

SIECI PRACUJĄCE W SYSTEMACH CIM PRZYKŁADY APLIKACJI

Przedstawiono przykładowe struktury sieci MAP/TOP stosowane przy rozwiązywaniu zagadnienia komputerowo zintegrowanego wytwarzania (CIM). Struktury te uporządkowano według wielopoziomowego modelu automatyzacji przedsiębiorstwa. Przedstawiono struktury typu szkoleniowego, jak również zastosowane w praktyce.

1. ARCHITEKTURY PODSTAWOWE MAP

Dla realizacji zadań komunikacji w przedsiębiorstwie za pomocą systemu MAP/TOP opracowano odpowiednie architektury systemowe opisujące przyjęte warianty wymiany informacji, zgodne z filozofią systemów otwartych.

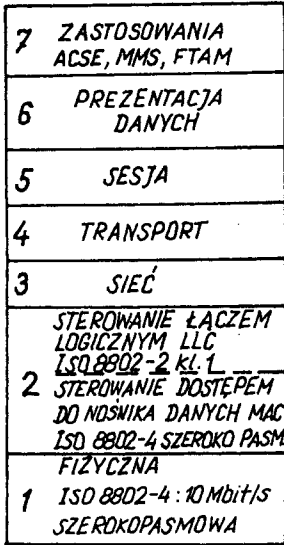
Przy opracowywaniu architektury systemu rozstrzygnięcia wymagają dwie sprawy: wybór medium przesyłowego i sposób uzyskania właściwych zależności czasowych.

Przesyłanie danych w technice szerokopasmowej jest droższe w fazie realizacji, lecz daje możliwość uzyskania kilku kanałów transmisji przy zastosowaniu jednego kabla oraz wykorzystania sieci telewizyjnej przemysłowej. Magistrala o paśmie podstawowym lub z częstotliwością nośną jest tańsza, lecz daje tylko jeden kanał przesyłowy, a ponadto udostępnia transmisję jedynie na krótsze odległości. Ten wybór nie rzutuje w istotny sposób na rodzaj architektury, gdyż 7-warstwowy model wymiany informacji może być realizowany w obu technikach.

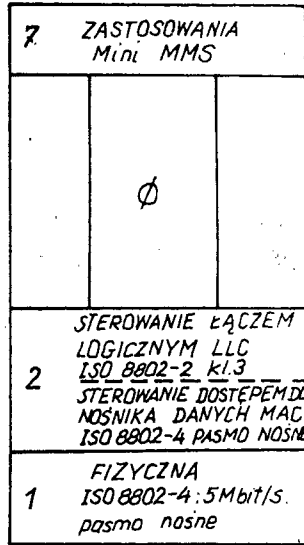
Zasadniczą natomiast, z punktu widzenia architektury, jest sprawa dotrzymania wymaganych czasów obsługi. Procesy, dla których jest to istotne, nazwano "procesami krytycznymi czasowo" (time critical process). Doświadczenia w realizacji systemów sterowania takich procesów, jak również analizy teoretyczne ich obsługi doprowadziły do wniosku, że czas obsługi komunikatu nie powinien przekraczać 20 ms. Wylaniają się tedy dwie kwestie:

- wybór sposobu dostępu do medium przesyłowego pomiędzy dostępem stochastycznym a deterministycznym tj. wybór realizacji warstw 1. i 2.,
- wybór liczby warstw architektury systemu oraz sposobu obsługi komunikatów.

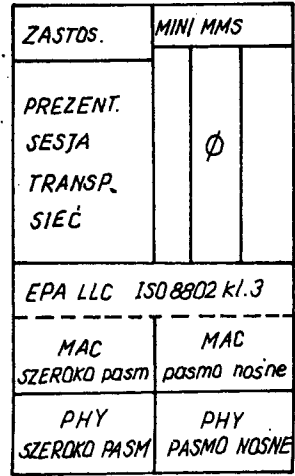
Dostęp stochastyczny do magistrali danych nie gwarantuje uzyskania prawa do nadawania w określonym z góry czasie, lecz jest tańszy i prostszy w realizacji. Jest on stosowany w systemie TOP i systemach firmowych np. Ethernet, Chepernet, a ze



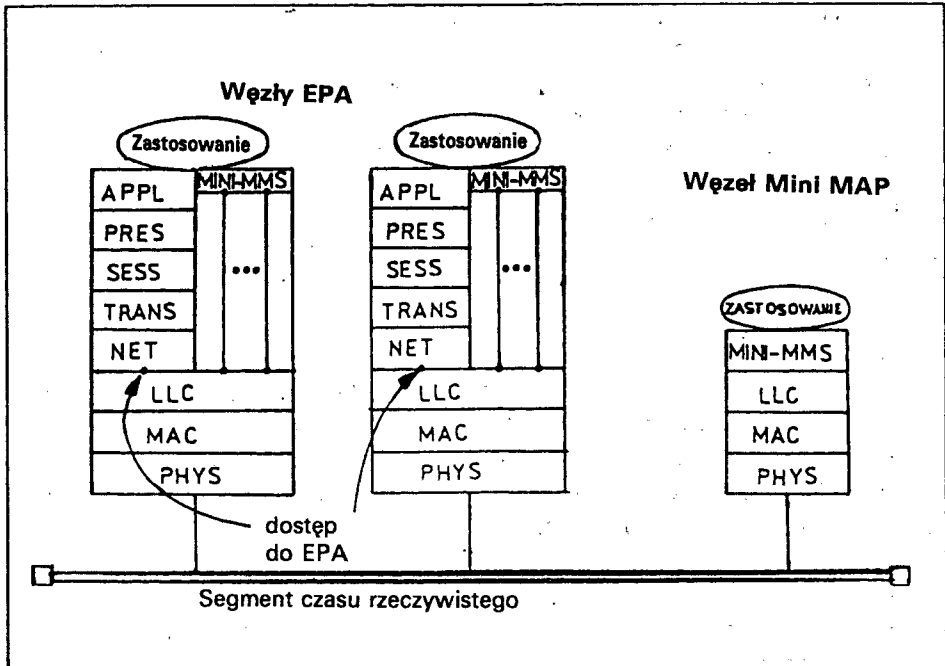
Rys. 1.1. Pełna architektura MAP



Rys. 1.2. Architektura Mini MAP



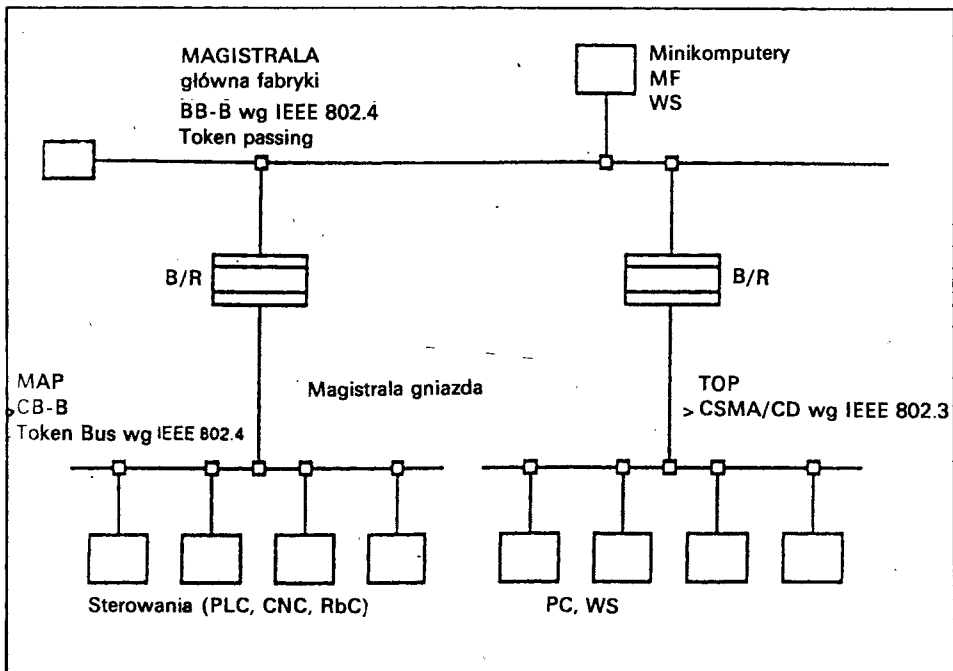
Rys. 1.3. Architektura węzła EPA



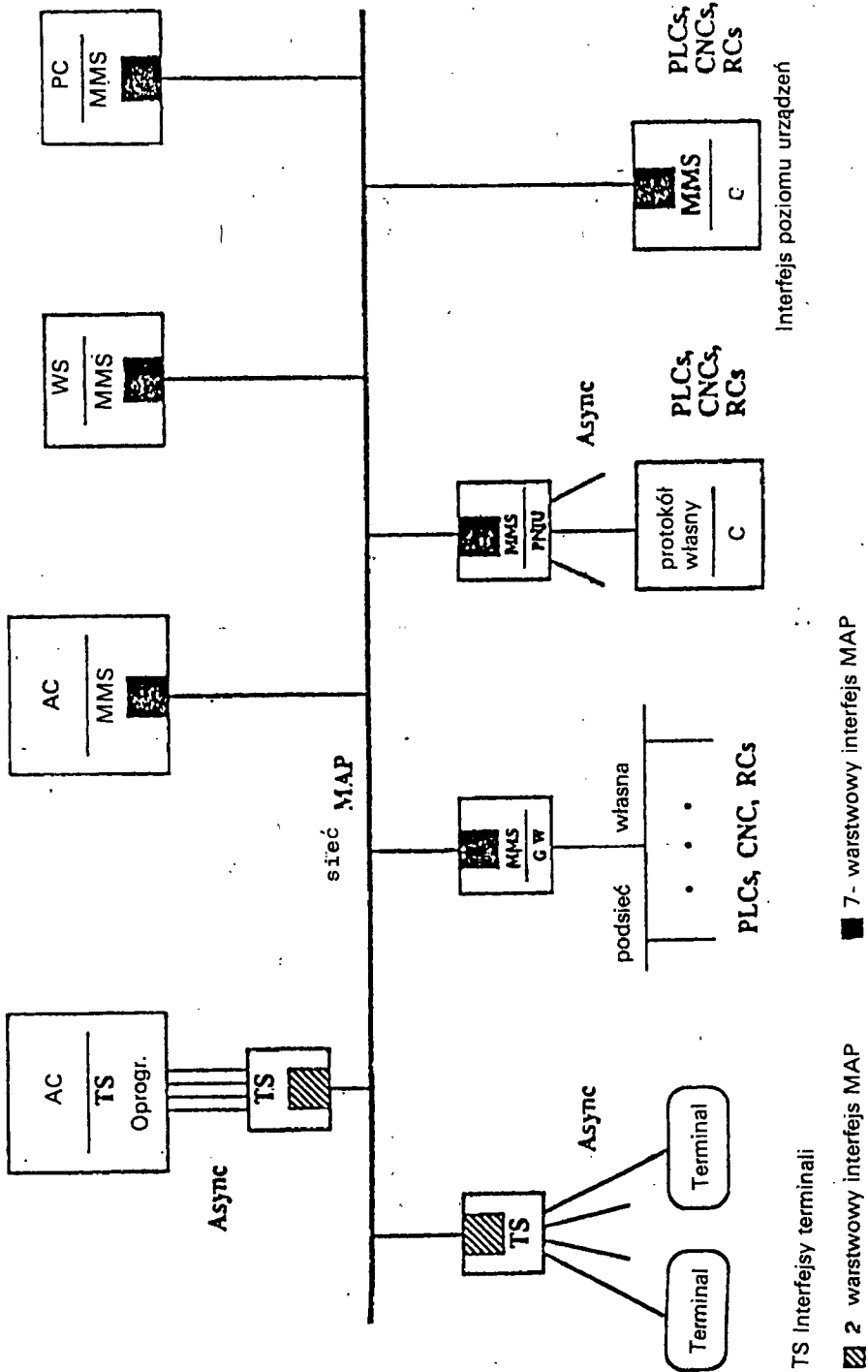
Rys. 1.4. Połączenie stacji EPA i MiniMAP [16]

względu na znaczną ilościowo i asortymentowo produkcję specjalizowanych obwodów scalonych ma bezdyskusyjną przewagę w zakresie sieci jednokanałowych przeznaczonych do obsługi podsystemów projektowania, zarządzania, oceny jakości itp. Przy tej realizacji stosuje się architekturę 7-warstwową (rys. 1.1), a warstwy 1. i 2. są realizowane wg ISO 8802-3.

