

Zbigniew Korzeń

Zakład Logistyki i Systemów Transportowych Politechniki Wrocławskiej

FIELDBUS'owe sieci komunikacji informacyjnej

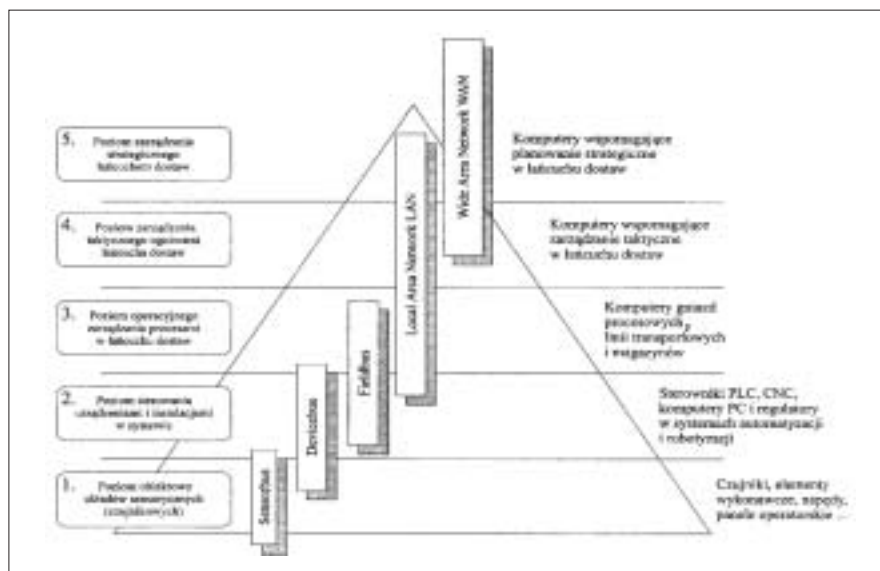
w logistycznych łańcuchach dostaw

Na tle ogólnej charakterystyki systemów komunikacji informacyjnej stosowanych w łańcuchach dostaw omówiono zasady funkcjonowania oraz uwarunkowania wdrożeń tzw. sieci FIELDBUS'owych. Sieci tego rodzaju określone również mianem „magistral miejscowych” łączą zrobotyzowane oraz zautomatyzowane urządzenia wykonawcze, węzły procesowe i instalacje strukturalne funkcjonujące w nowoczesnych systemach komputerowo zintegrowanej logistyki przedsiębiorstw produkcyjnych oraz dystrybucyjnych (typu centrów zaopatrzeniowych, terminali intermodalnych, zautomatyzowanych zespołów magazynowych itp.).

Śledząc rozwój inżynierii łańcuchów dostaw (*Supply Chain Technology*) można zauważyć, iż współcześnie zależy on w mniejszym stopniu od klasycznej inżynierii maszyn i urządzeń (nawet zrobotyzowanych), natomiast znacznie bardziej od komputerowo zintegrowanego współdziałania i tzw. „elastycznej kompozycji” różnorodnych technik i technologii [2]. Efektywny postęp w planowaniu oraz sterowaniu przepływami olbrzymich ilości materiałów (stałych, ciekłych i gazowych) w sieciach dostaw o zasięgu zarówno globalnym, regionalnym jak i lokalnym jest już w zasadzie niemożliwy bez wykorzystania zaawansowanych technik i technologii telekomunikacyjnych, informatycznych oraz automatyzacyjnych. Rys. 1 przedstawia hierarchiczny model swego rodzaju piramidy informacyjnej integracji łańcucha dostaw.

Piramidę taką tworzy pięć poziomów zapewniających:

- komunikację w obszarach strategicznego i taktycznego zarządzania łańcuchem dostaw (poziomy 5 i 4), w których dominują usługi transferu dużej ilości danych. W obszarach tych wykorzystuje się rozległe sieci komputerowe WAN (*Wide Area Network*) i sieci lokalne LAN (*Local Area Network*)
- komunikację w obszarach funkcyj-



Rys. 1. Piramida informacyjnej integracji w logistycznym łańcuchu dostaw (opracowanie własne).

wania gniazd i linii produkcyjnych, logistycznych węzłów procesowych, instalacji infrastrukturalnych np. magazynowych, manipulacyjnych, transportowych itp. (poziomy 3 i 2), w których wykorzystuje się rozwiązania dla sieci lokalnych LAN oraz zapoczątkowane już w latach 80 standaryzowane rozwiązania FIELDBUS'owe. Sieci te mają za zadanie transmisję danych do/z nadrzędnego systemu sterowania oraz tzw. modułów I/O (wejścia/wyjścia), odnoszących się do sterowanych lub tylko monitorowanych obiektów w systemie

