

prof. dr TADEUSZ MISSALA

Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

SYSTEM INTEL DIGIT-PROWAY INFORMACJE PODSTAWOWE

W artykule przedstawiono koncepcję mikroprocesorowego zdecentralizowanego systemu automatyki kompleksowej INTEL DIGIT-PROWAY, opracowanego w MERA-PIAP i wdrażanego do produkcji w MERA-ZAP w Ostrowie Wielkopolskim. System służy do rozwiązywania zagadnień automatyzacyjnych zarówno dla obiektów skupionych jak i rozłożonych w przestrzeni. Umożliwia on łączenie w jeden układ automatyzacyjny obiektów, wyposażonych w różne rodzaje sterowników ciągłych i sekwencyjnych. System nadaje się w szczególności do sterowania w elastycznych systemach produkcyjnych.

1. Wstęp

Automatyzacja przemysłu maszynowego w Polsce jest sprawą aktualną i ważną. W krajach wysoko rozwiniętych panuje ogólny pogląd (np. [1], [2], [3]), że dalszy postęp w dziedzinie produkcji i sprostanie konkurencji innych krajów są uzależnione od wykorzystania możliwości jakie oferuje „inteligentna” automatyzacja wraz z robotami, słowem od stopnia i szybkości wdrażania zautomatyzowanego sposobu produkcji. Szczęólnego znaczenia nabrały elastyczne systemy produkcyjne ESP, w których czynności manipulacyjne wykonują roboty i/lub manipulatory, sterowane w sposób „inteligentny” przez mikrokomputerowe systemy automatyki. Roboty są przy tym coraz częściej wyposażone w układy sprzężenia zwrotnego, w których czujniki wzroku, dotyku i słuchu generują sygnały o stanie otoczenia i jakości wykonanych czynności manipulacyjnych dając tym samym możliwość adaptacji robota do zmiennych warunków pracy.

Budowa ESP nie jest możliwa bez odpowiedniej bazy jaką jest nowoczesny sprzęt dla automatyzacji procesów.

Niezależnie od sterowników CNC obrabiarek i robotów przemysłowych konieczny jest system środków automatyki, który umożliwiłaby:

- budowę lokalnych inteligentnych sterowników różnych maszyn i urządzeń, zarówno o dyskretnym jak i okresowym lub ciągłym cyklu pracy, kompatybilnych elektrycznie, logicznie i mechanicznie, przy czym sterowniki CNC obrabiarek i robotów powinny stanowić podzbiór możliwych sterowników lokalnych,
- dołączanie sterowników mikroprocesorowych, PLC i sztywnoprogramowalnych innych systemów do urządzeń rozpatrywanego systemu,

- zbieranie danych o przebiegu procesu, agregowanie ich i przekazywanie do wykorzystania przy sterowaniu procesem ESP,
- dołączanie urządzeń operatorskich,
- dołączanie komputerów zarządzających w skali większej niż ESP,
- rozwiązywanie i organizację komunikacji tj. wymiany sygnałów informacyjnych pomiarowych i sterujących pomiędzy wszystkimi urządzeniami systemu.

Tak pomyślane systemy środków automatyki, obejmujące zarówno sprzęt jak i oprogramowanie, są rozwiązywane jako systemy o rozłożonej mocy obliczeniowej, w których każda stacja systemu jest wyposażona we własne mikrokomputery, zaś systemowe mikroprocesorowe kontrolery komunikacyjne organizują ich współpracę. Systemem środków automatyki, spełniającym postawione wyżej postulaty jest system INTEL DIGIT—PROWAY, opracowywany wspólnie przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie oraz Zakłady Automatyki Przemysłowej w Ostrowie Wielkopolskim i wdrażany do produkcji pilotowej w Zakładzie Doświadczalnym PIAP a do produkcji przemysłowej w ZAP. Koncepcja systemu jest ujęta w „założeniach kompleksowych” [4] i zostanie w skrócie zreferowana.

2. Ogólny opis systemu

2.1. Założenia ogólne dla systemu

Przy opracowaniu systemu przyjęto założenia:

- a) środki techniczne i programowe systemu muszą wypełniać wszystkie zadania automatyki i pomiarów, obecnie wykonywane przez szereg systemów, czy podsystemów, nie zawsze spójnych i nie połączonych technicznie ze sobą,
- b) opracowany system powinien odpowiadać potrzebom wszystkich dziedzin zastosowań sprzętu automatyki kompleksowej, a poszczególne grupy urządzeń powinny odpowiadać potrzebom wycinkowych zastosowań,
- c) poziom techniczny rozwiązań musi odpowiadać światowemu poziomowi techniki dekady lat osiemdziesiątych,
- d) system musi być zdecentralizowany, w celu obsłużenia obiektów przestrzennie rozłożonych i w celu zdecentralizowania przetwarzania informacji. Kryteriami powinny być: maksymalne ograniczenie ilości i długości okablowania, zapewnienie minimalnych odległości od obiektowych urządzeń automatyki i pomiarów do urządzeń regulacji i koncentracji danych: przetwarzanie informacji najbliższej jej źródeł,
- e) system powinien mieć jako element wiążący i standaryzujący, wspólną magistralę dla wymiany informacji pomiędzy urządzeniami ze względu na zdecentralizowany, przestrzennie rozłożony charakter systemu, wspólna magistrala powinna pełnić zarazem rolę kanału transmisji,
- f) najlepiej można spełnić wymagania obniżenia kosztów okablowania, obiektowego i podwyższenie niezawodności, przez przyjęcie, zgodnie z najnowszymi tendencjami zasady jedнопроводowej, wspólnej dla wszystkich urządzeń linii transmisji obiegającej cały obiekt,
- g) spośród znanych już rozwiązań transmisji wewnątrz obszaru obiektów za pomocą jednej wspólnej linii najwyższe parametry transmisyjne i eksploatacyjne oraz perspektywy rozpowszechnienia ma system według projektu LEC: [5] wraz z późniejszymi rozwinięciami (np. [6], [7], [8], [9], [10], [11]). System ten jest nazywany skrótem PROWAY (od „process data highway”). Przyjęcie rozwiązania standaryzowanego międzynarodowo, zapewni wzajemne dopasowanie urządzeń krajowych i zagranicznych, sprzyjać będzie promocji eksportu i będzie podstawą współpracy międzynarodowej,

h) wszystkie zadania przetwarzania informacji na niższych szczeblach powinny być wykonywane przez mikroprocesory. Ze względu na produkowany i przewidywany do produkcji w krajach RWPG asortyment elementów LSI przyjęto do stosowania rodziny 18080 i 18086 z uzupełnieniem o mikroprocesor 18048/8035.