Deterministyczny dostęp do magistrali danych wprowadzić jest bardziej skomplikowany i droższy w realizacji, lecz pozwala na wyliczenie czasu obsługi komunikatu. Jednakże w przypadku architektury 7-warstwowej (rys. 1.1) i obiegu znacznika (token) przez cały łańcuch logiczny, czas obsługi komunikatu może znacznie przekroczyć dopuszczalną wartość 20 ms, co nie przeszkadza w wykorzystaniu magistrali szerokopasmowej MAP jako magistrali głównej, łączącej różne podsystemy z różnych poziomów zarządzania i sterowania (Backbone). Natomiast dla obsługi systemów krytycznych czasowo konieczne było wprowadzenie uproszczeń i dodatkowych mechanizmów obsługi. Wprowadzono 3-warstwowy model wymiany informacji (Mini MAP), priorytety w obsłudze komunikatów (norma ISO 8802-2 klasa 3) oraz uproszczony wariant oprogramowania warstwy 7. tzn. Mini MMS (rys. 1.2). Mini MAP może obsługiwać jedynie sieci nierozgałęzione. Tak powstałe dwie architektury należało powiązać ze sobą w celu umożliwienia dołączania magistral Mini MAP do magistrali MAP. Odpowiednią architekturę (rys. 1.3) nazwano EPA



Rys. 1.5. Hierarchia magistral wg MAP i TOP [12]

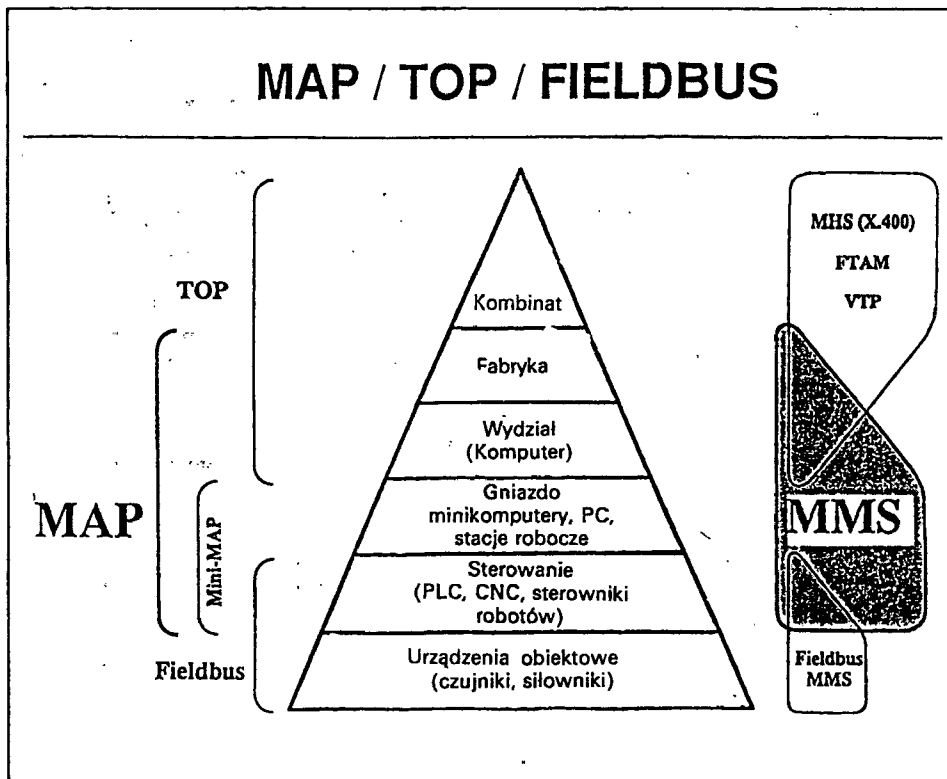


Rys. 1.6. Metody dołączania do sieci MAP [1]

(Enhanced Performance Architecture). Sposób wykorzystania tej architektury podano na rys. 1.4; zaś hierarchię magistral MAP/TOP — na rys. 1.5, z kolei na rys. 1.6 zobrazowano różne metody dołączania urządzeń do sieci MAP. Relacje obsługi poszczególnych poziomów automatyzacji przez różne systemy wymiany informacji podano na rys. 1.7.

2. STRUKTURY POZIOMU PROCESU

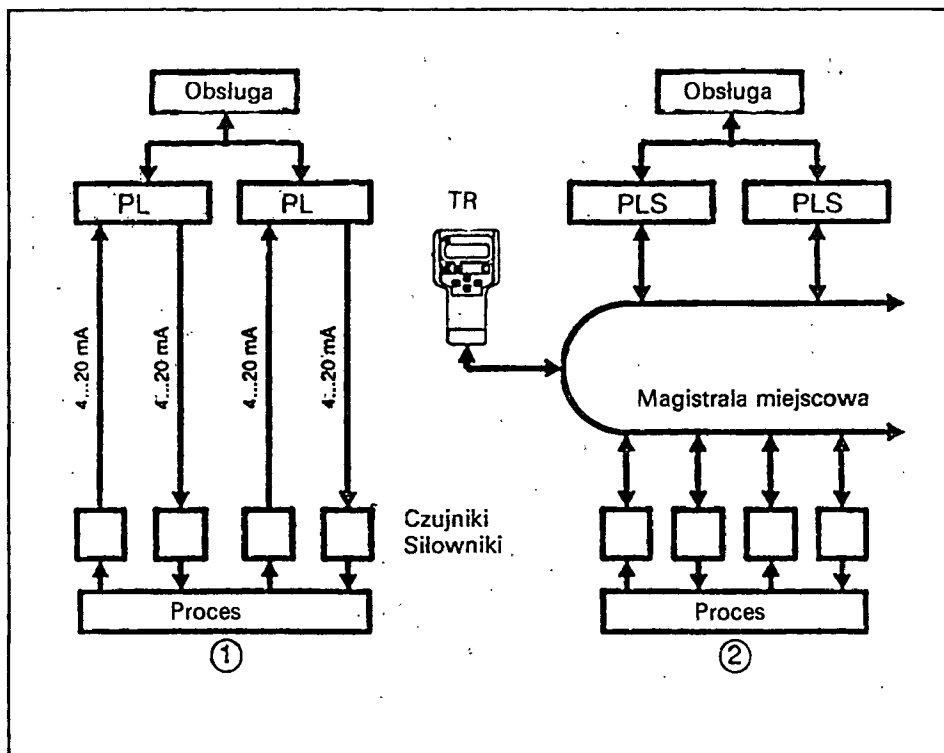
Poziom procesu jest obsługiwany głównie przez sieć z magistralą miejscową (FIELDBUS) — patrz rys. 1.7. Magistrala miejscowa i zbudowana na jej bazie podsieć są uzupełnieniem sieci MAP/TOP na poziomie obiektu, gdzie występują czujniki, silowniki i proste sterowniki o niewielkiej liczbie wejść/wyjść. Dotychczas były one łączone przewodami ze sterownikami lub regulatorami metodą punkt-punkt, co wprowadzało znaczną liczbę kabli i duże skomplikowanie takiej sieci (rys. 2.1a). Zgodnie z ogólną filozofią zdecentralizowanych systemów automatyki połączenie



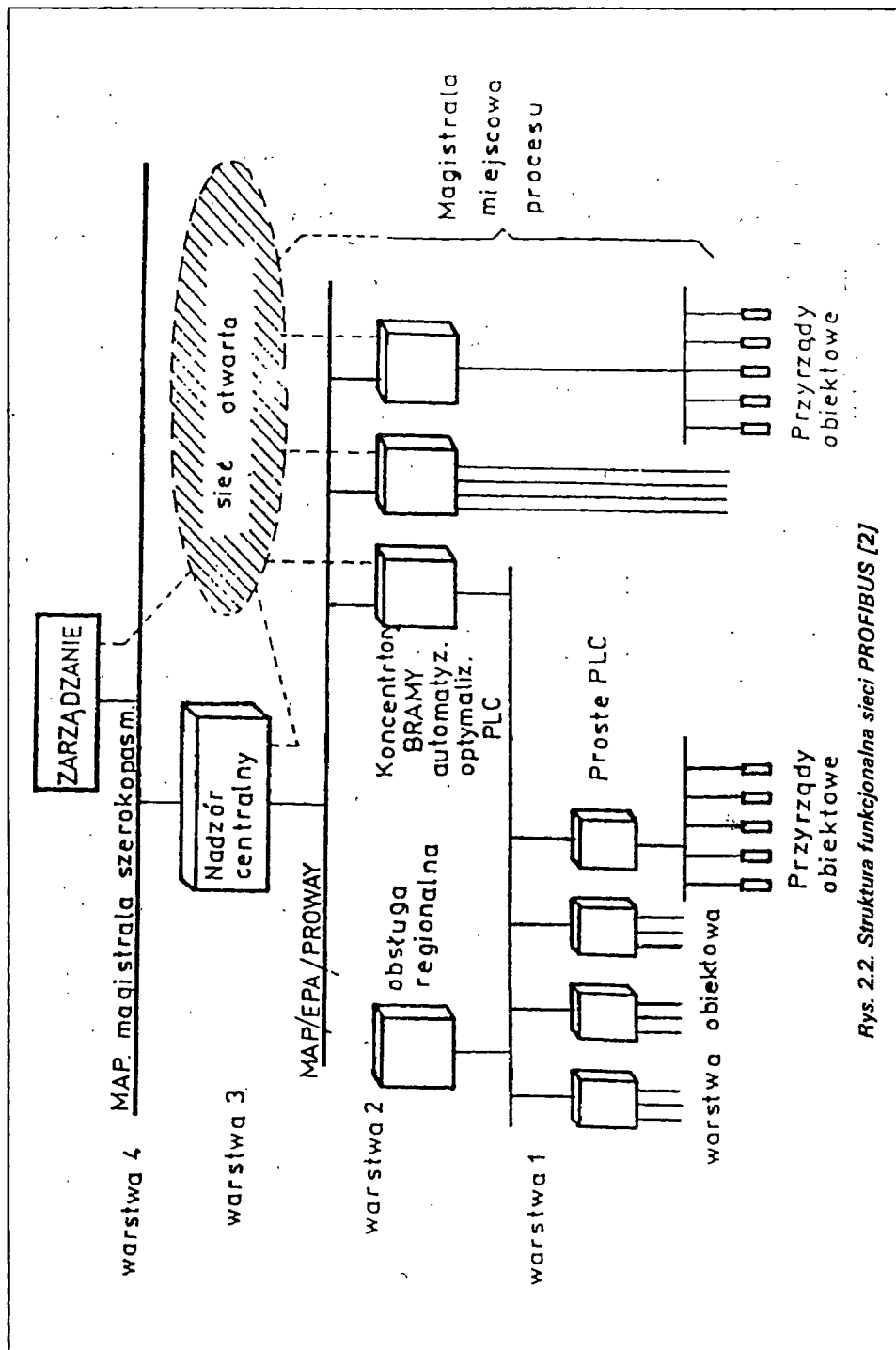
Rys. 1.7. Relacje obsługi MAP/TOP/FIELDBUS [3].

tych urządzeń powinno być zrealizowane za pomocą szeregowej magistrali danych (rys. 2.1b). Zastosowanie magistrali Mini MAP jest jednak zbyt drogie, ze względu na skomplikowany protokół obsługi, dlatego też opracowano tzw. magistralę miejscową (FIELDBUS). Prace międzynarodowe są jeszcze niezbyt zaawansowane, w związku z tym należy wskazać na opracowania krajowe: niemieckie i francuskie, jako najbardziej rozwinięte.

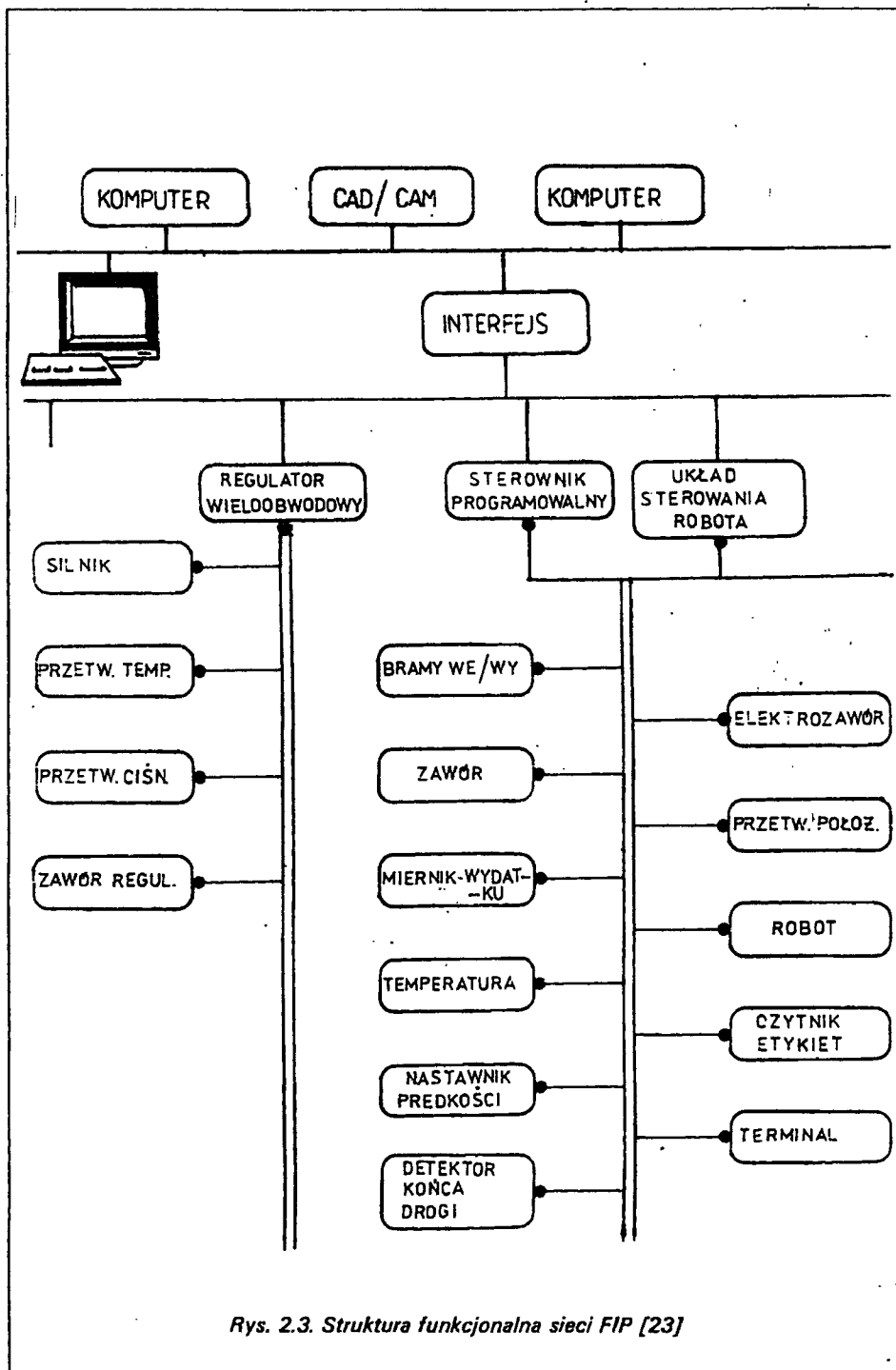
W Niemczech opracowano magistralę PROFIBUS, opisaną w normie DIN 19245 cz. 1, 2, 3. Jej strukturę funkcjonalną przedstawiono na rys. 2.2. Z punktu widzenia architektury ISO/OSI PROFIBUS odpowiada Mini MAP tj. ma architekturę 3-warstwową. Obejmuje warstwę "0" (urządzenie obiektowe), warstwę "1" (medium przesyłowe) oraz warstwę "2", a ponadto warstwę "7" (użytkownika). Protokół dostępu do medium przesyłowego ma strukturę hybrydową umożliwiającą pracę według procedury MASTER-SLAVE lub też TOKEN Passing. Procedura MASTER-SLAVE jest wykorzystywana do obsługi prostych urządzeń obiektowych przez duże sterowniki programowalne, regulatory wielokanałowe lub stacje komputerowe, zwane węzłami czynnymi. Procedura TOKEN Passing jest wykorzystywana do komunikacji pomiędzy węzłami czynnymi i przenosi sieć PROFIBUS na poziom gniazda produkcyjnego. PROFIBUS stosuje dwa media przesyłowe:



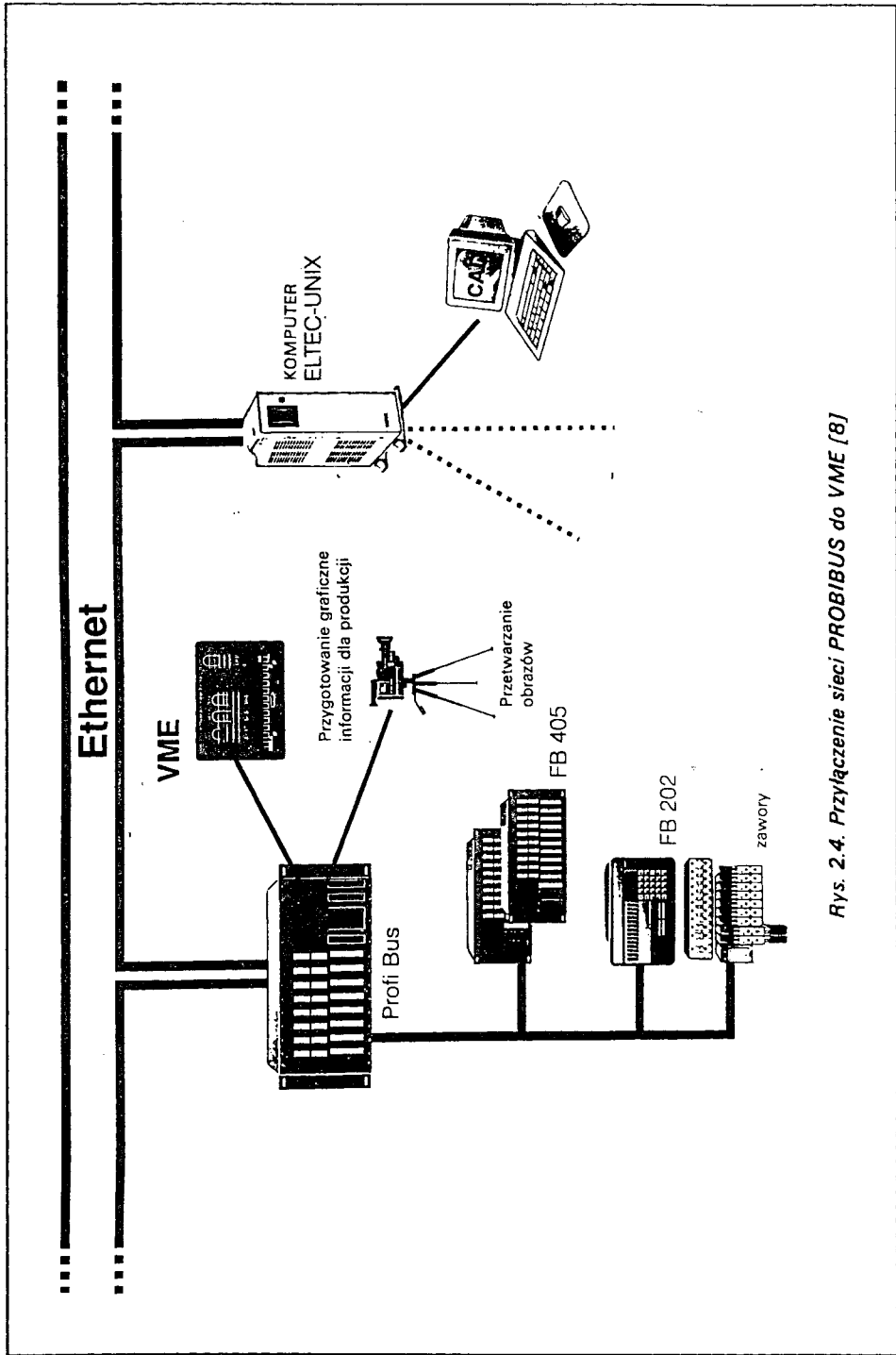
Rys. 2.1. Koncepcja magistrali miejscowej [5]



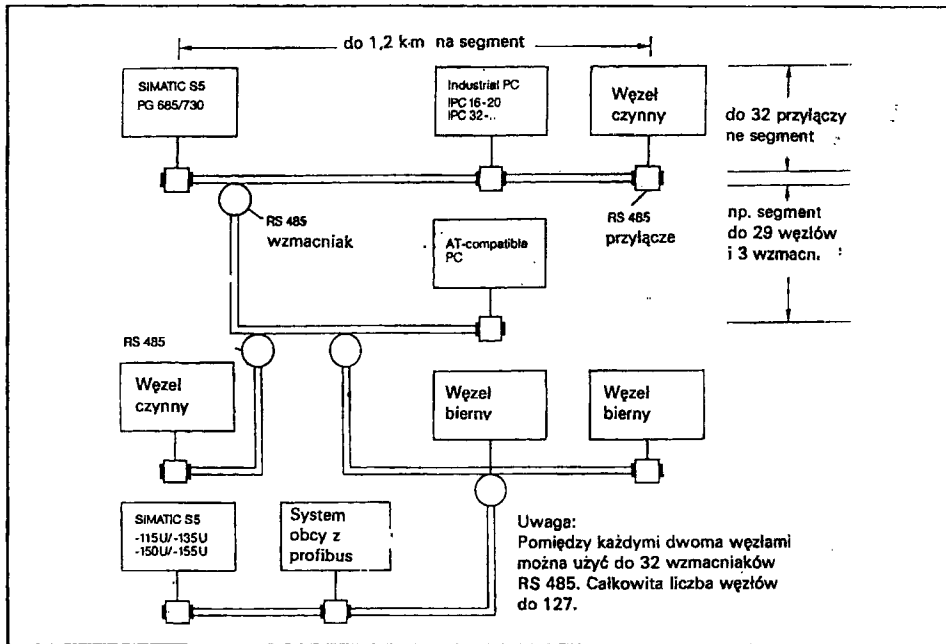
Rys. 2.2. Struktura funkcjonalna sieci PROFIBUS [2]



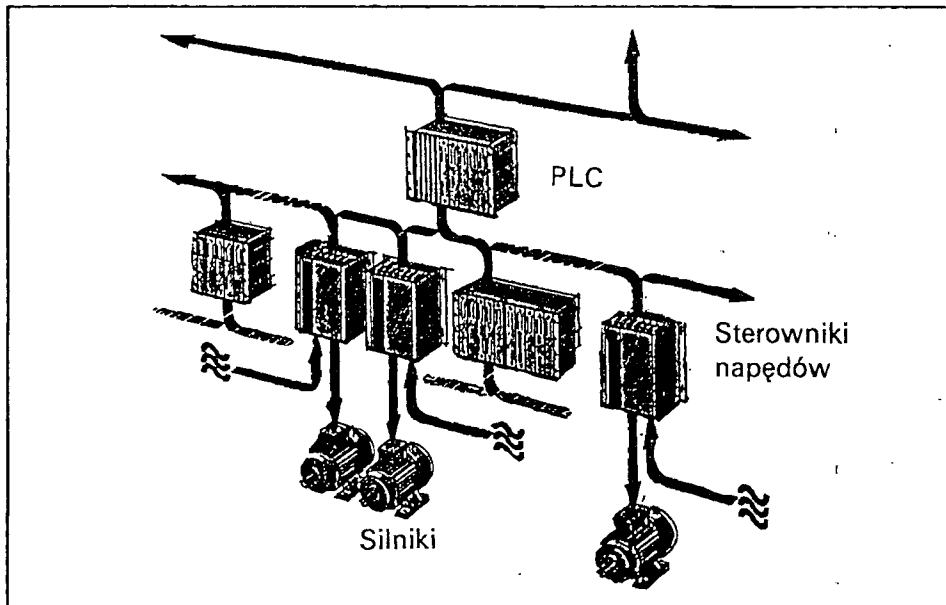
Rys. 2.3. Struktura funkcjonalna sieci FIP [23]



Rys. 2.4. Przyłączenie sieci PROIBUS do VME [8]



Rys. 2.5. Sieć SINEC L2 z urządzeniami interfejsowymi RS 485 [27]



Rys. 2.6. Zastosowanie magistrali PROFIBUS w sterowaniu napędów [28]

- parę przewodów skręcanych dla komunikacji typu MASTER-SLAVE, przy wykorzystaniu interfejsu RS 485,
- kabel koncentryczny dla komunikacji typu TOKEN Passing, przy wykorzystaniu modemów FSK (Frequency Shift Keying).

Przebiegi binarne są 9,6; 19,2; 93,75; 187,5 i 500 kbitów/s.

We Francji opracowano magistralę FIP (Factory Instrumentation Protocol) opisaną w zbiorze norm UTE 46-6xx. Z punktu widzenia architektury FIP, podobnie jak PROFIBUS, ma architekturę 3-warstwową, tj. odpowiadającą Mini MAP i obejmuje warstwę "0" (urządzenia obiektowe), oraz warstwy "1", "2" i "7" według modelu OSI. Strukturę funkcjonalną FIP podano na rys. 2.3. Z punktu widzenia dostępu do magistrali stacji FIP dzielą się na pierwotne i wtórne źródła i ujścia informacji. Stacja pierwotna inicjuje komunikację, stacja wtórna ją akceptuje (transmisja typu MASTER-SLAVE) — źródło nadaje informacje, ujście ją odbiera. Ponieważ jest to komunikacja sieciowa, więc informacja nadana przez źródło może dochodzić do kilku ujść np. z czujnika do regulatora, rejestratora, stacji operatorskich i bloku wykrywania błędów w przebiegu procesu. FIP stosuje jako media przesyłowe parę skręcaną lub światłowod, a informacje są kodowane według kodu Manchester II (kod dwufazowy), przy przepływności binarnej 1 Mbit/s (podstawowa); na zamówienie wykonuje się także sieć 31,5 kbit/s lub 2,5 Mbit/s.

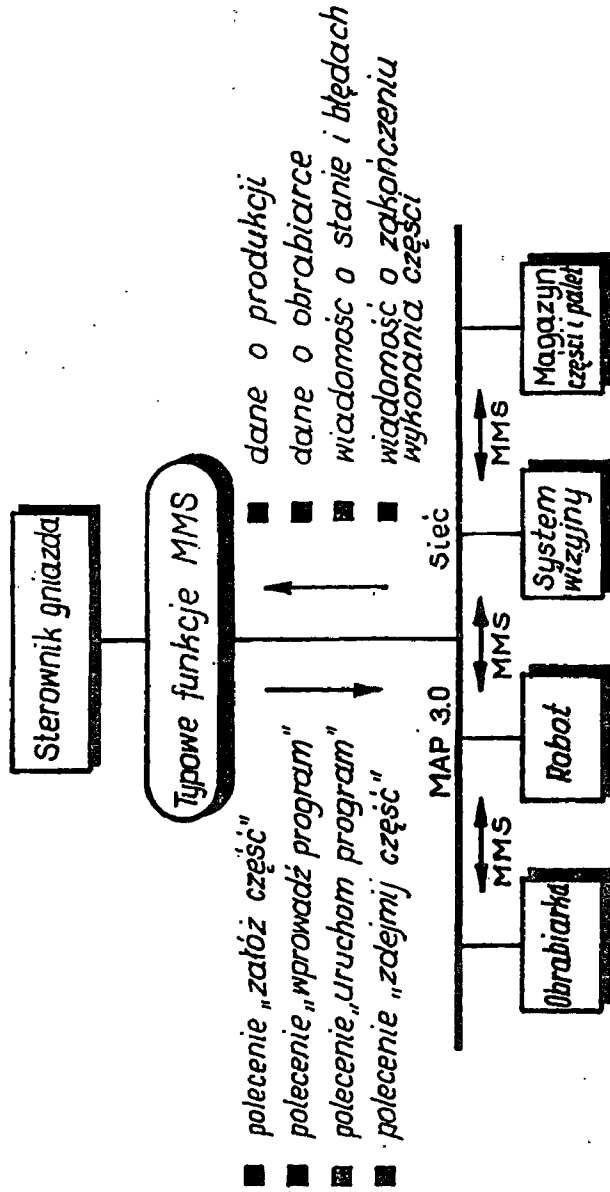
Na rys. 2.4 przedstawiono strukturę przyłączenia sieci PROFIBUS do magistrali VME za pomocą sprzętu firmy FESTO/ELTEC. Rys. 2.5 przedstawia realizację sieci PROFIBUS firmy SIEMENS, tj. strukturę z magistralą SINEC L2. Rys. 2.6 pokazuje wykorzystanie magistrali PROFIBUS w napędach zautomatyzowanych; jako sterowniki napędów mogą być zastosowane:

- prostowniki sterowane do napędów prądu stałego;
- falowniki do napędów prądu zmiennego trójfazowych,
- przetwornice wektorowe do napędów prądu zmiennego ze sprzężeniem zwrotnym,
- specjalne przetwornice serwonapędowe np. do sterowania silników prądu stałego ze wzbudzeniem magnesami trwałymi.