- komunikację pomiędzy sterownikami PLC (*Programmable Logic Controllers*) obiektów sterowanych lub monitorowanych w systemie oraz czujników i elementów wykonawczych (poziomy 2 i 1). Na tych poziomach komunikacji wykorzystuje się cykliczną transmisję niewielkiej liczby tzw. danych obiektowych (wskazania pomiarowe, nastawy regulatorów, poziomy alarmowe, opcje czasowe itp.). Stosuje się tu tzw. obiektowe magistrale sterowników (*DEVICEBUS*) oraz strukturalne łącza czujników (*SENSORBUS*). **Rozległa sieć komputerowa (WAN)** jest

systemem telekomunikacyjnym, którego zadaniem jest połączenie oddalonych geograficznie od siebie systemów komputerowych w jedną sieć informatyczną. Łączy ona systemy komputerowe znajdujące się poza obszarem należącym do jednego przedsiębiorstwa, sięgając po obszary publiczne, krajowe i międzynarodowe. Połączenia w sieciach WAN są zazwyczaj realizowane za pomocą publicznej sieci telekomunikacyjnej – PSTN (*Public Switched Telephone Network*), a także publicznej sieci pakietowej PSDN (*Public Switched Data Network*). Jak się powszechnie uważa, przyszłość komunikacji w sieciach rozległych WAN będzie należała do sieci ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). ATM jest technologią o zintegrowanych usługach, zapewniającą:

- nieograniczoną szerokość pasma na żądanie
- transmisję danych, głosu i obrazu za pośrednictwem jednej, elektronicznej infrastruktury
- ciągle łącza między sieciami LAN i WAN.

Technologia ta może być stosowana zarówno w sieciach rozległych, jak i w sieciach lokalnych.

Lokalna sieć komputerowa (LAN)

obejmuje swoim zasięgiem budynki lub grupę budynków w przedsiębiorstwie i doskonale spełnia swoje zadania przy połączeniach komputerów w technicznych oraz ekonomicznych działach przedsiębiorstwa. Standaryzacją lokalnych sieci komputerowych na szeroką skalę zajął się amerykański Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) oraz organizacja ISO (*International Standard Organization*). IEEE powołał komitet IEEE 802, który zainicjował szereg projektów dotyczących interfejsów, protokołów i zagadnień implementacyjnych dla sieci LAN.

Ciesząc się obecnie największą popularnością technologie sieci lokalnych LAN (*Local Area Network*) to przede wszystkim Ethernet (10 Mbit/s) oraz Token Ring (4 Mbit/s lub 16 Mbit/s). Na sukces sieci Ethernet, dominującej technologii na rynku LAN pod względem liczby działających instalacji, składają się przede wszystkim: dostępność na rynku produktów sieciowych (sprzętu i oprogramowania) oraz względnie korzystne ceny tych produktów. Dynamiczny rozwój techniki komputerowej oraz rosnące wymagania co do liczby i szybkości przysyłanych danych w systemach komputerowych spowodowały, że zauważono potrzebę zbudowania szybkiej sieci lokalnej tzw. Fast-LAN. Zastosowanie tej technologii może mieć miejsce w sieciach zakładowych, na przykład w biurach konsultingowych i projektowych czy też w złożonych aplikacjach multimedialnych (Intranet). Wśród wielu technologii określanych jako Fast-LAN na uwagę zasługują takie jak: szybki Ethernet (*Fast Ethernet*) – 100 Base-T, 100VG-AnyLAN. FDDI (Fiber Digital Distribution Interface), ATM (Asynchronous Transfer Mode) – 155 Mbit/s, ATM – 25 Mbit/s.

Problematyka zastosowań FIELDBUS'owych sieci komunikacji informacyjnej w logistycznych systemach zintegrowanej produkcji i dystrybucji jest przedmiotem niniejszego referatu. Problematyka dotycząca sieci typu DEVICEBUS oraz SENSORBUS nie jest w niniejszym referacie rozważana, bowiem sieci tego rodzaju z zagadnieniami komputerowego sterowania procesami o charakterze logistycznym wiążą się już tylko w sposób pośredni, a ich tworzenie dotyczy w głównym stopniu inżynierii automatyzacji.