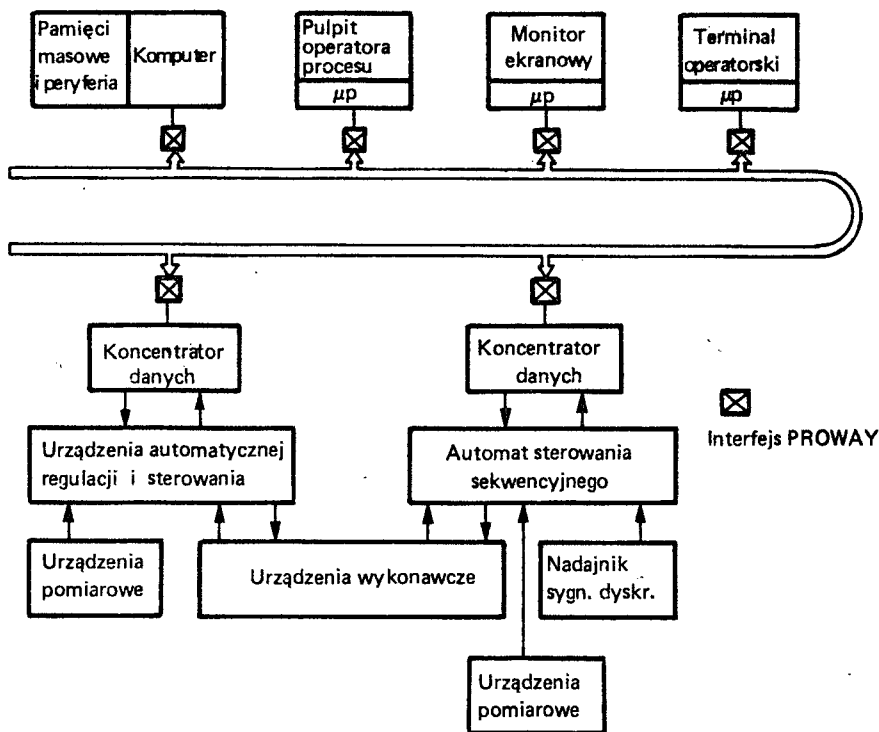
2.2. Elementy integrujące system

Elementami integrującymi system są:

- standardy funkcjonalne,
- standardy mechaniczne,
- wymagania środowiskowe.

2.2.1. Standardy funkcjonalne

a) Magistrala transmisyjna złożona z linii kablowych koncentrycznych, sterowników linii, kontrolerów komunikacyjnych oraz protokołów jest opracowywana zgodnie ze standardami TC 65 LEC „Digital Data Communication for Measurement and Control Systems Process data highway (PROWAY) for distributed process control systems” – wersja PROWAY–A 5...11. Polska Norma ma magistralę transmisyjną, zostanie opracowana i zgłoszona do ustanowienia z chwilą otrzymania ostatecznej redakcji odpowiednich dokumentów TC 65 LEC. Poglądowo na rys. 1 przedstawiono konfigurację systemu.



Rys. 1. Konfiguracja systemu INTEL DIGIT – PROWAY

b) Magistrala wewnątrzkaletowa do urządzeń systemu jest zdefiniowana Normą Branżową [12], która określa również:

- wysokość płyt drukowanych (233,4 mm lub 100 mm),
- typy złącz od strony magistrali, ich liczby i oznaczenia,
- przyporządkowanie sygnałów styków w złączach,
- liczbę stanowisk w kasie i ich numerację.

c) Stacja INTEL DIGIT—PROWAY, którą jest każdy zestaw urządzeń dołączony do wielodostępnej szeregowej magistrali danych (WSMD), jest zdefiniowana w [13].

d) Pakiety będące podstawowymi urządzeniami INTEL DIGIT—PROWAY są wykonywane w zakresie funkcjonalnym wg wymagań zdefiniowanych w [13].

Schemat łączenia stacji z magistralą WSMD podano na rys. 1.

2.2.2. Standardy mechaniczne

a) Pakiety INTEL DIGIT—PROWAY są wykonywane w zakresie konstrukcji mechanicznej, wg Normy Zakładowej MERA—ZAP (podwójna karta europejska);

b) Pozostałe konstrukcje mechaniczne (obudowy bloków, kasy, szafy itd.) są wykonywane wg PN—84/M—42025 [14];

c) Urządzenia i ich dokumentacja techniczna są oznaczone i numerowane wg zasad podanych w dokumentach MERA—PIAP [13].

2.2.3. Wymagania środowiskowe

Urządzenia i stacje systemu są wykonywane wg wymagań środowiskowych dla sprzętu automatyki profesjonalnej [15].

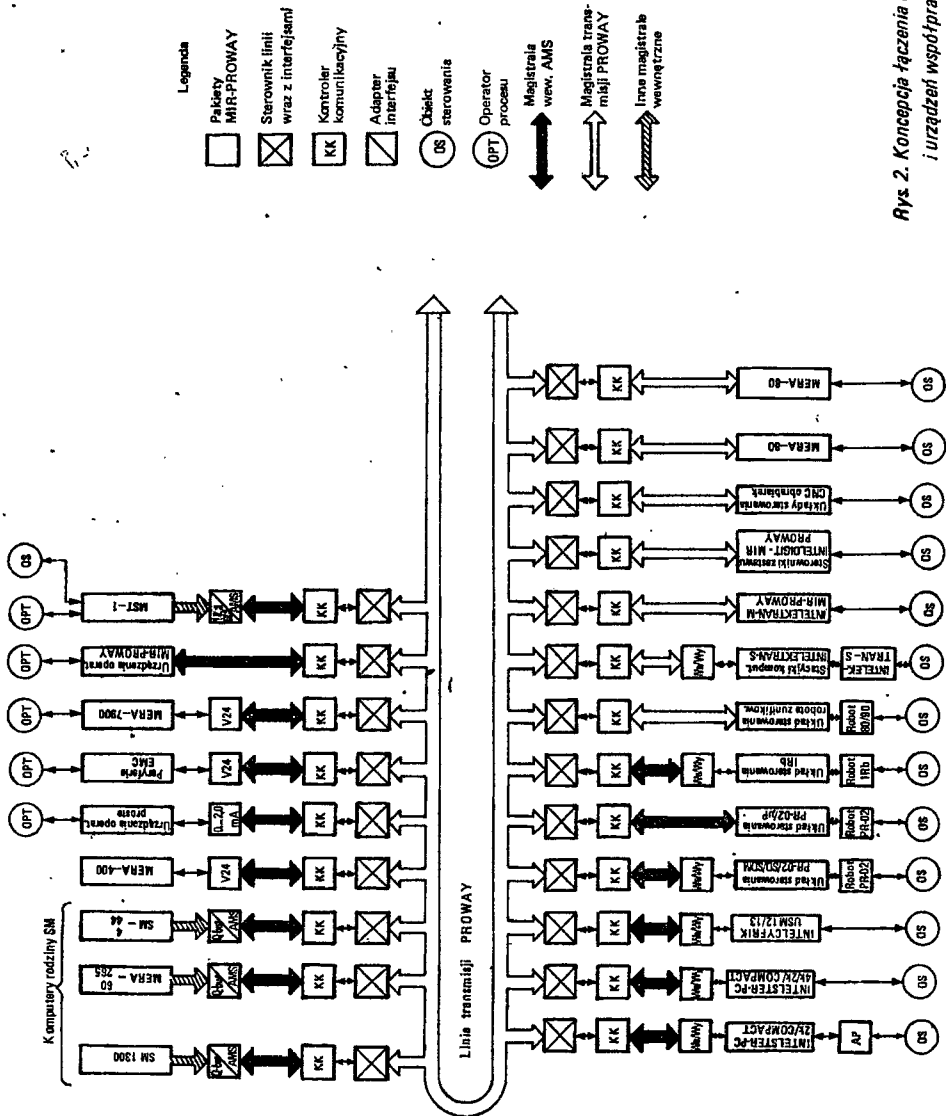
2.2.4. Wzornictwo urządzeń INTEL DIGIT—PROWAY będzie odpowiadało wymaganiom przyjętym w SMEMC.