3. STRUKTURY STEROWANIA GNIAZD

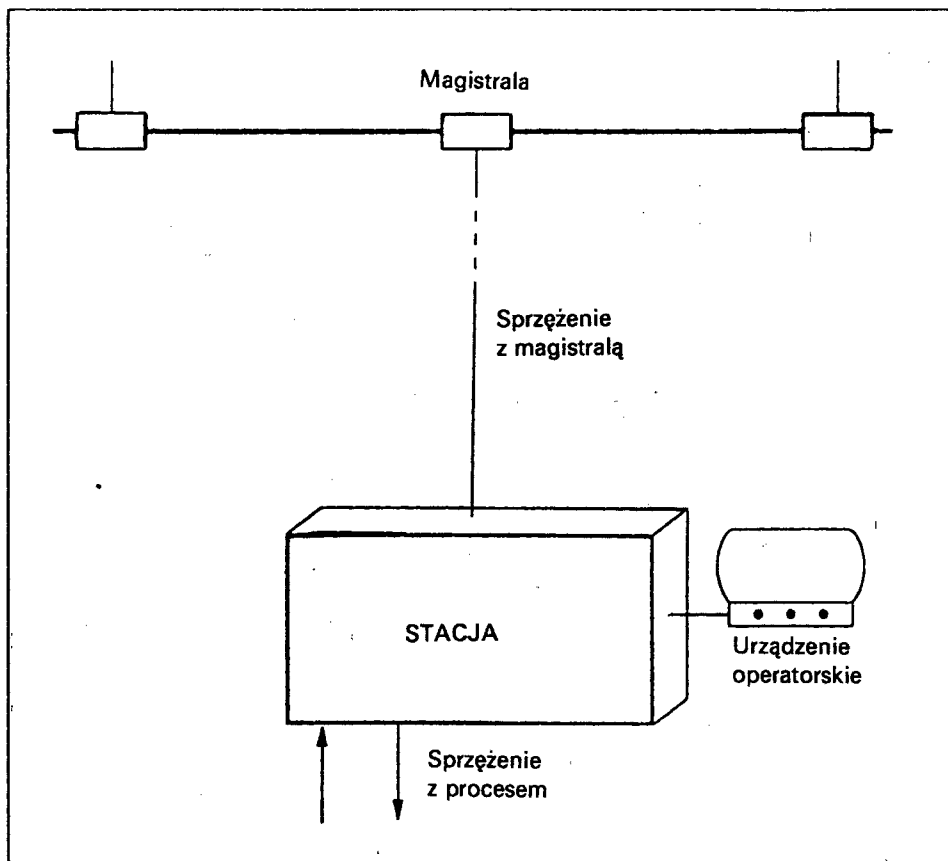
Poziom gniazd produkcyjnych jest na ogół związany z procesami realizowanymi w czasie rzeczywistym i nierzadko z procesami krytycznymi czasowo, dlatego też na tym poziomie zaleca się stosowanie sieci o dostępie deterministycznym, zapewniającym obsługę komunikatów w czasie do 20 ms. Możliwe są jednak i inne rozwiązania, zwłaszcza gdy problemy czasowe nie są krytyczne.

GNIAZDO ROBOCZE WYKORZYSTUJĄCE MAP



Komunikacja poprzez sieć zamiast przewodowego połączenia punkt-punkt.

Rys. 3.1. Struktura gniazda produkcyjnego z komunikacją MAP [3]



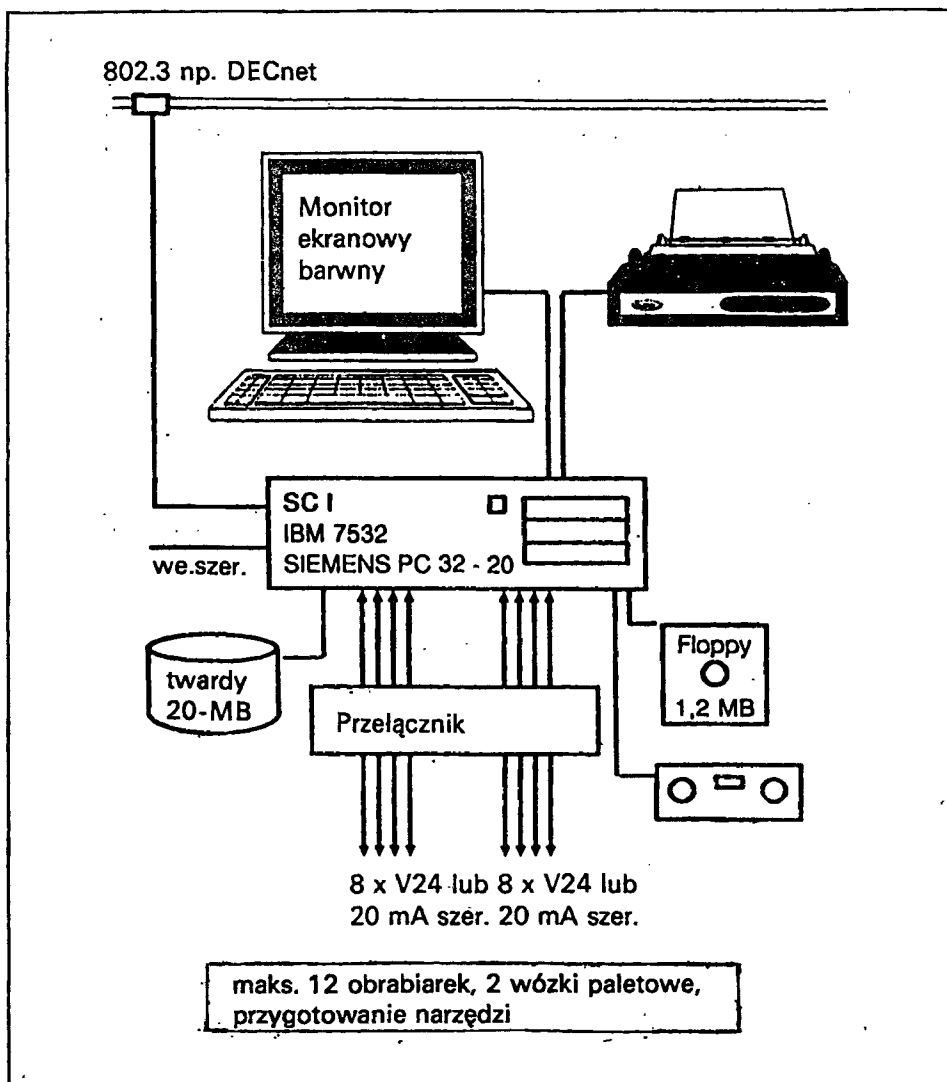
Rys. 3.2. Elementy sieciowe systemu kierowania wytwarzaniem [24]

Na rys. 3.1 przedstawiono strukturę sterowania gniazda zalecaną w publikacjach EMUG. Magistralą gniazda jest magistrala MAP 3.0., tj. w zależności od potrzeb magistrala szerokopasmowa lub magistrala z częstotliwością nośną (Mini MAP).

Na rys. 3.2 pokazano połączenia głównych elementów sieciowych kierowania procesem; uwidoczniona "stacja" jest, na rozważanym poziomie sterowania, sterownikiem gniazda.

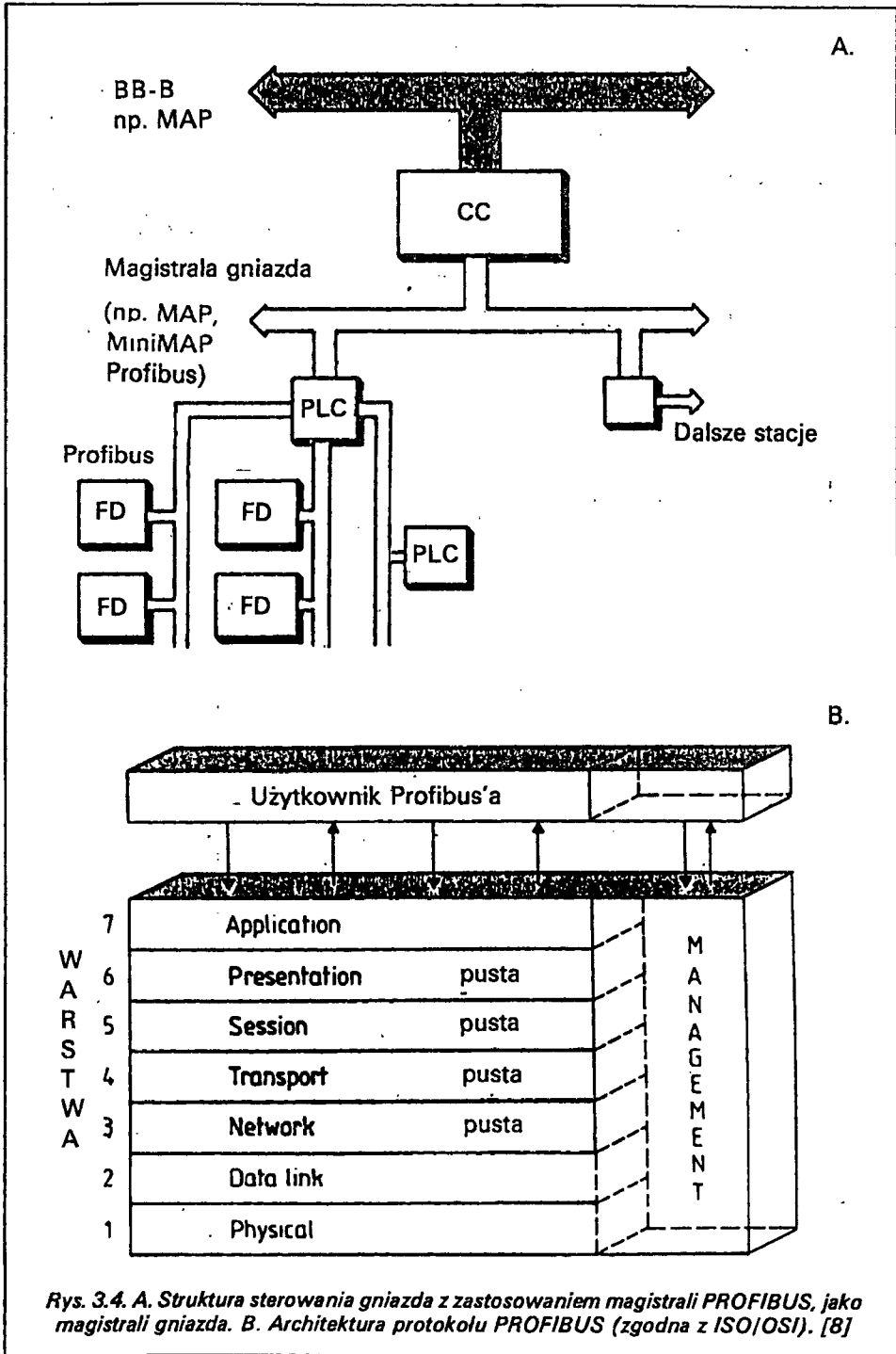
Na rys. 3.3 uwidoczniono strukturę sterownika gniazda stosowanego w berlińskim przedsiębiorstwie Werner i Kolb produkującym seryjnie elastyczne gniazda obróbcze.

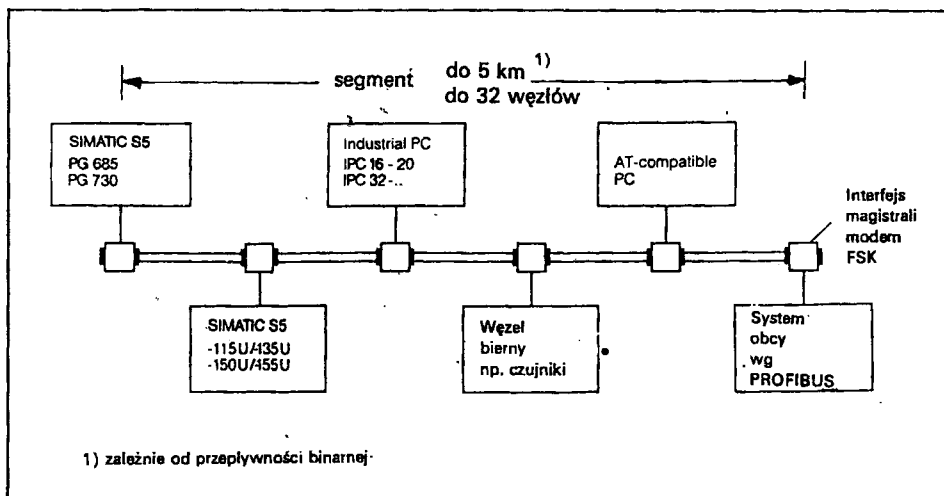
Na rys. 3.4 przedstawiono strukturę sterowania gniazda, w której przewidziano możliwość zastosowania sieci MAP, Mini MAP lub PROFIBUS (dla uzupełnienia pokazano architekturę protokołu PROFIBUS). Z kolei na rys. 3.5 pokazano strukturę realizacji sterowania gniazda z zastosowaniem magistrali SINECL2 Siemens, będącą ich wykonaniem magistrali PROFIBUS.