Sieci komunikacyjne FIELDBUS – ustalenia formalne

W nowoczesnych logistycznie zintegrowanych łańcuchach dostaw już na poziomie operacyjnym zarządzania nieodzowna jest komputerowa integracja, uwzględniająca wymianę danych, sterowanie i kontrolę.

Z tego powodu już w latach 80 wysiłek projektantów systemów komunikacji informacyjnej zaczął się skupiać na:

- zastępowaniu analogowych pętli prądowych 4 (20 mA transmisją cyfrową sygnałów przez łącza szeregowo
- multipleksowaniu zdigitalizowanych danych pomiarowych i poleceń z/do wielu urządzeń wykonawczych i sterowników, stanowiących podstawę rozwoju sieci miejscowych, określonych mianem FIELDBUS.

Podczas projektowania systemów FIELDBUS'owych założono także, że będą to rozwiązania otwarte, o architekturze wielogałęzistej. Protokół komunikacyjny tych systemów opiera się na modelu referencyjnym ujętym w normie ISO 7498. Zgodnie z opublikowanym w Niemczech raportem technicznym nr 15 komisji DCIM (*DIN Computer Integrated Manufacturing*) system FIELDBUS powinien transmitować względnie małą liczbę danych między urządzeniami automatyki przemysłowej (czujniki, elementy wykonawcze) i sterownikami urządzeń, z użyciem cyfrowych łącz komunikacyjnych, w czasie krótszym od 10 ms. Preferowanym łączem komunikacyjnym dla tego systemu jest RS 485.

Zastosowanie sieci FIELDBUS'owych pozwala na:

- **rozproszenie sterowania** – sterowanie procesem może odbywać się na poziomie poszczególnych węzłów dołączonych do magistrali. Węzły, jako inteligentne układy, mogą na podstawie informacji zebranych w systemie i po odpowiednim ich przetworzeniu, sterować w odpowiedni sposób urządzeniami wykonawczymi. Oczywiście wymagane jest uprzednie zaprogramowanie ich działania.
- **jednoczesne sterowanie wielu urządzeń** – węzeł może obsługiwać równocześnie kilka urządzeń w systemie, a równocześnie stanowić dane wejściowe dla innych węzłów
- **wzajemną komunikację urządzeń wchodzących w skład systemu** – poprzez przyłączenie węzłów do wspólnego medium komunikacyjnego (ma-

gistrali) możliwa jest wymiana informacji pomiędzy wszystkimi elementami systemu

- **możliwość uzyskania „natychmiastowej” informacji o stanie urządzeń w systemie** – istnieje możliwość konfigurowania układów autodiagnostycznych
- **możliwość programowania pracy układów** – istnieje możliwość programowania działania pracy poszczególnych węzłów co poszerza zakres zastosowań
- **generowanie zestawień statystycznych** dotyczących np. zużycia energii, przetransportowanej masy towarowej itp.
- **możliwość zdalnej kontroli i sterowania urządzeniami wchodzącymi w skład systemu**
- **elastyczność rozwiązań** – istnieje możliwość dołączania nowych komponentów i usuwania istniejących. Obecnie zastosowanie technologii FIELDBUS dotyczy w głównej mierze:
 - komunikacji informacyjnej w systemach produkcyjnych, transmitującej przepływ sygnałów do/z elementów wykonawczych, regulatorów PID, sterowników PLC i CNC, przetworników pomiarowych itp. w maszynach technologicznych, gniazdach, centrach i stacjach obróbkowych, urządzeniach transportowych, manipulacyjnych, obsługowych i innych realizujących określone procesy fizyczne [5]
 - komunikacji informacyjnej w tzw. inteligentnych budynkach oraz infrastrukturalnych obiektach zaplecza produkcyjnego, magazynowego, dystrybucyjnego i ekspedycyjnego przedsiębiorstw w celu automatycznie sterowalnej obsługi, np. układów i instalacji antywłamaniowych, przeciwpożarowych, oświetleniowych, zasilania energetycznego, kontroli obecności, pracy wind, dźwigów, doków, bram wjazdowych, bramek wejściowych, wag, dystrybutorów paliwowych itp. [3, 4].

Charakterystyka wybranych technologii sieci komunikacyjnych FIELDBUS

Z badań rynkowych prowadzonych przez niezależną firmę ARC (Automation Research Corporation) w Massachusetts (USA), których wyniki są oficjalnie corocznie prezentowane w Europie podczas trwania targów Hannover Messe wynika, że w dziedzinie systemów komunikacji informacyjnej typu FIELDBUS

przodują technologie: INTERBUS-S, LONWorks, PROFIBUS i CAN. Tabela 1 zawiera podstawowe cechy tych technologii.