3. Struktura sprzętowa systemu

3.1. Urządzenia INTEL DIGIT—PROWAY

Urządzeniami INTEL DIGIT—PROWAY są urządzenia wykonywane wg wszystkich wyżej wymienionych standardów. Są to:

- urządzenia transmisyjne,
- urządzenia wewnętrznego przetwarzania danych,
- urządzenia sprzężenia z obiektem,
- urządzenia regulacji ciągłej,
- urządzenia operatorskie,
- urządzenia zasilania, zabezpieczenia i wentylacji,
- sterowniki robotów,
- adaptery interfejsu do maszyn SM i innych urządzeń współpracujących,
- urządzenia serwisowe i testujące,
- konstrukcje mechaniczne.



Rys. 2. koncepcja łączenia urządzeń systemu i urządzeń współpracujących

3.2. Urządzenia współpracujące

Urządzeniami współpracującymi mogą być inne urządzenia automatyki, pomiarów i informatyki, spełniające jedno z następujących wymagań:

- a) są wykonywane w innych standardach niż przyjęte w systemie INTEL DIGIT-PROWAY, lecz posługują się magistralą wewnętrzną wg [12]. Z urządzeń tych buduje się stacje, realizujące określone zadania pomiarowe (lub regulacyjne/sterownicze) i wyposaża w urządzenia transmisyjne systemu. Stanowią one wówczas stacje INTEL DIGIT-PROWAY, dołączane do WSMD,
- b) są wykonywane w innych standardach niż przyjęte w systemie INTEL DIGIT-PROWAY, lecz mają własną magistralę wewnętrzną, inną niż wg [12]. Urządzenia te, po wyposażeniu w adapter interfejsu oraz urządzenia transmisyjne INTEL DIGIT-PROWAY stanowią stację systemu dołączaną do WSMD,
- c) są dołączane do urządzeń komputerowych przy pomocy interfejsu V-24. Mogą one być dołączane do stacji INTEL DIGIT-PROWAY przez pakiet tego interfejsu, znajdujący się w stacji,
- d) mogą być sprzęgnięte z nadrzędnym układem sterującym przez pakiety we/wy. Mogą one być dołączone do stacji INTEL DIGIT-PROWAY przez odpowiednie, znajdujące się w niej pakiety we/wy.

Koncepcję łączenia urządzeń systemu i urządzeń współpracujących podano na rys. 2.

4. Zasadnicze parametry transmisji

Magistrala PROWAY, zgodnie z [5] będzie się charakteryzować następującymi parametrami transmisyjnymi:

— maksymalną liczbą stacji	100
— magistrala zbudowana z wykorzystaniem kabla koncentrycznego o rezystancji falowej	75 omów
— długość magistrali	do 2000 m
— typowa przepływność binarna	1 Mb/s
— minimalna szybkość przekazu informacji użytkownika	12,5 kb/s
— elementarna stopa błędów pierwotnych co najwyżej (niezależnie od charakteru i poziomu zakłóceń i innych wpływów środowiska)	10^{-6}
— wynikowa stopa błędów transmisji, co najwyżej	$3 \cdot 10^{-15}$
— czas dostępu stacji do magistrali poniżej	20 ms

5. Ważniejsze opracowane i opracowywane urządzenia systemu [16]

- a) Jednostka centralna 8-bitowa MM 80 o konfiguracji: μP 8080 + 8 kB PROM + 4 kB RAM + V24 + interfejs równoległy 24 linie + 8 poziomowy układ przerwań.
- b) Jednostka centralna 16-bitowa MM 86 o konfiguracji: μP 8086 + 8 kB PROM + 8 kB RAM + V24 + interfejs równoległy + 64 poziomowy układ przerwań.
- c) Jednostka centralna 16-bitowa MM 87 o konfiguracji: μP 8086 + μP 8087 + 8 kB PROM + 32 kB RAM + 2x24 V lub S 32 + 64 poziomowy układ przerwań.
- d) Pakiet rozszerzenia pamięci danych ML 30 o pojemności 8 kl.