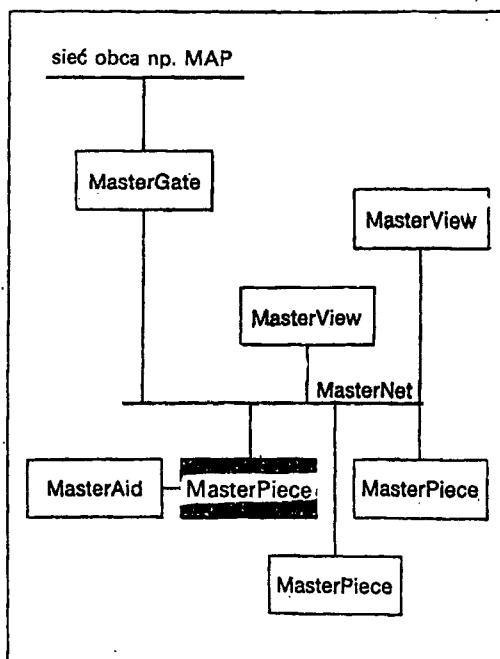
Rys. 3.3. Konfiguracja sprzętowa sterownika gniazda [9]

Rysunki 3.6 do 3.9 pokazują struktury rozwiązań firmy ABB dysponującej własną magistralą MasterBus, niezgodną z MAP. ABB od samego początku uczestniczy w realizacji programu MAP/TOP, stąd jej zainteresowanie dołączaniem własnych urządzeń do tej sieci. I tak rys. 3.6 przedstawia strukturę dołączania sterowników ABB typu Master Piece i urządzeń operatorskich MasterView i MasterAid, pracujących w sieci MasterNet (z magistralą MasterBus) do sieci MAP przez bramę (Gate way) MasterGate.

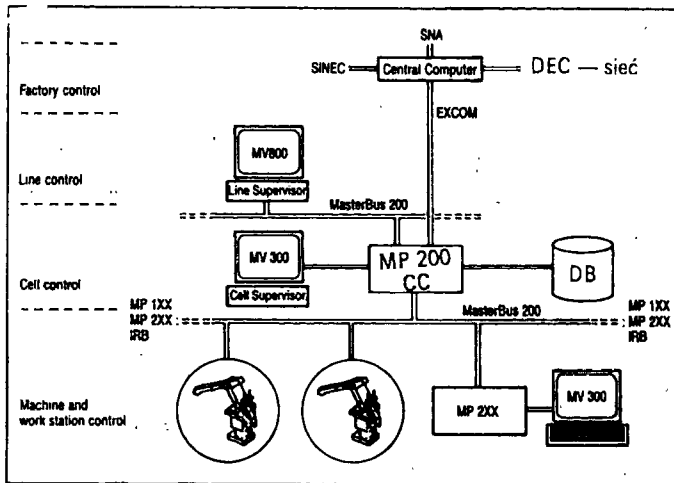




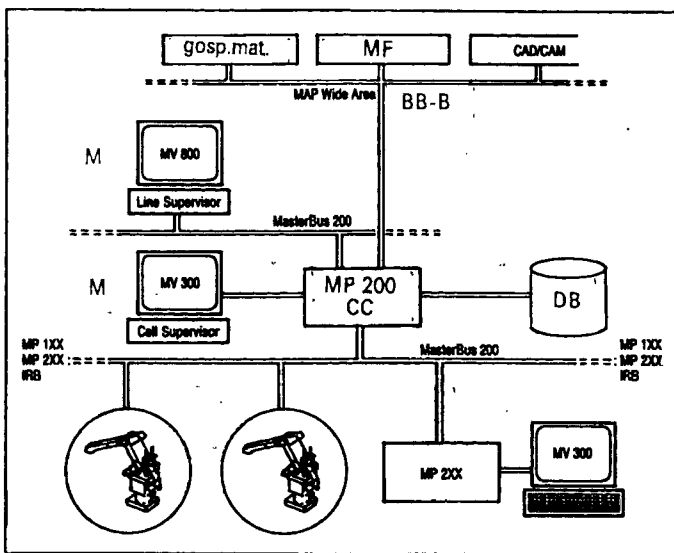
Rys. 3.5. Struktura sterowania gniazda z zastosowaniem magistrali SINEC L2 w wariacie *TOKEN Passing*. [27]



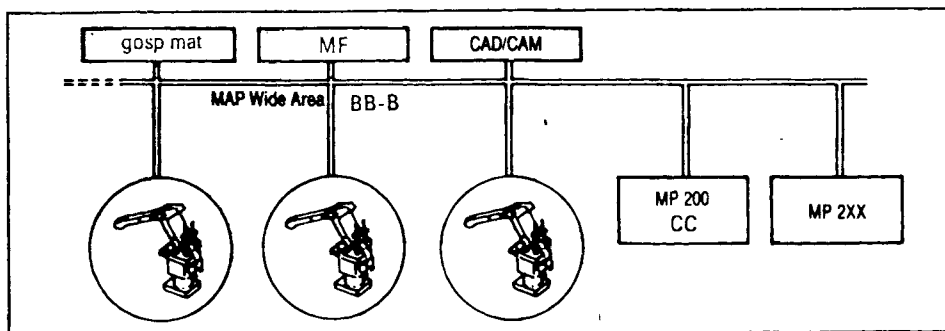
Rys. 3.6. Struktura dołączania do MAP sterowników ABB. [18]



Rys. 3.7. Struktura gniazda zrobotyzowanego wg ABB. [19]



Rys. 3.8. Struktura gniazda zrobotyzowanego z magistralą MAP wg ABB. [19]

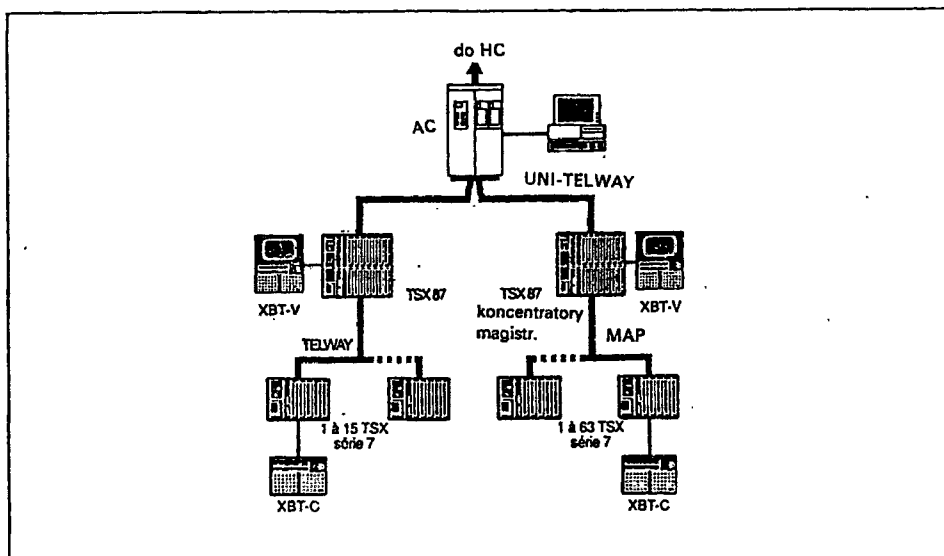


Rys. 3.9. Struktura gniazda zrobotyzowanego z magistralą MAP, bez sieci firmowej wg ABB. [19]

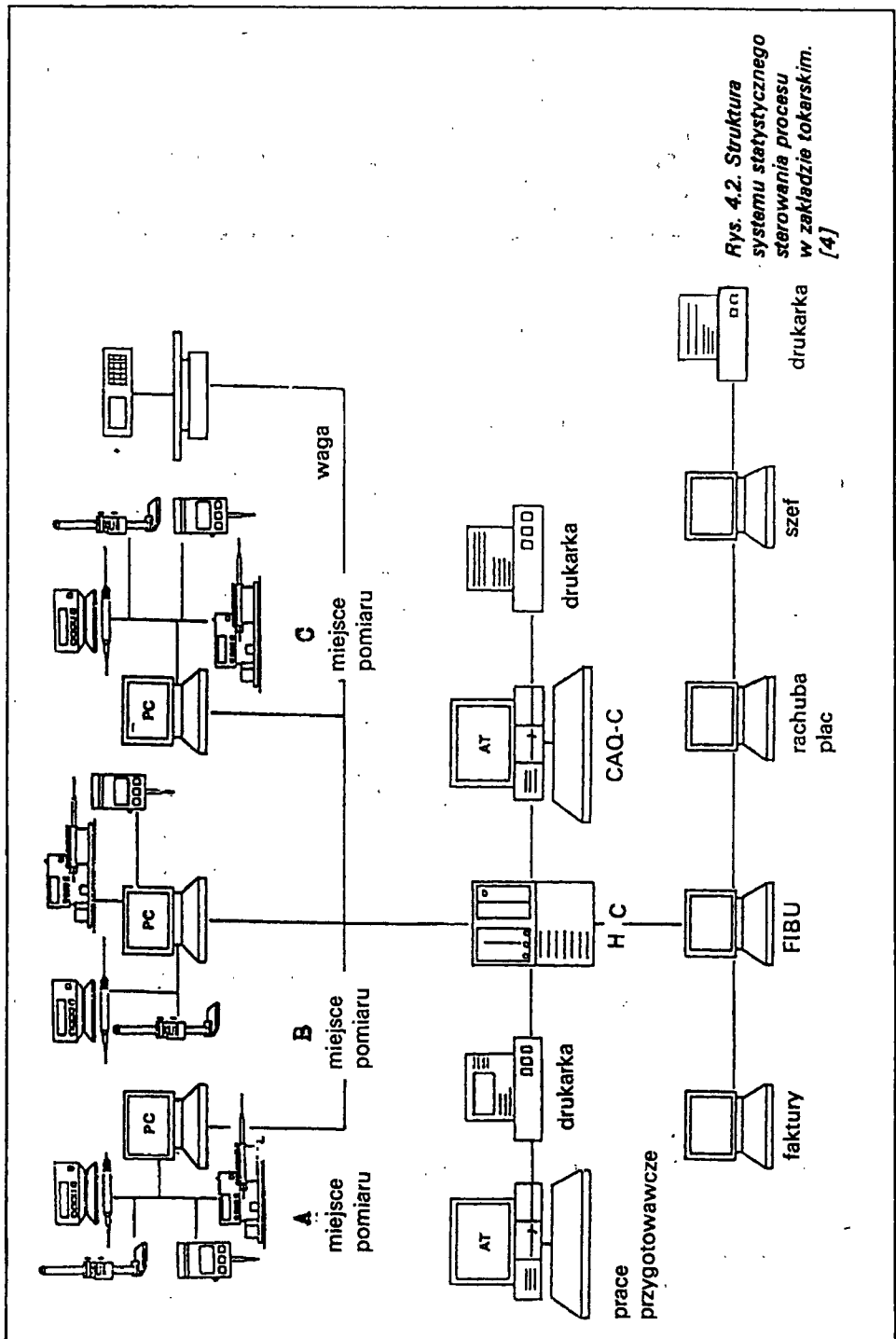
Rysunki 3.7, 3.8 i 3.9 podają struktury sterowania gniazd z zastosowaniem nadrzędnej magistrali o dostępie stochastycznym (rys. 3.7) oraz magistrali MAP — rys. 3.8, z użyciem sieci własnej ABB, i rys. 3.9 bez tej sieci.

4. STRUKTURY STEROWANIA NA POZIOMIE WYDZIAŁÓW

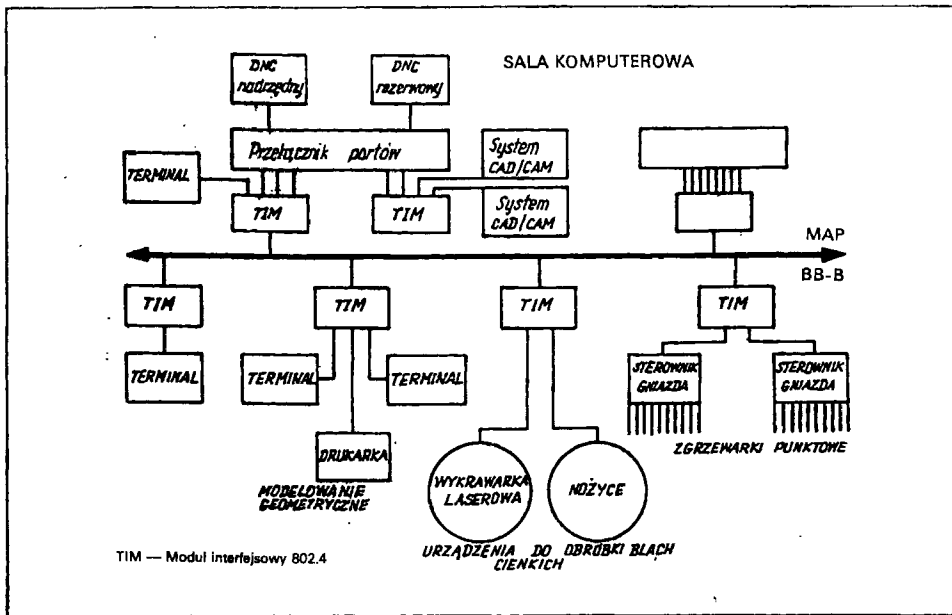
Na poziomie wydziałów (area) następuje przeniesienie głównego zadania ze sterowania procesów na zarządzanie. Dlatego też magistralami komunikacyjnymi wydziałów są na ogół albo magistrala szerokopasmowa MAP (tj. magistrala z do-



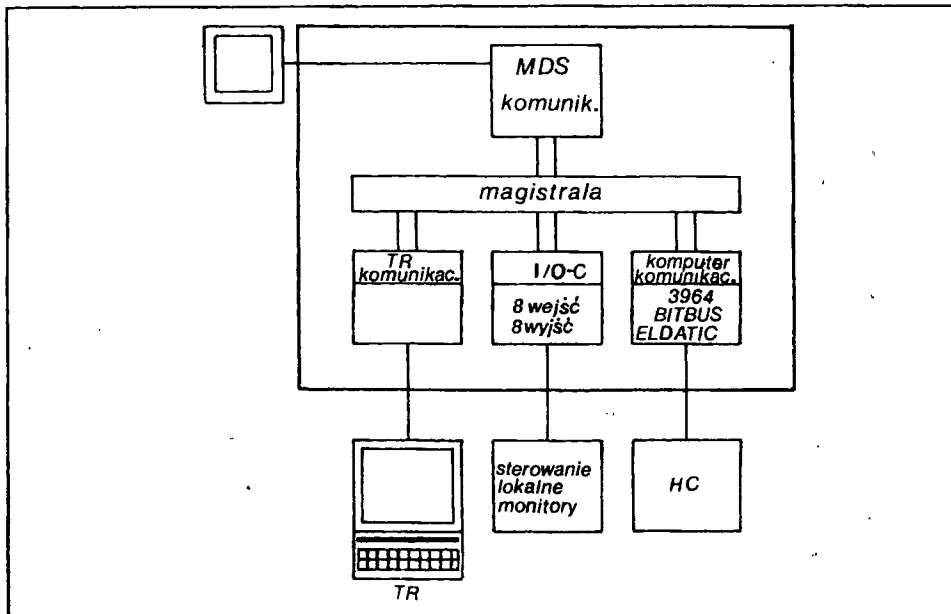
Rys. 4.1. Struktura sieci dla automatyzacji lakierni, w której zastosowane automaty TSK 87 jako koncentratory. [22]



Rys. 4.2. Struktura systemu statystycznego sterowania procesem w zakładzie tokarskim. [4]



Rys. 4.3. Struktura pilotowej sieci MAP dla blacharni Deere Harvester. [10]



Rys. 4.4. Struktura stacji stacjonarnej przeznaczonej do sterowania mobilnymi elementami FMS. [25]

stępnym deterministycznym, lecz bez mechanizmów ograniczających czas maksymal-ny obsługi komunikatów) albo też magistrala z dostępem stochastycznym.