InterBus-S jest standardem zaprojektowanym i rozwijanym przez niemiecką firmę Phoenix Contact. Sieć ta ma strukturę pierścienia logicznego i jest sterowana z jednostki nadrzędnej tzw. Master Board, którą może być sterownik PLC, CNC lub przenośny komputer PC. System ten umożliwia przyłączenie 256 węzłów (tzw. drops) do jednej sieci oraz pozwala na obsługę 4096 cyfrowych wejść/wyjść (także analogowych). Sieć ta charakteryzuje się deterministyczną techniką dostępu do medium transmisyjnego (tzw. *one total frame*) i czasem cyklu wymiany danych rzędu kilku milisekund w zależności od konfiguracji sieci. System ten jest otwarty i szeroko wykorzystywany głównie w Europie i USA. Został on objęty niemiecką normą DIN 19258.

LONWorks (*Local Operating Network*) jest rozwijany przez firmę Echelon Company (USA). System ten wykorzystuje układ scalony tzw. Neuron, który zawiera system komunikacji, sterowania i pamięć, a także kompletny stos protokołów ISO/OSI. LONWorks wykorzystuje wiele rodzajów mediów komunikacyjnych, takich jak: para przewodów skręconych, kabel koncentryczny, światłowód, radio, linie energetyczne. Maksymalna prędkość transmisji wynosi 1,25 Mbit/s na odcinku o długości 500 m i 78 kbit/s na odcinku 1200 m. Sieć LONWorks ma głównie zastosowanie w aplikacjach produkcyjnych (m. in. w transporcie bliskim i zautomatyzowanych systemach magazynowo-produkcyjnych).

PROFIBUS (*Process Field Bus*) jako standard sieci miejscowej powstał w 1991 roku w Niemczech z inicjatywy trzech firm: Bosch, Klockner-Moeller oraz Siemens. Sieć ta jest standardem uznanym przez DIN i ujętym w normie DIN 19245. PROFIBUS FMS jest rozwiązaniem uniwersalnym, które jest przeznaczone do stosowania na poziomie gniazd produkcyjnych i linii transportowych oraz na poziomie zautomatyzowanych i zrobotyzowanych obiektów (np. magazynowych, zrobotyzowanych gniazd paletyzacyjnych itp.). Wariantami systemu PROFIBUS są: PROFIBUS DP (*Decentralised Peripherals*), który jest przeznaczony do pracy w obszarze czujników/elementów wykonawczych oraz PROFIBUS PA

Tab. 1. Podstawowe cechy standardów sieci FIELDBUS [5].

Cecha	InterBus-S	PROFIBUS FMS	PROFIBUS DP	CAN/DeviceNet	LONWorks
Twórca systemu	Phoenix Contact Niemcy	PTO Niemcy	PTO Niemcy	Bosch/Allen-Bradley Niemcy/USA	Echelon Corp. USA
Norma	DIN 19258	DIN 19245 cz. 1 i 2	DIN 19245 cz. 3	ISO 11898 ISO 11519	—
Topologia systemu	linia, drzewo	linia, drzewo	linia, drzewo	linia, drzewo	linia, gwiazda
Medium fizyczne	skrętka, światłowód	skrętka, światłowód	skrętka, światłowód	skrętka	skrętka, światłowód
Maksymalna długość sieci (skrętka)	12,8 km przy 500 kbit/s	1200 m przy 93,75 kbit/s	1200 m przy 93,75 kbit/s	500 m przy 125 kbit/s	1200m. przy 78 kbit/s
Szybkość transmisji	500 kbit/s	9,6 kbit/s-1,5 Mbit/s	9,6 kbit/s-12 Mbit/s	1 Mbit/s	1,25 Mbit/s
Maks. liczba stacji w sieci	256	127	127	64	323
Metoda arbitrażu	—	Token-Passing	Token-Passing	CSMA	CSMA
Implementacja warstwy aplik.	PMS	FMS	DDL M	CAL	LonTalk

Oznaczenia:
 PTO – Profibus Trade Organisation
 PMS – Peripherals Message Specification
 FMS – Fieldbus Message Specification
 DDL M – Direct Data Link Mapper
 CAL – CAN Application Layer
 DIN – Deutsche Industrie Normen
 ISO – International Standard Organisation

(*Process Automation*), który jest przeznaczony do pracy w środowiskach zagrożonych wybuchem.