- e) Pakiet rozszerzenia pamięci danych ML 32 o pojemności 32 k.
- f) Pakiet rozszerzenia pamięci programu ML 40 o pojemności 32 kB o organizacji 8 bitowej.
- g) Pakiet rozszerzenia pamięci ML 50 o pojemności 8 kB RAM 32 kB PROM o organizacji 16 bitowej.
- h) Pakiet kontroli MW 30 do kontroli zasilania i warunków pracy.
- i) Pakiet adaptera „wspólnej szyny” MI 05 — adapter interfejsu UNIBUS i AMS—BUS.
- j) Pakiet interfejsu V 24 MI 24 dwukanałowy.
- k) Pakiet sprzężenia z pamięcią kasetową MI 50.
- l) Pakiet sprzężenia z pamięcią kasetową na dyskach elastycznych MI 60.
- m) Pakiet przedłużenia magistrali MI 70 i MI 71 pozwalające na budowę zestawów 3 kasetowych.
- n) Sterownik linii MK 30, przetwarzający dwukierunkowo sygnał cyfrowy szeregowy ramki wg standardu na sygnał liniowy magistrali PROWAY.
- o) Kontroler komunikacyjny MK 40, wykonujący zadania protokołów ścieżki i magistrali wg standardu IEC PROWAY — A.
- p) Wielodostępna szeregowo magistrala danych MK 01, zbudowana z kabla telekomunikacyjnego współosiowego o impedancji 75 om i długości do 2000 m.
- q) Pakiet wejść dwustanowych MC 01, 16 wejściowy, sygnał 0/20 mA.
- r) Pakiet wyjść dwustanowych MC 21, 16 wyjściowy, o obciążalności styków 20, 50, 100, 200, 500 mA.
- s) Pakiet 16 wejść + 16 wyjść dwustanowych MC 41: sygnał wejściowy 0/10 mA, sygnał wyjściowy 0,5 A.
- t) Pakiet sterowania silnikami skokowymi MC 53, do sterowania czterema silnikami skokowymi: sygnał 4—fazowy 0,5A/24V.
- u) Pakiet obsługi sygnałów częstotliwościowych i impulsowych MC 50, obsługujący 8 wejść lub wyjść.
- w) Pakiet komutatora stykowego MA 01, dla komutacji 8 źródeł sygnałów analogowych, jest możliwe utworzenie komutatora równoległego obsługującego do 128 wejść.
- v) Pakiet przetwornika a/c integracyjnego MA 11, o zakresach ± 100 mV, ± 1 V i ± 10 V.
- x) Pakiet obsługi sygnałów analogowych MA 30, z przetwarzaniem mikroprocesorowym, do obsługi 16 sygnałów.
- y) Pakiet wyjść analogowych MA 50.
- z) Pakiet wejść termometrycznych rezystancyjnych MO 11.

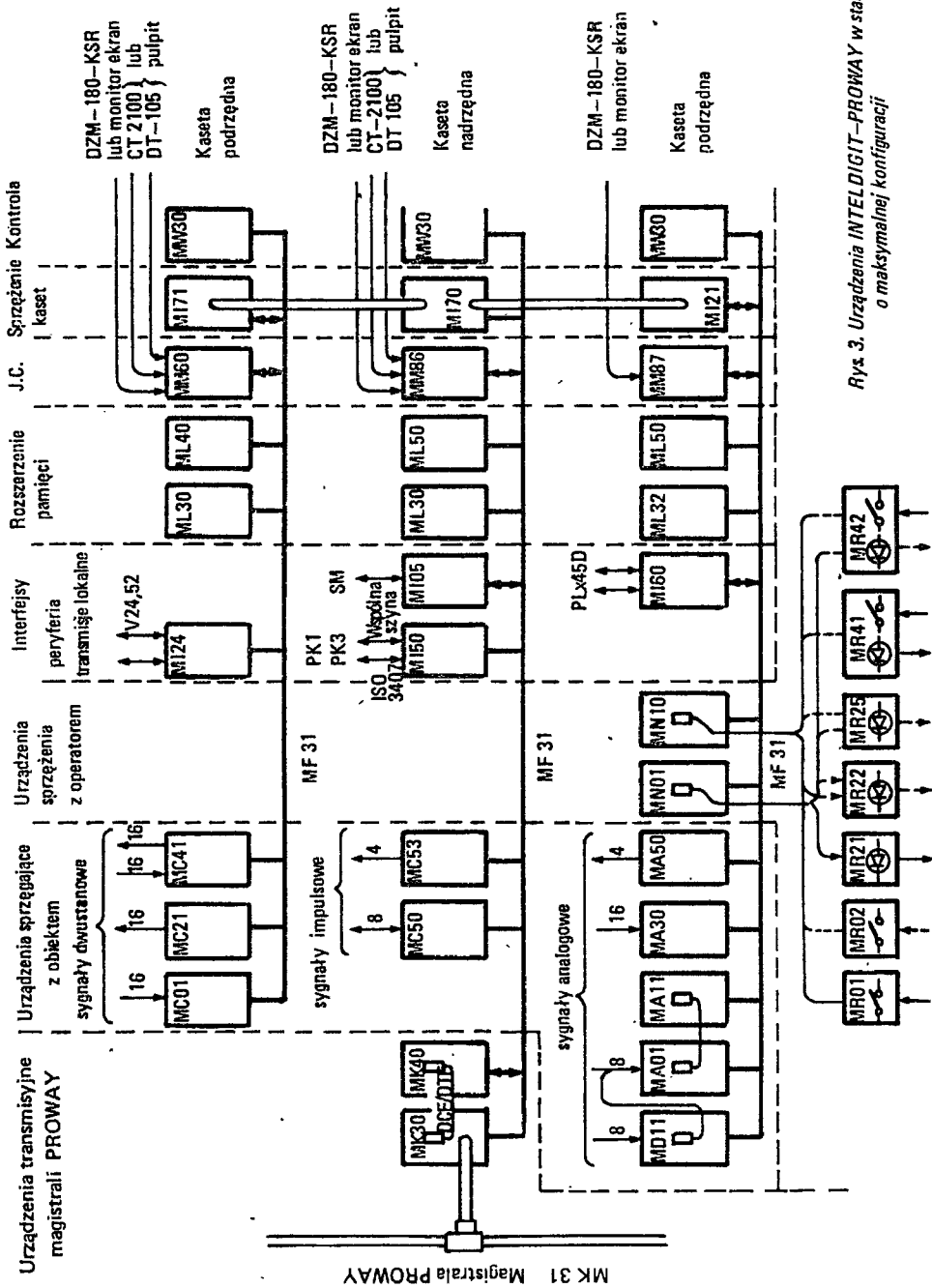
Ponadto są opracowywane urządzenia operatorskie i opracowana konstrukcja mechaniczna i plater magistrali kasyety. Schemat blokowy systemu podano na rys. 3.

6. Przykłady stacji systemu

Przykładami stacji systemu INTELDIGIT—PROWAY przeznaczonymi do zastosowania w przemyśle maszynowym są sterowniki robota złożonego i sterownik grupowy robotów prostych i urządzeń technologicznych.

