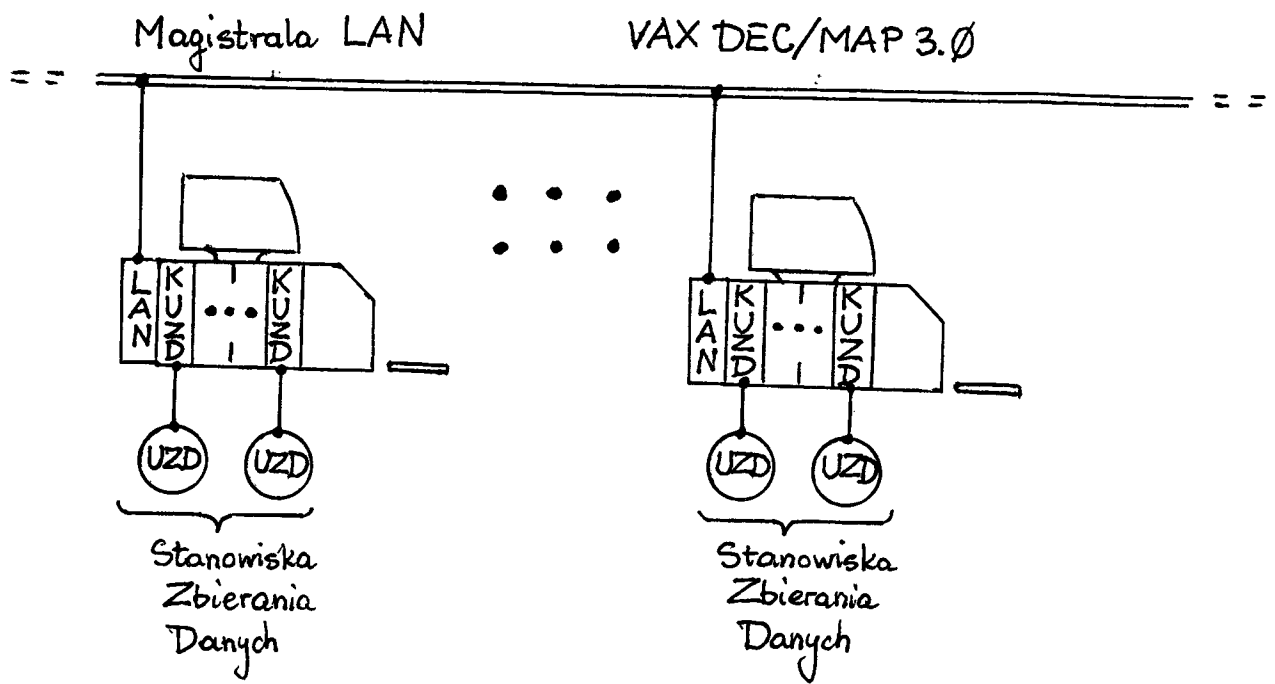
85

RYS, 27.



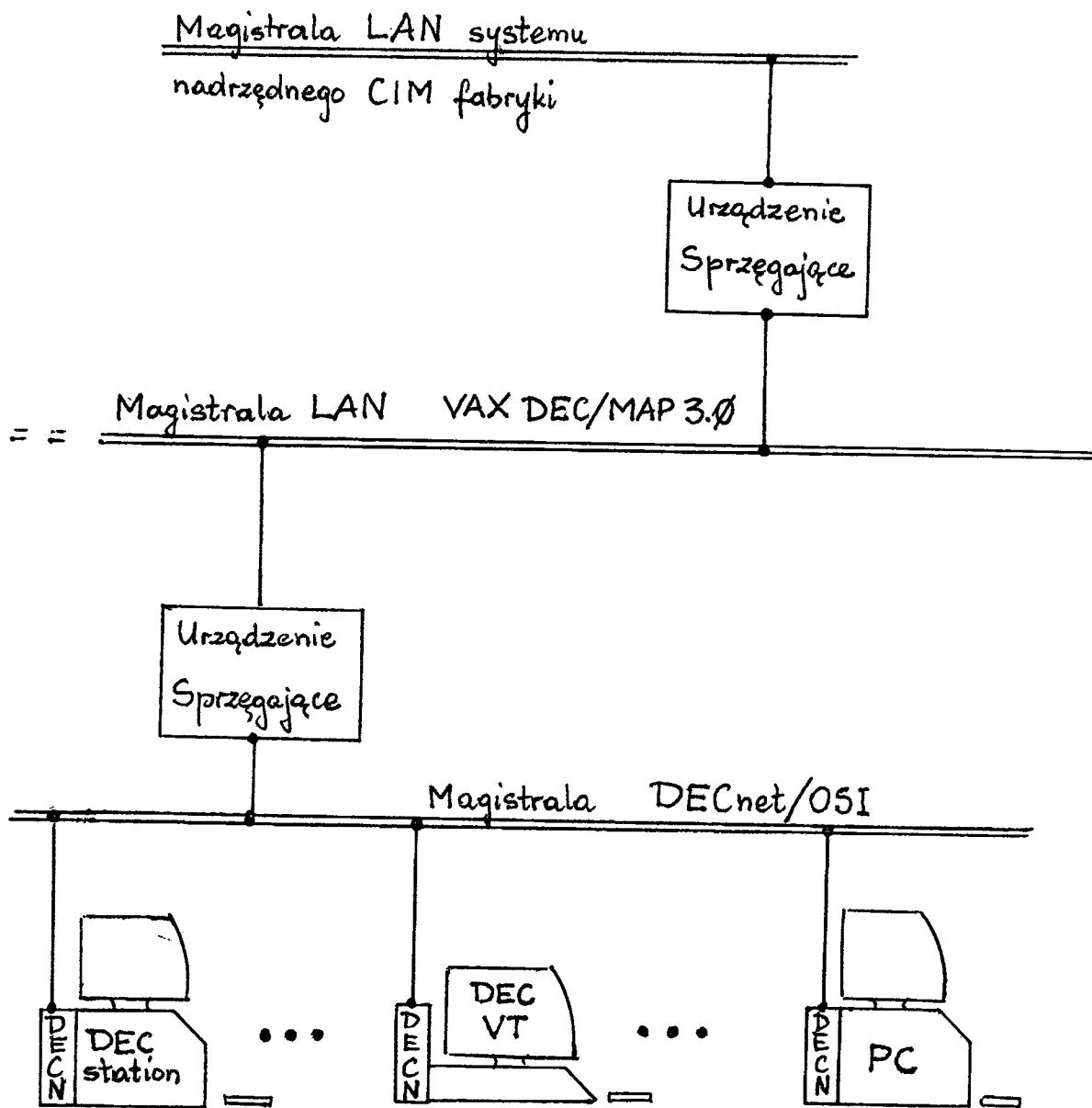


Rys. 286



Rys. 28c





Rys. 28d