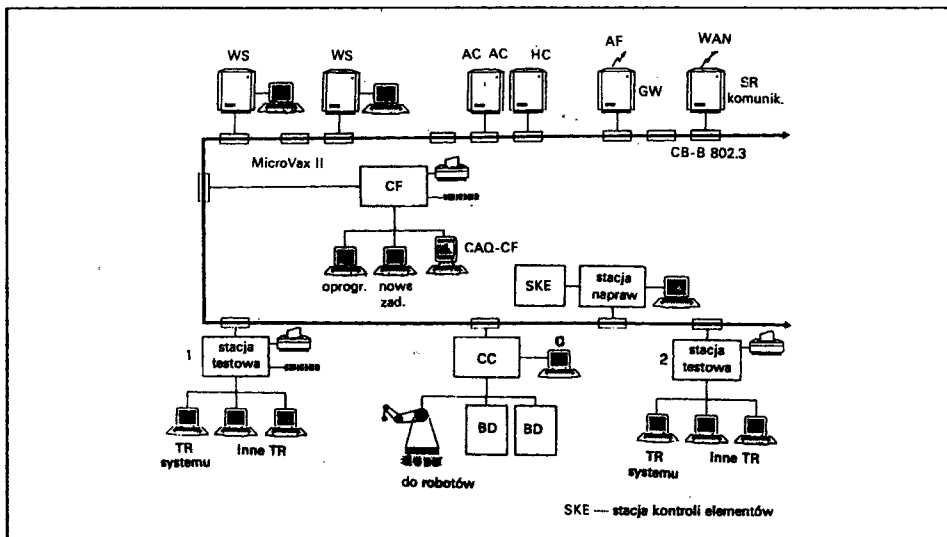
Na rys. 4.1 przedstawiono strukturę sterowania wydziału lakierni zrealizowaną za pomocą automatów programowalnych PLC) oraz sieci firmy TELEMECANIQUE. Magistrala główna jest magistralą UNI-TELWAY (dostęp stochastyczny); wiąże ona magistrale gniazd, którymi są magistrale czasu rzeczywistego TELEWAY (TELEMECANIQUE) lub MAP. Sieć zawiera 300 PLC, 200 terminali oraz kilka tysięcy elementów obiektowych.

Na rys. 4.2. przedstawiono sieć zastosowaną do sterowania procesu produkcji w małej fabryce wyrobów tocznych, odpowiadającej wydziałowi dużego przedsiębiorstwa. Zadaniem systemu było zbieranie danych z pomiarów geometrycznych wykonywanych detali, statystyczna obróbka tych danych i korygowanie działania obrabiarek, aby zminimalizować liczbę braków.

Rys. 4.3 pokazuje strukturę sterowania blachowni Deere Harvester (USA). Na skutek dużej rozległości tego wydziału (260 ekranów, w tym 95 pod dachem) jako magistralę wydziału zastosowano szerokopasmową magistralę MAP.

Na rys. 4.4 przedstawiono strukturę stacji stacjonarnej przeznaczonej do sterowania w skali wydziału obiektami mobilnymi, np. wózkami transportowymi. Taka stacja może być usytuowana dowolnie i komunikuje się wózkami transportowymi łączem radiowym o małym zasięgu.

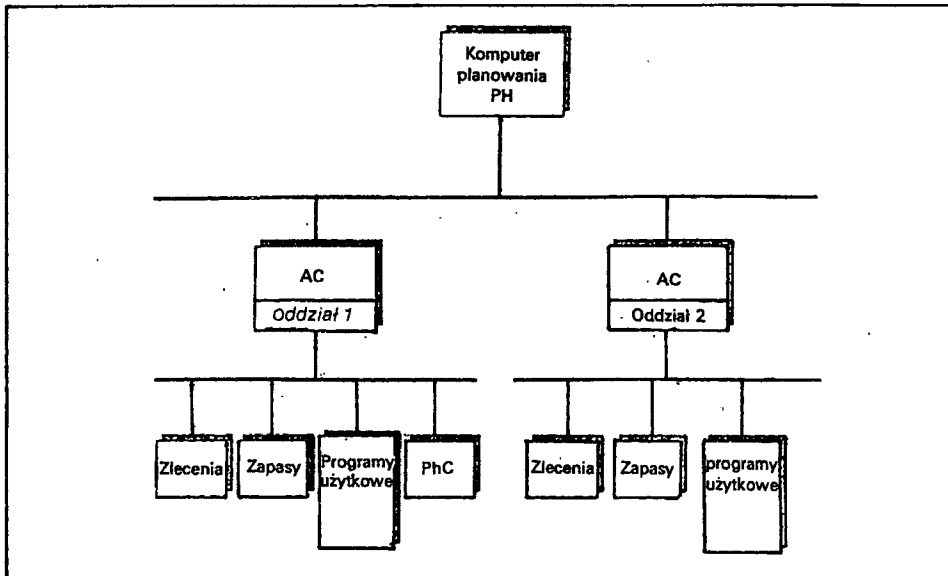
Na rys. 4.5 pokazano strukturę połączenia stacji testowych w system sterowania jakością (CAQ) współpracujący ze sterownikami gniazd i innymi stacjami komputerowymi w systemie CIM wydziału. Magistrala jest magistralą o dostępie stochastycznym, a stacje testowe są wyposażone w interfejs do tej magistrali.



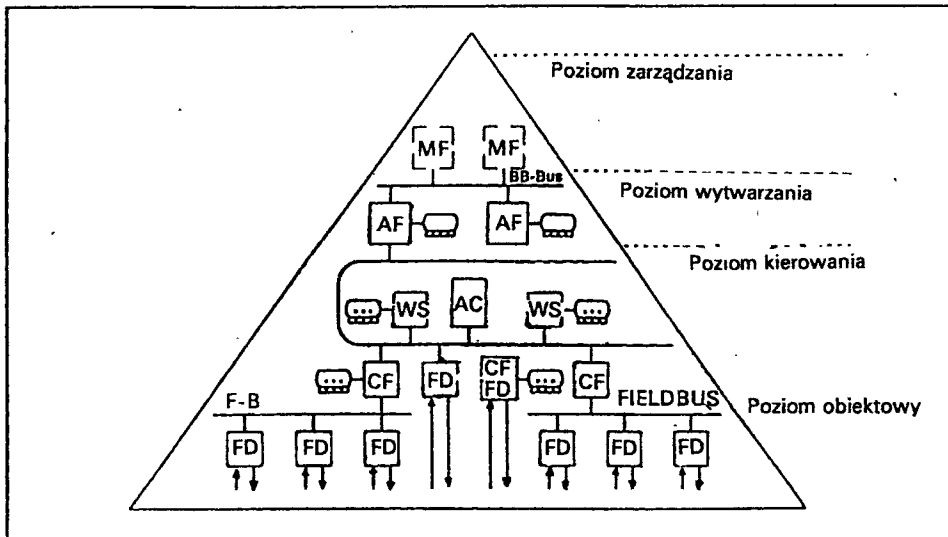
Rys. 4.5. Struktura włączenia CAQ firmy ROHDE u. SCHWARZ do CIM. [7]

5. STRUKTURY STEROWANIA NA POZIOMIE FABRYKI

Poniżej zebrano przykłady struktur w skali fabryki proponowanych lub zrealizowanych.

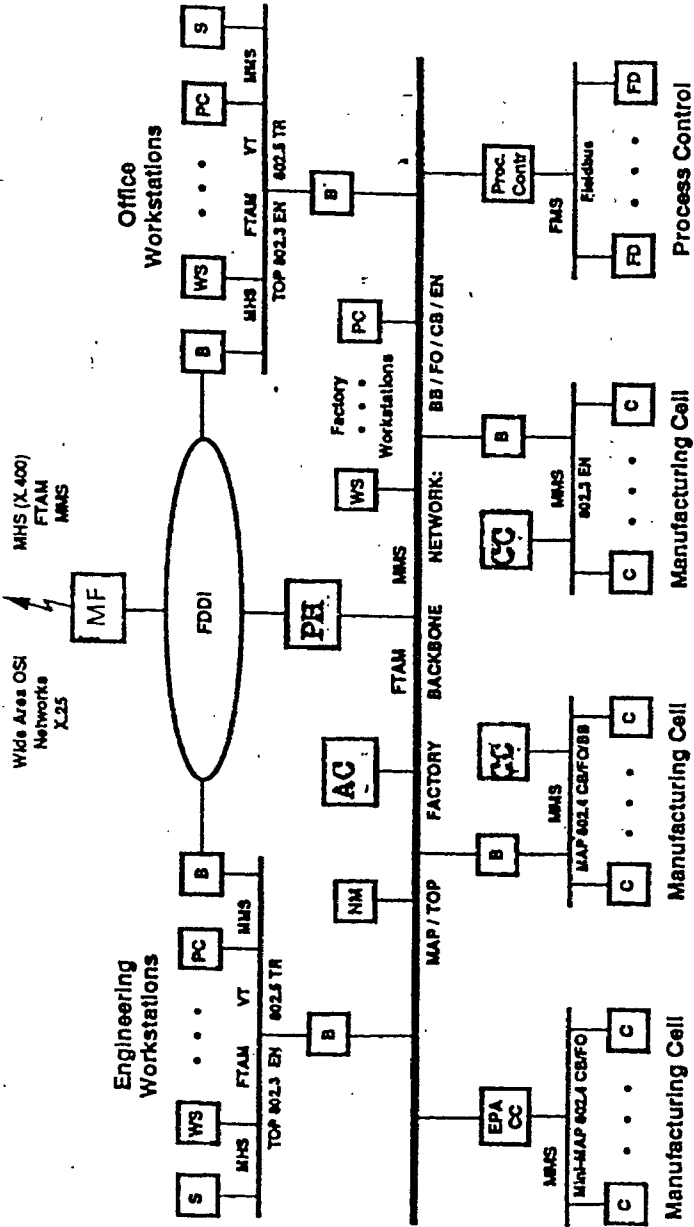


Rys. 5.1. Sterowanie oddziałów — koncepcja układu poziomów. [14]



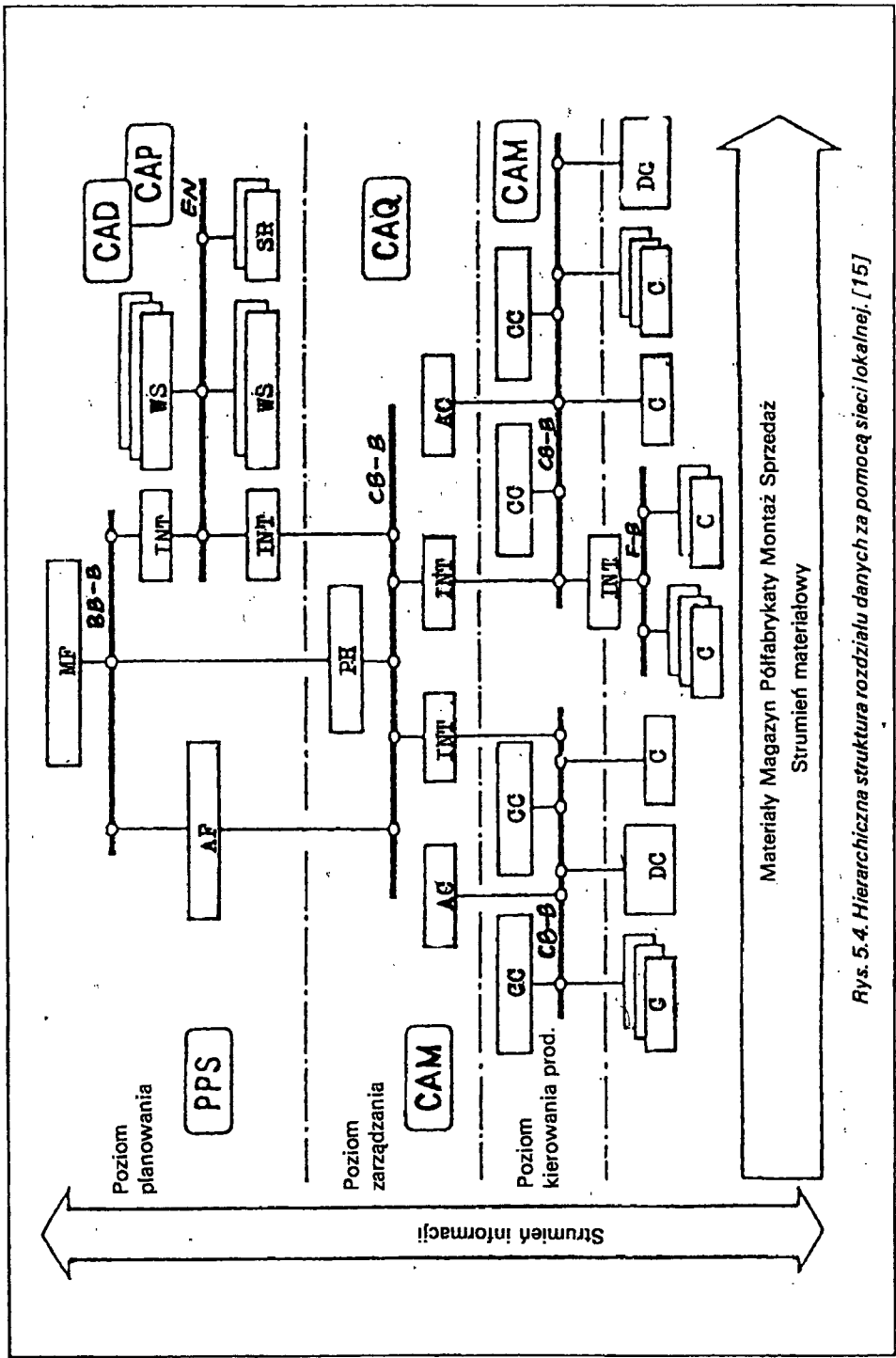
Rys. 5.2. Konfiguracja sieciowa systemu kierowania fabryki. [24]