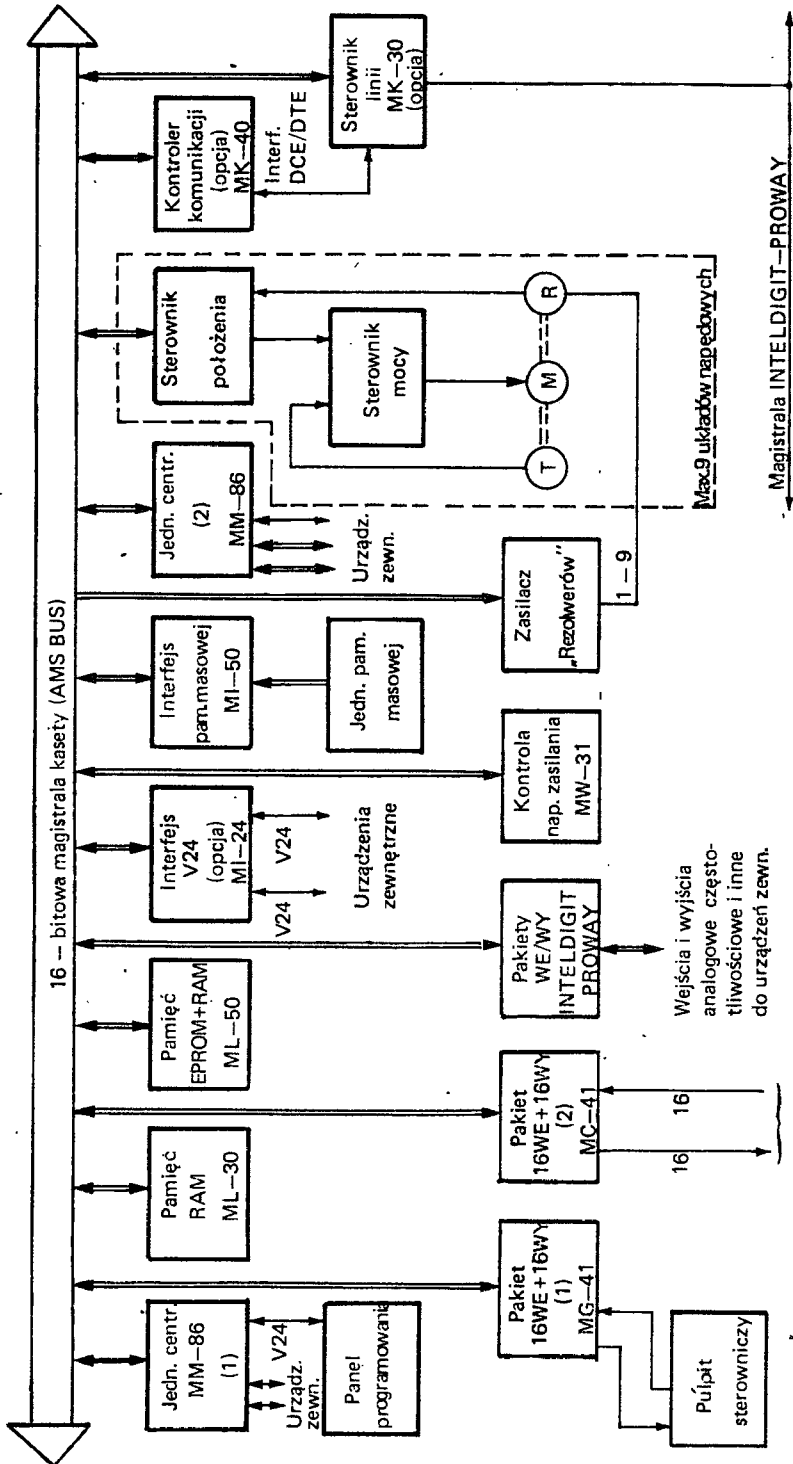
6.1. Sterownik robota złożonego IRb—6 i IRb—60

Schemat blokowy przedstawiono na rys. 4. W skład sterownika wchodzi pakiety systemu INTELDIGIT



Rys. 3. Urządzenia INTELDIGIT-PROWAY w stacji o maksymalnej konfiguracji

MK 31 Magistrala PROWAY



Rys. 4. Schemat blokowy układu sterowania robotów IRb

—PROWAY: 2 x MM 86, ML 30, lub ML 32, ML 50, MI 24, MI 50, MK 40, 30, MW 31 (zmodyfikowany pakiet MW 30). Jako opcja dla pakietów we/wy mogą być użyte MA 30, MC 50, MC 01, MC 21. Ponadto zastosowano pakiety specjalizowane: mikroprocesorowego sterownika położenia i zasilanie rezolwerów oraz pakiety operatorskie: pulpit sterowniczy, panel programowania, sterowniki mocy i stacja pamięci kasetowej, zamiast której można zastosować stację pamięci na dyskach elastycznych — pakiet interfejsowy MP 60.

6.2. Sterownik grupowy robotów prostych i urządzeń technologicznych

Schemat blokowy przedstawiono na rys. 5. W skład sterownika wchodzi pakiety systemu INTEL DIGIT —PROWAY: MM 80, ML 30/32, ML 40, MW 30/32 (zmodyfikowany MW 30), MI 50, MC 31, MK 40, MK 50, pakiety specjalizowane 32 wejściowy i 32 wyjściowy (które w miarę potrzeb mogą być włączone do systemu), pakiet detektora zasilania interfejsu panelu programowania, panel programowania i stacja pamięci kasetowej.

7. Proponowany rozwój systemu

Proponuje się następujące prace nad rozwojem sprzętu systemu [17], [18]:

7.1. Urządzenia transmisyjne sieci lokalnej PROWAY

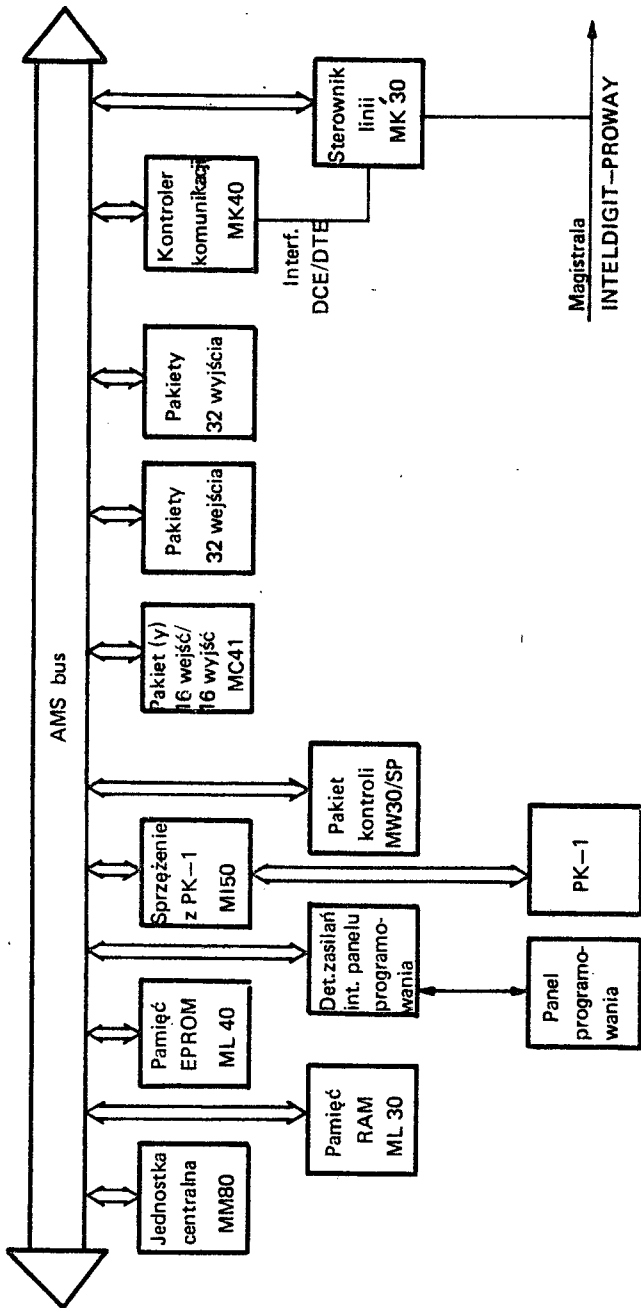
- opracowanie nowego pakietu transmisji PROWAY scalającego funkcje pakietów MK 30 i MK 40; sygnał wyjściowy do WSMD o modulowanej częstotliwości (PhC — FSK) zgodny ze standardami PROWAY A, B, C; pakiet będzie wykorzystywał układy matrycowe TTL,
- opracowanie urządzeń dla obsługi transmisji w sieci miejscowej (FIELD — BUS), której standaryzację rozpoczęto w LEC w tym roku,
- opracowanie pakietu transmisji dla wersji PROWAY — C (prawdopodobnie z wykorzystaniem elementów z KK),
- opracowanie światłowodowej WSMD.