CAN (*Controller Area Network*) jest magistralą zaprojektowaną i rozwijaną w Niemczech przede wszystkim przez firmę Bosch (wraz z firmami Philips oraz Intel) pod koniec lat 80-tych. Sieć ta była pierwotnie przeznaczona głównie do zastosowań w samochodach, lecz obecnie znalazła także zastosowanie w przemyśle wytwórczym i automatyce przemysłowej. Jest to system o dużej szybkości transmisji danych (do 1 Mbit/s) i dużej niezawodności. Wykorzystuje się w nim technikę komunikacyjną typu *peer-to-peer* i metodę dostępu do magistrali CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*). Obecnie jest on uznany przez ISO i został znormalizowany jako standard ISO 11898. W latach 1993-94 system oparty na technice CAN zdobył uznanie jako standard przeznaczony do zastosowań w samochodach osobowych w Ameryce oraz jako standard dla zastosowań w samochodach ciężarowych. W Niemczech (Erlangen) znajduje się organizacja CiA (CAN in Automation) zajmująca się propagowaniem tego systemu. W oparciu o standard CAN przez firmę Allen-Bradley jest rozwijany system DeviceNet. W rozwiązaniu tym stosuje się 4-parową skrętka (para sygnałowa oraz para zasilająca). System taki jest zdolny do

obsługi do 64 węzłów w jednej sieci z szybkością zależną od długości przewodów. I tak, np. szybkość transmisji 500 kbit/s jest możliwa do uzyskania przy 100 m długości przewodów, a 125 kbit/s przy 500 m.

Aktualne problemy wdrożeniowe i trendy rozwojowe sieci FIELDBUS'owych

W praktycznym doborze konkretnych rozwiązań sieci FIELDBUS'owych dedykowanych m. in. na użytek logistycznie zintegrowanych systemów produkcji i fizycznej dystrybucji towarów należy przede wszystkim brać pod uwagę następujące uwarunkowania:

- **szybkość magistrali** – wybór szybkości magistrali jest pewnym kompromisem zależnym od aplikacji i własności magistrali. Niska prędkość może prowadzić do niespełnienia ograniczeń czasowych, występowania wąskich gardeł i ograniczenia możliwości rozwoju systemu. Duża szybkość transmisji sygnałów powoduje zmniejszenie maksymalnej długości magistrali lecz z drugiej strony zwiększa wrażliwość na szumy oraz zwiększa wymagania co do interfejsu sieciowego i aplikacji
- **ilość obsługiwanych urządzeń** – w przypadku obsługi złożonych obiektów i zalecana liczba węzłów dołączonych do magistrali nie powinna być większa od kilkudziesięciu

- **rodzaj (elastyczności) protokołu** – umożliwia operowanie na różnych typach medium fizycznego oraz na różnych topologiach sieciowych. Dla przykładu typologia magistrali może być optymalna dla skrętki, natomiast dla światłowodów lepszym rozwiązaniem może być topologia gwiazdy lub pierścienia. Rodzaj użytego medium może być istotny ze względu na pewność przesyłu danych i zakłócenia elektromagnetyczne
- **koszt w przeliczeniu na węzeł** – prostsze protokoły mają mniejsze wymagania sprzętowe oraz programowe i są zwykle tańsze. Szczególnie jest to ważne dla aplikacji „czułych” na koszty i przy dużej liczbie węzłów. Dla aplikacji, dla których przewiduje się dalszą rozbudowę sieci, lepszymi rozwiązaniami mogą być bardziej zaawansowane protokoły, nie mające zbyt dużych ograniczeń co do ilości obsługiwanych węzłów.

Ponieważ charakterystyki czasowe i wydajnościowe sieci są związane z ich rozmiarami, wybór rodzaju użytej magistrali będzie zawsze pewnym kompromisem związanym z zapewnieniem odpowiedniego zasięgu przy zachowaniu wymaganej szybkości transmisji (przy jednoczesnym dążeniu do zmniejszenia kosztów zainstalowania i eksploatacji sieci).

Dotychczas mimo coraz szerszej akceptacji standardowych interfejsów oraz protokołów komunikacyjnych, problem współpracy różnych urządzeń pochodzących od różnych producentów (interoperability) nie został w pełni rozwiązany. Zapewnienie efektywnej i elastycznej komunikacji między modułami i różny-

mi składnikami rozproszonej aplikacji jest jak dotychczas względnie drogie. Przyczyna tkwi w wykorzystywaniu różnych systemów operacyjnych, języków programowania oraz niedostatecznie wyspecyfikowanych interfejsów aplikacyjnych.