ENTERPRISE OSI / MAP / TOP NETWORK MODEL

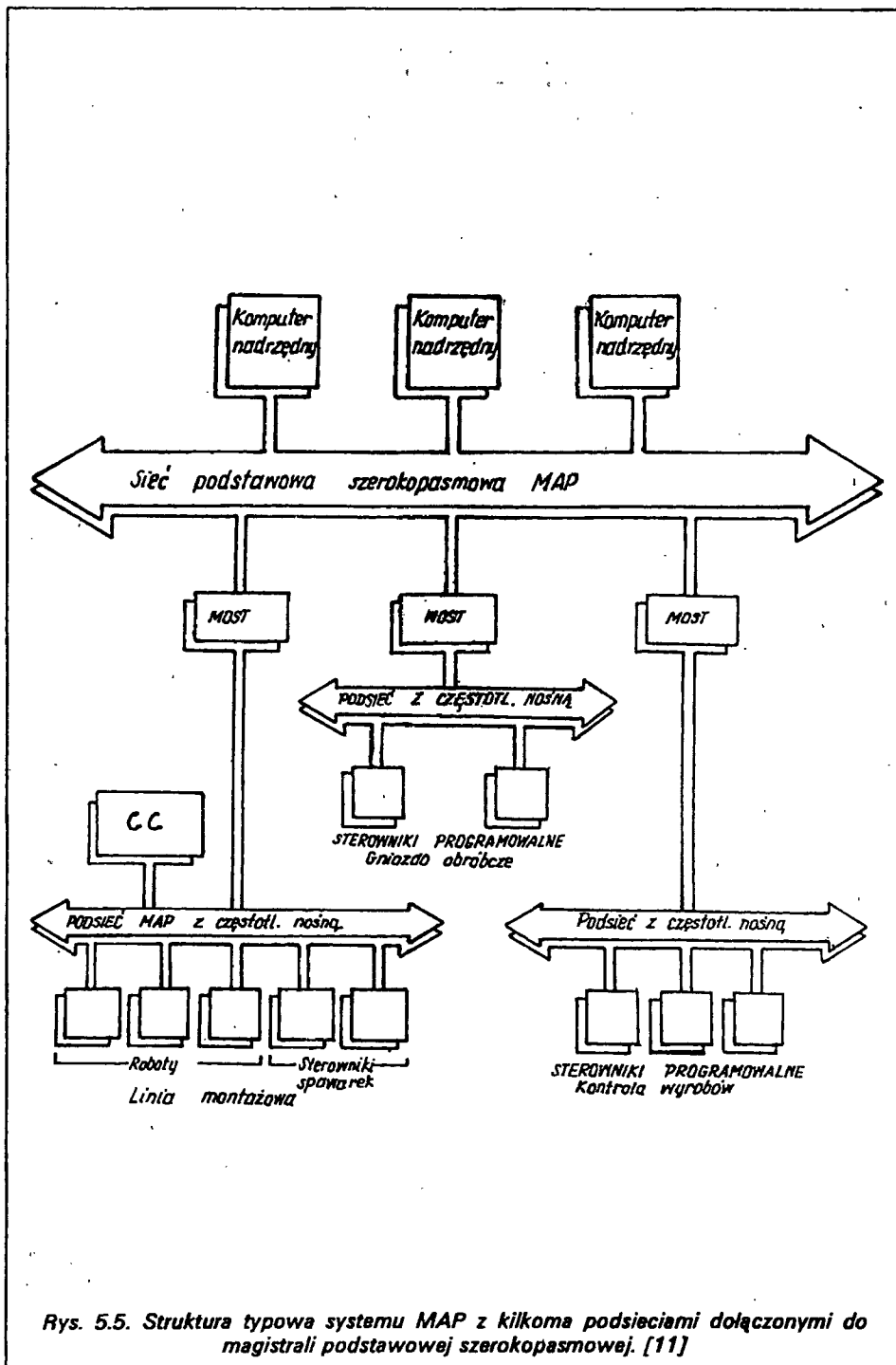


BB - Broadband CB - Carrierband FO - Fiber Optics EN - Baseband TR - Token Ring B - Bridge R - Reiter S - Server GW - Gateway C - PLC, CNC or Robot FD - Field Device

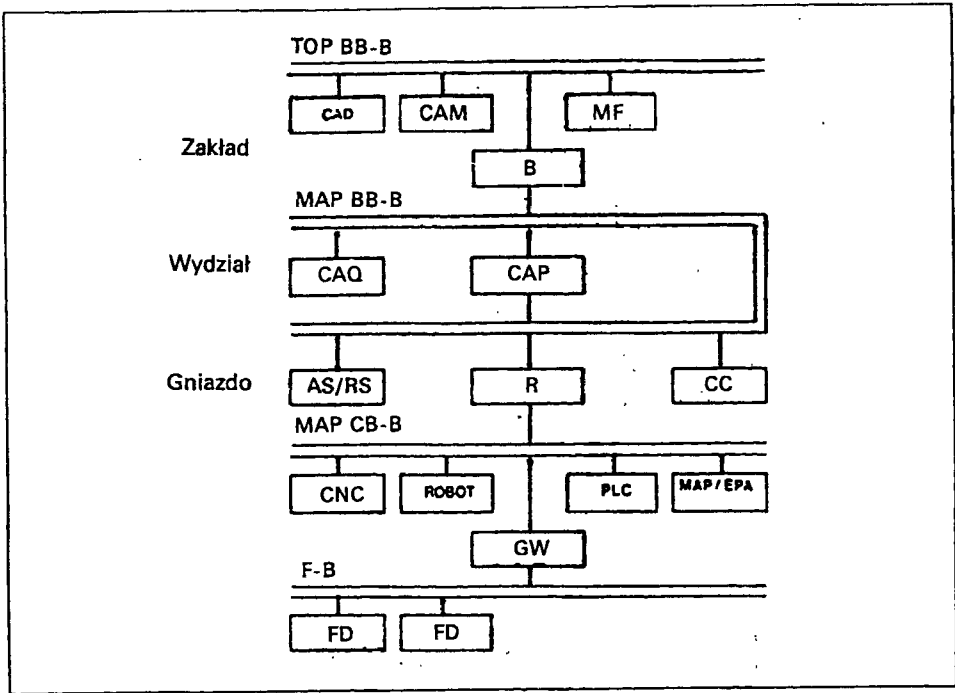
Rys. 5.3. Struktura sieci promocyjnej OSI//MAP//TOP. [26]



Rys. 5.4. Hierarchiczna struktura rozdziału danych za pomocą sieci lokalnej. [15]



Rys. 5.5. Struktura typowa systemu MAP z kilkoma podsieciami dołączonymi do magistrali podstawowej szerokopasmowej. [11]



Rys. 5.6. Struktura systemu komunikacyjnego sterowania fabryki [6]

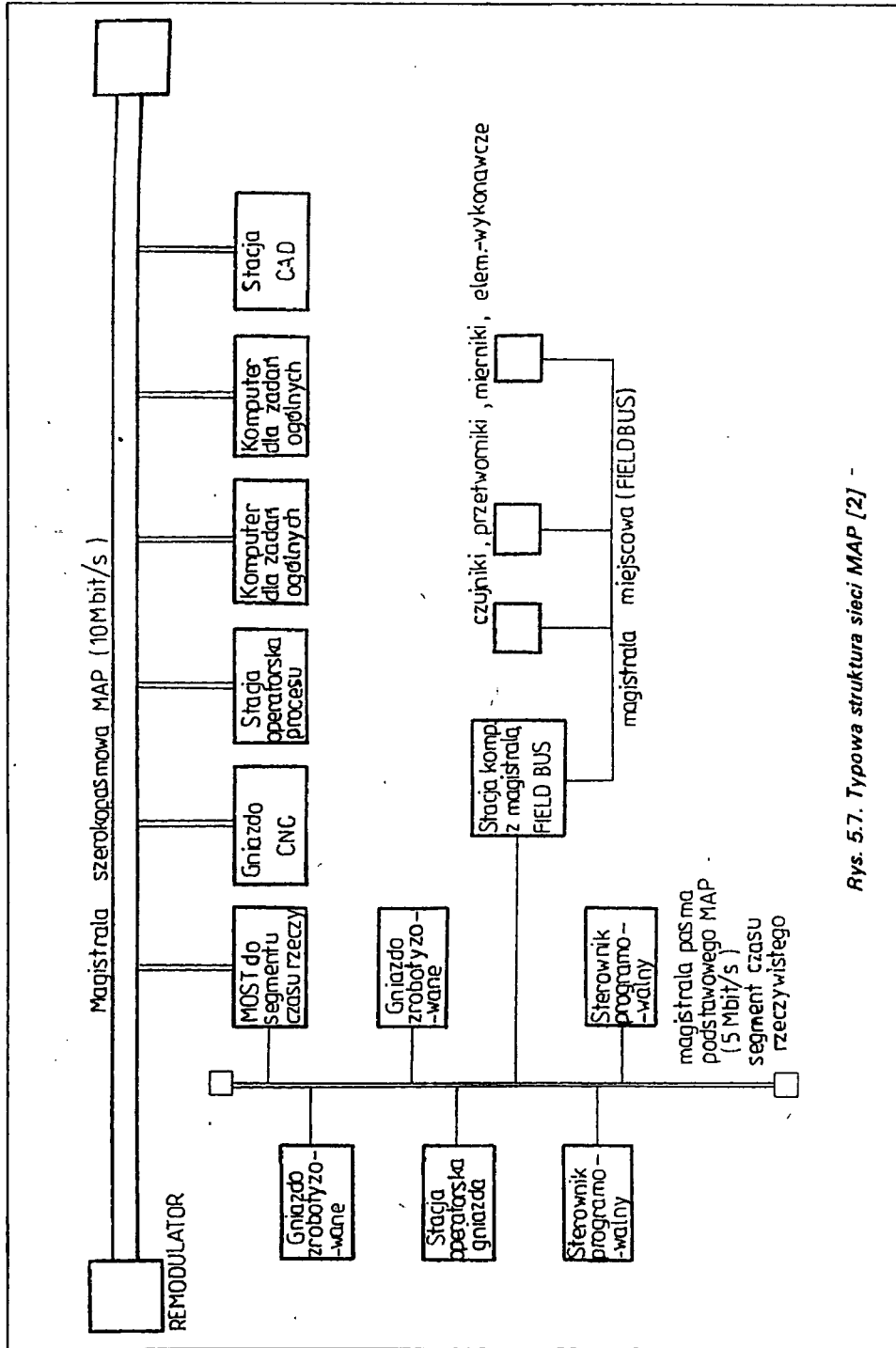
Na rys. 5.1 przedstawiono koncepcję układu poziomów sterowania i zarządzania dla przykładu centralnego sterowania dwoma oddziałami (liczba oddziałów może być zwiększona).

Rys. 5.2 pokazuje ogólną konfigurację sieciową, sterowaną w skali fabryki; m.in. pokazano rodzaje przewidywanych magistral: szerokopasmową — główną, podporządkowaną magistralę z częstotliwością nośną — magistralę systemową urządzeń, oraz magistrale miejscowe.