7.2. Urządzenia centralne

- wprowadzenie pakietów MM 16, ML 16 i MM 16 [17] o ile badania wykażą ich kompatybilność z systemem,
- przystosowanie komputera IBM—PC do współpracy z systemem,
- opracowanie pakietu J.C. 32-bitowej,
- opracowanie pakietu sprzężenia z pamięcią typu Winchester produkcji krajowej,
- opracowanie pakietu fonicznego sterowania robotów,
- wprowadzenie elementów CMOS do pakietów.

7.3. Urządzenia sprzężenia z obiektem

- wprowadzenie do stosowania elementów listwowych konstrukcji IKSAiP,
- opracowanie 16-kanałowego przetwornika a/c integracyjnego, który zastąpi pakiety MA 01 i MA 11,
- opracowanie 4-kanałowego przetwornika c/a (0 ... 20 mA, 0...10 V),



Rys. 5. Schemat blokowy sterownika PR-02/SP

- opracowanie pakietu inteligentnego we/wy analogowych (16 WE 54 WY), o funkcjach zdeterminowanych oprogramowaniem przeznaczonego do obsługi procesów szybkozmiennych,
- opracowanie pakietu inteligentnego we/wy cyfrowych (16 WE + 16 WY) o funkcjach zdeterminowanych oprogramowaniem,
- opracowanie pakietu inteligentnego we/wy mieszanych, inteligentnego pakietu liczącego (8 WEAN + 4 WY AN + 8 WED + 8 WYD) o funkcjach zdeterminowanych oprogramowaniem,
- opracowanie pakietu dla sterowania procesów szybkich (np. serwosystemów hydraulicznych), bazującego na procesorach sygnałowych np. INTEL 2920, NEC 7710, TMS 320,
- opracowanie urządzeń współpracujących z magistralą miejscową FIELD-BUS.

7.4. Urządzenia sprzężenia z operatorem

- wdrożenie urządzenia do wprowadzenia danych przez wskazywanie palcem (TOUCHSCREEN) dla monitora ekranowego,
- modernizacja pakietów sterowania uniwersalnego MN 10X przy zastosowaniu mikroprocesora jednoelementowego,
- zastosowanie miejscowych interfejsów komunikacyjnych np. FIELD-BUS, światłowodowe, łącze podczerwone,
- adaptacja mikrokomputera osobistego (np. IBM-PC) do wprowadzania danych przez wskazywanie palcem.

7.5. Stacje i sterowniki małogabarytowe

Opracowanie małogabarytowej stacji systemu, nie zawierającej kasety, magistrali kasety i okablowania. Wszystkie płyty byłyby połączone złączami pośrednimi.

Stacja zawierałaby:

- wejść i wyjść obiektowych 96 lub 144
- mikroprocesor 16 bitowy
- całkowitą pamięć o pojemności co najmniej 128 kB
- wbudowane urządzenie transmisji PROWAY – A
- kanał interfejsu V 24.

7.6. Urządzenia serwisowe i technologiczne

- opracowanie stacji serwisowo–diagnostycznej
- adaptacje IBM-PC do automatycznego uruchamiania i testowania pakietów.

Omówiony wyżej projekt programu rozwoju systemu jest obecnie dyskutowany z MERA-ZAP. Propozycje te nie obejmują podsystemu dla regulacji ciągłej, specjalizowanych urządzeń podsystemu sterowania robotów, ich programy rozwojowe będą omawiane oddzielnie.

8. Podstawowe informacje o oprogramowaniu systemu INTEL DIGIT-PROWAY [4]

8.1. Hierarchia stacji

W zależności od wykonywanych funkcji i zakresu typów ramek wymienianych z magistralą, stacje mogą mieć różne funkcje w systemie:

- zarządca (director)
- nadzorca (menager)
- sterująca (supervisor)
- inicjująca (initiator)
- odpowiadająca (responder)
- odbierająca (listener)

Poziom zarządcy będzie wykorzystywany w sieciach zawierających dwie lub więcej magistrale; stacja tego poziomu może zarządzać i kontrolować całą sieć.

Stacja pełniąca funkcję nadzorca zarządza działaniem magistrali. Może również nadzorować pozostałe stacje dołączone do tej magistrali. Stacja sterująca kontroluje poprawność pracy magistrali.

Stacja inicjująca może zwracać się do stacji odpowiadającej i żądać od niej danych. Stacja odpowiadająca może przestać odpowiedź na żądanie inicjatora. Stacja odbierająca może jedynie akceptować ramki z linii.

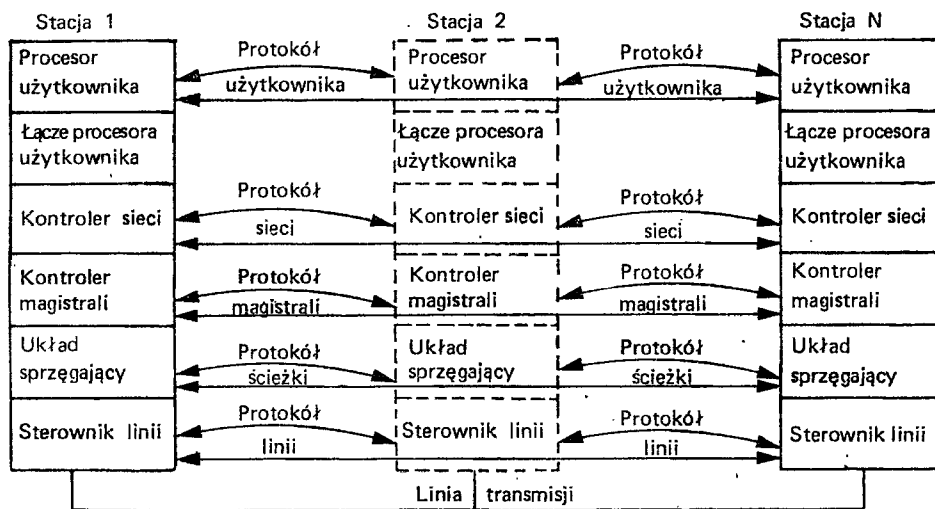
8.2. Protokoły

Strukturę logiczną współpracy stacji definiuje kilka warstw protokołów komunikacyjnych. Każda warstwa współpracuje z warstwą tego samego stopnia w innych stacjach przyłączonych do magistrali.

W ramach stacji jednostka realizująca dany protokół może kontaktować się z jednostkami realizującymi protokoły najbliższej warstwy powyżej i poniżej.

Każdy poziom protokołu jest logicznie zupełny i niezależny od niższych warstw protokołu. Oznacza to, że nowe techniki przekazu mogą być wdrażane przez wymianę jedynie najniższych poziomów protokołu. Podział na warstwy (poziomy) nie musi być związany z fizycznym miejscem realizacji protokołu.

8.2.1. Struktura protokołów (rys. 6)



Rys. 6. Relacje między protokołami PROWAY

Standard PROWAY wyróżnia następujące warstwy (poziomy) protokółów:

- a) protokół linii — jest realizowany przez element łącza linii, jego celem jest przetwarzanie ramek przesyłanych w systemie z wewnętrznej reprezentacji stacji na sygnały transmitowane w linii (i odwrotnie),
- b) protokół ścieżki — określa zasady przetwarzania ramek z postaci równoległej na szeregową (i odwrotnie),
- c) protokół magistrali — nadzoruje pracę magistrali i przeprowadza korektę błędów,
- d) protokół sieci — określa relacje między formami ramek magistrali i sieci, jego celem jest zarządzanie siecią zawierającą więcej niż jedną magistralę,
- e) protokoły użytkownika — ustalają zasady interpretacji danych przesyłanych w ramach.

Standard PROWAY definiuje trzy najniższe warstwy protokółów, tzw. protokoły linii, ścieżki i magistrali. Protokoły pozostałych warstw pozostawione są do określenia przez producenta sprzętu i użytkownika. W niniejszym opracowaniu zostały one podane dla wyjaśnienia roli protokółów standardowych. Wzajemne relacje między poszczególnymi warstwami protokółów pokazano na rys. 6.

8.2.2. Funkcje protokółów

Funkcje i właściwości wspólne

- a) transmisja danych o dużym upakowaniu i wykonywaniu korekcji błędów,
- b) powiadamianie następnego, wyższego poziomu protokołu o błędach, których nie może skorygować,
- c) przesłanie dowolnych danych pola informacyjnego ramki, które zostały do niego wpisane przez następnego wyższy poziom protokołu,
- d) kompletność logiczna,
- e) niezależność od długości linii przesyłowych i szybkości transmisji informacji (wymaganie to nie dotyczy protokołu linii i złącza linii),
- f) dopuszczanie zmiany liczby stacji przyłączonych do magistrali,
- g) dopuszczanie zmiany stanu i trybu pracy stanowisk przyłączonych do magistrali,
- h) możliwość monitorowania i rejestracji wykonania transmisji.

Protokół linii

- a) dopasowuje poziomy i/lub format sygnałów,
- b) zapewnia galwaniczną izolację pomiędzy stanowiskami a linią przesyłową,
- c) monitoruje jakość sygnałów,
- d) generuje i wykrywa bit synchronizacyjny sygnałów,
- e) zapewnia synchronizację ramki, jeśli nie jest to robione przez procesor ścieżki,
- f) wykrywa czy linia przesyłowa jest zajęta (busy), jałowa (idle) lub niepełna (incomplete),
- g) synchronizuje inicjatora, odpowiadającego i odbiorcę (odbiorców),
- h) zabezpiecza stację przed przekroczeniem dopuszczalnego czasu trwania transmisji.

Protokół ścieżki

- a) przetwarza ramkę z postaci szeregowej na równoległą i odwrotnie,
- b) dodaje lub usuwa sygnały synchronizacyjne (w razie potrzeby),
- c) wykrywa błędy synchronizacji ramki,
- d) wykrywa błędy długości ramki,
- e) rozpoznaje ramki adresowane do danej stacji
- f) kontroluje dostęp do wspólnie użytkowanych środków transmisji,
- g) generuje i monitoruje wykrywanie błędów lub kodu korekcji błędów,
- h) skutecznie obsługuje ramki znacznie różniące się długością pól informacyjnych (długość pola informacyjnego ramki może się zmieniać od 2 do 1024 bajtów).

Protokół magistrali

Protokół magistrali określa zasady zarządzania magistralą PROWAY-A oraz zasady korekcji błędów. W zależności od przeznaczenia stacji zakres jej protokołu magistrali może być ograniczony do jednego z poziomów hierarchii wymienionych w p. 8.1 z wyłączeniem poziomu zarządcy (poziom zarządcy odnosi się do sieci).

Ranga stacji jest określona przez najwyższy potencjalnie posiadany przez nią poziom protokołu magistrali. Stacja może mieć właściwość wyższego poziomu niż aktualnie wykorzystuje. Stacja jest aktywna na jakimś poziomie jeżeli aktualnie wykonuje funkcję tego poziomu. Na poziomie odbiorcy może być aktywnych wiele stacji. Na pozostałych poziomach może być aktywna tylko jedna stacja danego typu, mimo, że funkcję tę może posiadać potencjalnie wiele stacji.

Stacja, która żąda uaktywnienia na jakimś poziomie, określona jest jako kandydat. Przykładowo stacja, która jest przygotowana do wykonania transmisji danych a nie uzyskała jeszcze statusu aktywnego inicjatora określona jest jako kandydat inicjator.

Niezależnie od poziomu (zakresu protokołu magistrali) każda stacja ma spełniać następujące funkcje:

- a) zapewnić identyczną kolejność ramek u odbiorcy jaka była u nadawcy,
- b) umożliwiać rozszerzone adresowanie (extendable addressing) i dodawać struktury sterujące,
- c) powiadomic następną, wyższą rangą stację o błędach, których nie może skorygować.

Pozostałe funkcje zależą od poziomu stacji:

A. Funkcje stacji odbiorczej

Odbiorca przyjmuje ramki przeznaczone dla niego, lub te, które są nieadresowane, a interesują odbiorcę.