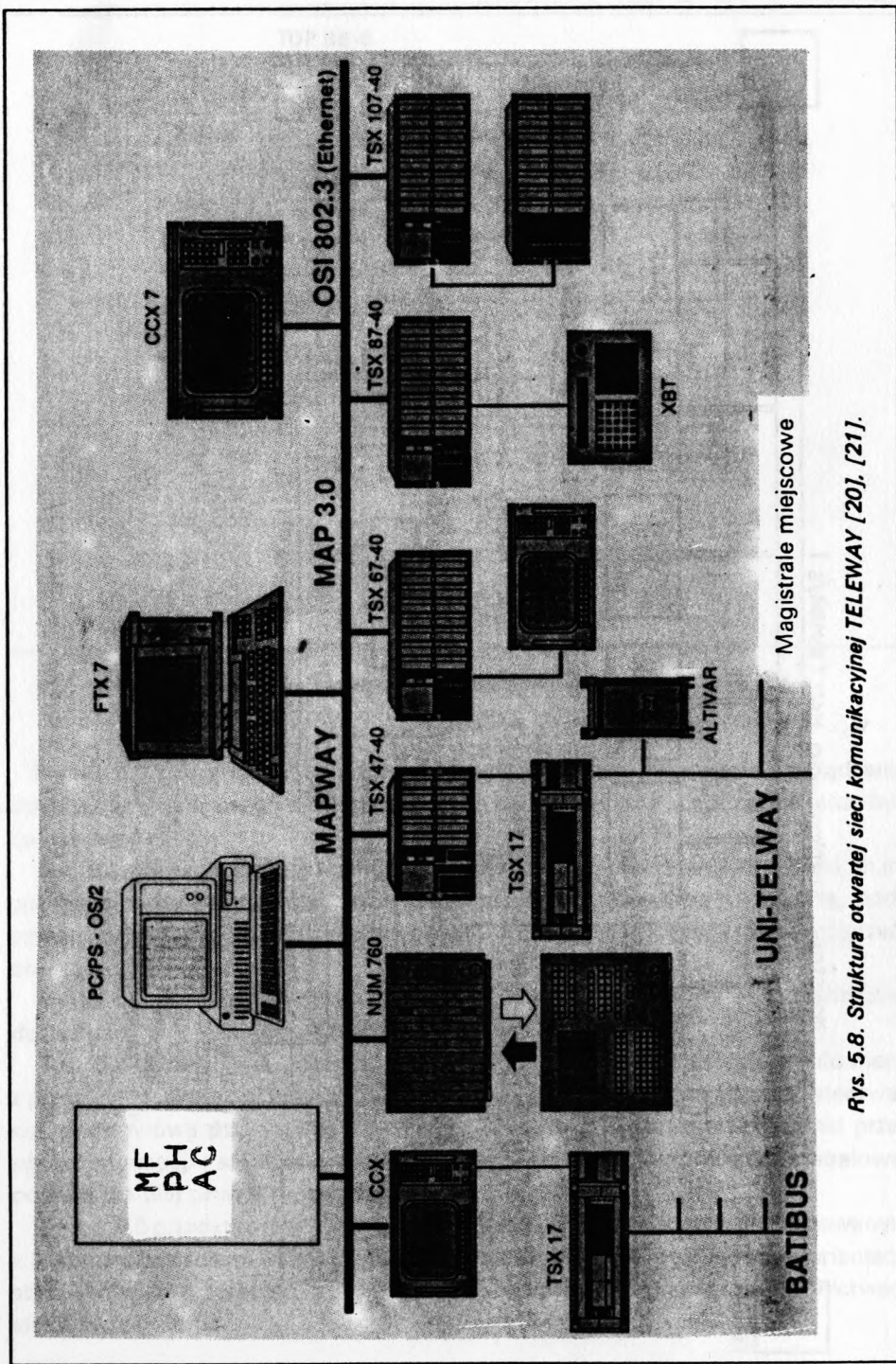
Na rys. 5.3 pokazano strukturę tzw. przedsięwzięcia OSI/MAP/TOP przewidzianą do realizacji w ramach projektów i pokazów promocyjnych.

Rys. 5.4 przedstawia schemat strukturalny sieci wiążący przepływ informacji z przepływem strumieni materiałowych. Pokazano tu poziomy zarządzania i sterowania, podstawowe podsystemy do nich przynależne, urządzenia oraz kierunki przepływu informacji i strumienia materiałowego. Jest to struktura wielomagistralowa; podano dla niej pewną propozycję doboru magistral.

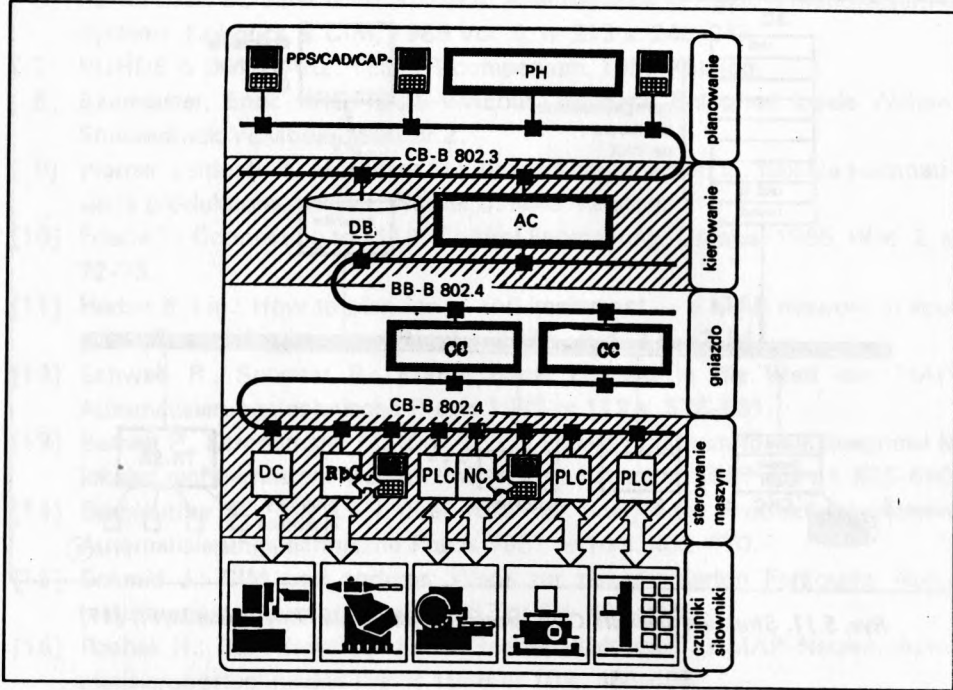
Na rys. 5.5 przedstawiono ogólną strukturę sieci MAP w wariantcie rozbudowanym z kilkoma podsieciami i ich przykładowym zastosowaniem przy dwóch wariantach sterowania: bezpośrednio z komputerów nadrzędnych oraz za pośrednictwem sterownika gniazda.



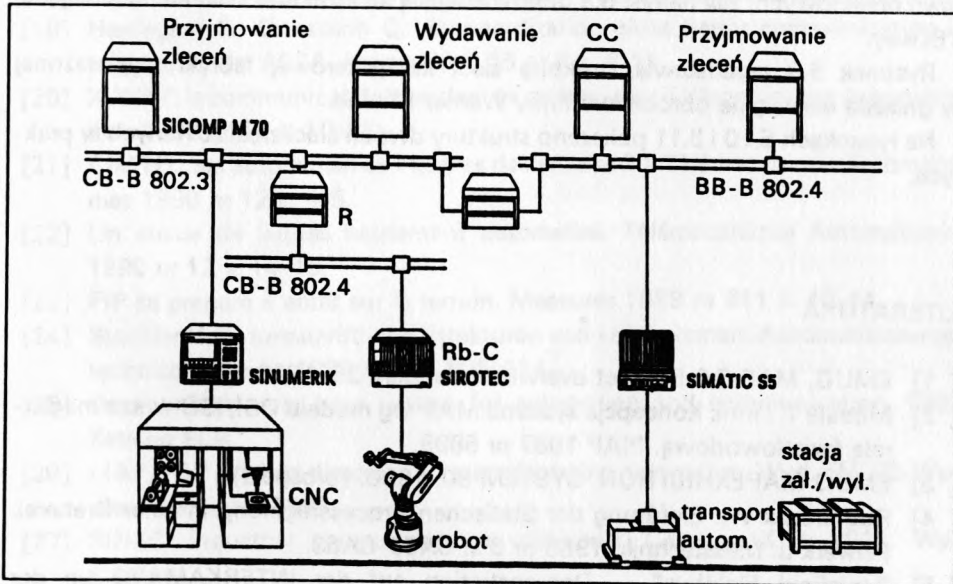
Rys. 5.7. Typowa struktura sieci MAP [2] -



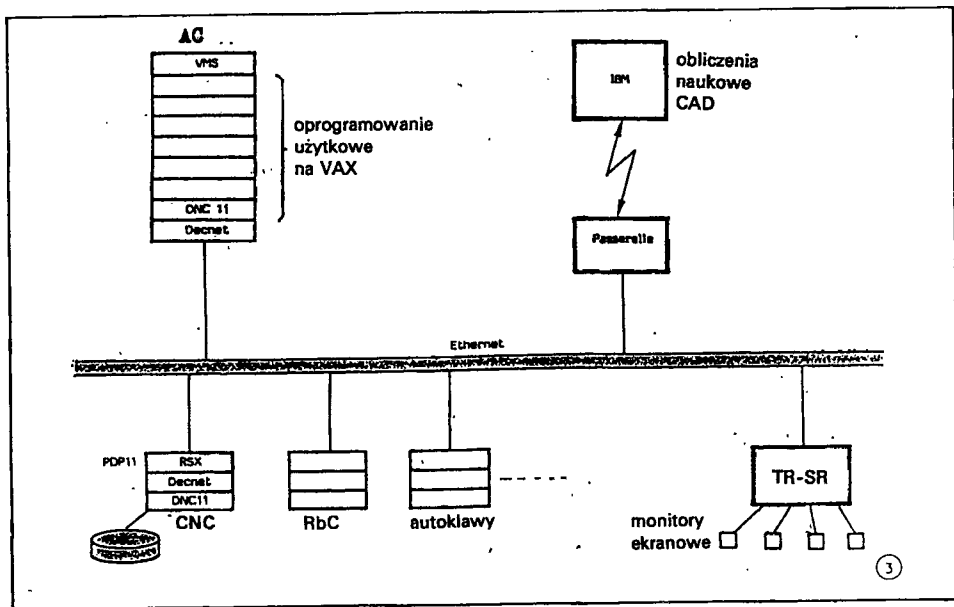
Rys. 5.8. Struktura otwartej sieci komunikacyjnej TELEWAY [20]. [21].



Rys. 5.9. Struktura powiązania sieci komputerowej z gniazdami elastycznymi [9]



Rys. 5.10. Struktura konkretnej sieci zrealizowanej u Siemens'a. [13]



Rys. 5.11. Struktura sieci dla CIM, zaprojektowanej dla firmy Dassault/FI. [17]

Na rys. 5.6 i 5.7 pokazano w nieco innym układzie graficznym struktury układu komunikacyjnego fabryki, doprowadzone do poziomu magistral miejscowych i urządzeń obiektowych, zaś na rys. 5.8 odpowiadającą im strukturę sieci komunikacyjnej TELway.

Rysunek 5.9 przedstawia strukturę sieci komputerowej fabryki wyposażonej w gniazda elastyczne obróbkowe firmy Werner i Kolbe.

Na rysunkach 5.10 i 5.11 pokazano struktury dwóch sieci zrealizowanych w praktyce.

LITERATURA

- [1] EMUG. MAP 3.0 Product overview. January 25, 1990.
- [2] Missala T. i inni: Koncepcja systemu MAP wg modelu OSI/ISO wraz z magistralą światłowodową. PIAP 1987 nr 5899.
- [3] EMUG MAPEXHIBITION. SYSTEM 90. 1990. (prospekt)
- [4] Ruthenkalk W.: Einführung der Statischen Processregelung in einer Dreherei. Feiwerk u. Messtechnik. 1988 nr 5 s. CA60-CA63.
- [5] "Unifield Fieldbus" — Demonstration auf der INTERKAMA'89 un der ISA-Show'89. Automatisierungstechnische Praxis., 1989 nr 8 s. 379-380.

- [6] Ilic B., Lasic B., Screckovic S.: Lokac Area Network in Flexible Manufacturing Systems. Robotics & CIM, 1989 Vol. 5, nr 213 s. 243-247.
- [7] ROHDE & SCHWARZ. TESTER compedium. 1990 Katalog.
- [8] Baumeister, Endl: PROFIBUS-VMEbus. Interface Entegriert beide Welten. Sonderdruck VEMbus. 1990 nr 2.
- [9] Werner-Leittechnik. Modulare Steuerungskomponenten für flexible automatisierte produktionsanlagen. Werner u. Kolb. Katalog.
- [10] Friscia T.: Connecting to MAP. Control Engineering. October 1985, Wyd. 2, s. 72-73.
- [11] Herbst B. i in.: How to plan for — and implement — a MAP network in your plant. Control Engineering, October 1985, wyd. 2 s. 62-64. .
- [12] Schwab R., Sommer R.: Bridge bietet Einsteig in die Welt von MAP. Automatisierungstechnische Praxis 1987 nr 112 s. 576-581.
- [13] Bathelt P., Kernollmaier M., Zink T.: Ein Expertensysdtem für die Diagnose in lokalen rechnernetzen. Messen Prüfen Automatisieren 1987 nr 11 s. 635-640.
- [14] Barnreuther B.: Mit LAN über MAP zu integriertet Produktionsystemen. Automatisierungstechnische Praxis 1987 nr 10 s. 462-470.
- [15] Schmid J.: CIM und anderes: Wege zur zutomatisierten Fertigung. Automatisierungstechnische Praxis, 1987 nr 9 s. 401-415,
- [16] Rzehak H.: Die Abwicklung von Realzeit-Aufträgen in MAP-Netzen. Automatisierungstechnische Praxis 1988 nr 10 s. 488-495.
- [17] Catiers E.: Les reseaux pour CFAO. Electronique Industrielle, 1988 nr 139/1-3 s. 48-52.
- [18] Parnesten K.: Asea Masterpiece 200. ASEA Journal 1987 Vol. 60 nr 2 s. 8-11.
- [19] Herdegard E., Claesson C.: Standardization gives better communication in robot systems. ASEA Journal Vol. 59 nr 6 s. 8-11.
- [20] X-WAY: la communication standarisée multireseau. Télémecanique Automatismes 1990 nr 12 s. 10-11.
- [21] CIMTEL: les automatismes integres des années 90. Télémecanique Automatismes 1990 nr 12 s. 4-5.
- [22] Un atelier de laques hautement automatisé. Télémecanique Automatismes 1990 nr 12 s. 14-15.
- [23] FIP se prepare à enter sur la terrain. Measures 1989 nr 611 s. 40-44.
- [24] Stockler H.P.: fortschriftliche Strukturen von Leitsystemen. Automatisierungstechnische Praxis 1989 nr 7 s. 305-314.
- [25] Dezentralized data base system for automation and communication. 1991. Katalog ELIs.
- [26] MAP/TOP product directory for manufacturing enterprises. Wyd. EMUG. Wyd. pierwsze, lipiec 1991.
- [27] SINEC. Industrial communications networks. Catalog IK10. 1991. Wyd. Siemens.
- [28] Simon K.P. Profibus-Impulse. KEM Oktober 1991, seria 6, s. 25-26.