B. Funkcje stacji odpowiadającej

Stacje tego typu przyjmują poprawne ramki zaadresowane do nich i na nie odpowiadają oraz bezpośrednio informują inicjatora o akceptacji skierowanych do nich ramek.

C. Funkcje stacji typu inicjator

Inicjator spełnia następujące zadania:

- a) wysyła ramki do odbiorców,
- b) wybiera stację odpowiadającą wysyłając ramkę zawierającą jej adres,
- c) wykrywa brak potwierdzenia odbioru ramki przez stację odpowiadającą i inicjuje procedury korekcyjne, które, jeśli możliwe, są automatyczne i nie powinny nadmiernie opóźniać innych operacji.

D. Funkcje stacji sterującej

Funkcje sterujące mogą być rozdzielone między wiele stacji i muszą spełniać następujące zadania:

- a) śledzić (monitorować) działanie inicjatora, aby wykrywać i reagować na błędy,
- b) ograniczać, jeśli trzeba, czas i ilość wymienianych ramek, aby zapobiec przeciążeniu magistrali przez inicjatora,
- c) zapewnić ciągłość pracy magistrali, jeśli aktywny inicjator ulegnie awarii,
- d) śledzić działanie ścieżek przekazu informacji,
- e) uruchamiać alternatywne ścieżki przekazu informacji, jeśli są dostępne. Przykładowo, gdy wystąpią w używanym torze przekazu nienaprawialne błędy lub gdy używana linia przesyłowa jest uszkodzona lub odłączona.

Dodatkowe funkcje sterujące

Podane powyżej podstawowe funkcje sterujące mogą być uzupełnione następującymi:

- a) przesyłanie ramek globalnych adresowanych do wszystkich stanowisk,
- b) aktywowanie i odłączanie funkcji niższych rang w innych stacjach,
- c) inicjowanie i ustawianie trybów pracy innych stacji.

E. Funkcje stacji typu nadzorcy

Stacja typu nadzorcy powinna zarządzać magistralą, o ile to możliwe, łącznie z dołączonymi do niej stacjami. W przypadku awarii stacji pełniącej rolę sterującą, stacja nadzorcy powinna przejąć jej funkcje i zapewnić ciągłość pracy magistrali.

Protokół sieci

Protokół sieci określa zasady komunikacji z procesorem użytkownika oraz w przypadku sieci z wieloma magistralami, określa zasady jej zarządzania. W tym przypadku stacja może przyjmować poziom zarządcy.

A. Funkcje protokołów sieci w zakresie komunikacji

- a) konwersja identyfikatorów logicznych nadawcy i odbiorcy na adresy stacji,
- b) organizacja transmisji ramek użytkownika z uwzględnieniem ograniczeń magistrali,
- c) zapewnienie kolejności ramek u odbiorcy identycznej do tej jaka była u nadawcy,
- d) na życzenie użytkownika zapewnienie dodatkowej kontroli błędów.

B. Funkcje protokołów sieci w zakresie zarządzania

- a) przypisywanie nadzoru nad magistralą poprzez ustalenie aktywnego nadzorcy,

- b) wybór nadzorca magistrali z listy kandydatów,
- c) zapewnienie ciągłości pracy magistrali, gdy nie uczyni tego aktywny nadzorca,
- d) w razie potrzeby wybór alternatywnych magistrali pomiędzy urządzeniami,
- e) w razie potrzeby dokonywanie wyboru toru, przechowywanie i przesłania transmisji pomiędzy urządzeniami.

Protokół użytkownika

Protokół użytkownika określa sposób interpretacji danych przeznaczonych dla użytkowników sieci. Przykładami takich protokółów są:

- a) podadresy w urządzeniu,
- b) sygnały sterujące urządzen i ich stany,
- c) formaty danych,
- d) kody znaków.

9. Zakończenie

System INTELDIGIT—PROWAY daje szerokie możliwości prowadzenia prac automatyzacyjnych w przemyśle maszynowym, będzie on uzupełniony i rozwijany w miarę zgłaszanych potrzeb.

Literatura

- [1] Control. Instruments 1983 vol 15 nr 9.
- [2] Hydraul. Pneumatic. Mech. Power 1983 vol 29 nr 346
- [3] High Technologý 1984 vol. 4. nr 2 s. 15—16.
- [4] Aderek A. Missala T.: Wykonanie opracowania kompleksowych założeń systemu MIR—PROWAY i analizy techniczno—ekonomicznej realizacji zadań. Opracowanie MERA—PIAP nr 5152.
- [5] 65C/Centr. Office/3. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part. 1: General description and functional requirements. December 1982.
- [6] 65C/Centr. Office/5. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part. 2: Specification for Highway—User Interface, Logical. June 1984.
- [7] 65C/Centr. Office/6. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part. 3: Specification for Highway Unit Protocol, June 1984.
- [8] 65C/Centr. Office/7. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part 4: Specification for Line Coupler Interface — Logical and Physical Characteristics, June 1984.
- [9] 65C/Central Office/9. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part 5: Specification for the Line Coupler Protocol. February 1985.

- [10] 65C/Central Office/10. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part 6: Specification for the Line Interface—Logical and Physical, February 1985.
- [11] 65C/Central Office/11. Process Data Highway (PROWAY) for Distributed Process Control Systems. Part 7: Recommendations for Transmission Media and Installation Practices. February 1985.
- [12] BN/84/3105—02. Automatyka i pomiary przemysłowe. Interfejs wielodostępnej magistrali kasety systemów mikroprocesorowych 16 i 8-bitowych z płytami o wysokości 233,35 mm i 100 mm.
- [13] Zdecentralizowany mikroprocesorowy system automatyki kompleksowej MIR—PROWAY. Założenia techniczne. MERA—PIAP 1982, nr 4972 (Praca zbiorowa wykonana pod redakcją dr A. Syrczyńskiego).
- [14] PN—84/M—42025. Automatyka przemysłowa. Typowa konstrukcja mechaniczna urządzeń elektronicznych. Rodzaje i główne wymiary. Projekt.
- [15] PN—84/M—42020. Automatyka i pomiary przemysłowe. Urządzenia ogólne, wymagania i badania.
- [16] Zdecentralizowany mikroprocesorowy system automatyki kompleksowej INTEL DIGIT—PROWAY; Prospekt MERA—PIAP 1985.
- [17] INTEL DIGIT—PROWAY. Zdecentralizowany Mikroprocesorowy System Automatyki Przemysłowej; Prospekt MERA—ZAP 1985.
- [18] Koncepcja rozwoju systemu INTEL DIGIT—PROWAY. MERA—PIAP, sierpień 1985, nr rej. 5454 (Majdan K. i inni).