Proponowanymi nowymi rozwiązaniami integracyjnymi w zakresie rozproszonych heterogenicznych systemów są tzw. platformy programistyczne (Middleware). Oprogramowanie to stanowi dodatkową warstwę na której „osadzone” są komponenty aplikacji rozproszonej. Dzięki nim, budowa rozproszonych aplikacji staje się bliższa idei „budowy oprogramowania z klocków” a system wyraźnie bardziej elastyczny, np. dzięki usłudze wyszukiwania operacji w sieci.

Do najistotniejszych rozwiązań w tym zakresie należą obecnie dwa rozwiązania o akronimach:

- COBRA (*Common Object Request Broker Architecture*)
- OPC (*OLE for Process Control*).

Bliższe informacje nt. tych rozwiązań czytelnik znajdzie m. in. w opracowaniach [1], [2].

Daje się w ogólności zauważyć, że rozwój technologii internetowych/intranetowych w produkcji i dystrybucji wymusza wręcz ich integrację z urządzeniami zaawansowanej automatyki. Dotyczy to zarówno systemów wizualizacji procesów zdalnego sieciowego oprogramowania sterowników, jak również tzw. „monitoringu na odległość” szerokiej gamy urządzeń techniki logistycznej. Tego rodzaju integracja wnosi nową jakość do systemów sterowania procesami fizycznymi w logistyce, a mianowicie udostępnia dane procesowe, parametryczne oraz diagnostyczne bezpośrednio przez przeglądarkę stron WWW oraz generuje dodatkowe mechanizmy komunikacji z użytkownikiem, jak np. e-mail, GSM, GSP. Właściwy dobór, niezawodne działanie i racjonalna eksploatacja oraz dalszy rozwój sieciowych systemów FIELD-BUS'owych wiąże się z koniecznością realizacji odpowiednich badań na instalacjach doświadczalnych. Obecnie takie badania w Polsce są prowadzone w:

- Laboratorium Ośrodka Szkolenia i Kompetencji Sieci FIELD-BUS w Instytucie Technologii Maszyn i Automatykacji (ITMiA) Politechniki Wrocławskiej,
- Laboratorium Systemów Sieciowych w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów (PIAP) w Warszawie.

Wnioski

1. Wielowarstwowe systemy komunikacji informacyjnej odgrywają w łańcuchach dostaw rolę fundamentalną, stanowią bowiem szkielet integrujący wszystkie ich obszary funkcjonalne (ogniwa składowe).
2. Różnorodne wymagania co do liczby i obszaru przesyłania danych, czasu transferu oraz bezpieczeństwa i ochrony danych, spowodowały podział sieciowych systemów komunikacji informacyjnej na następujące podstawowe kategorie: sieci rozległe WAN, sieci lokalne LAN, sieci miejscowe FIELD-BUS, sieci sterowników DEVICEBUS oraz sieci sensoryczne SENSORBUS.
3. W systemach sieci miejscowych FIELD-BUS funkcjonujących na poziomie operacyjnym sterowania łańcuchem dostaw, najbliższa przyszłość będzie należała zdaniem ekspertów do technologii Inter-Bus-S, LONWorks, PROFIBUS oraz CAN.
4. Kolejne unowocześnienia i rozszerzenia protokołów komunikacyjnych sieci FIELD-BUS'owych pozwalają na zastosowanie ich w nowych, coraz bardziej wymagających obszarach. Kompleksowe podejście do budowy komputerowo zintegrowanych, sieciowych systemów automatyki, wiąże się z koniecznością wzajemnej komunikacji różnych urządzeń. Różnice te wynikają między innymi z innej bazy sprzętowej, innego systemu operacyjnego i często z innego języka programowania. Naprzeciw tym problemom wychodzą platformy komunikacyjne tzw. *middleware* takie jak, np. COBRA i OPC, które nabierają coraz to większego znaczenia w budowie rozproszonych systemów sterowania fizycznymi procesami w logistyce.

S P R O S T O W A N I E

Sprostowanie do Raportu Specjalnego Data Group „Rynek Usług Logistycznych w Polsce” nr 12, listopad 2001

W katalogu „Operatorzy Logistyczni w Polsce” (s. 8) błędnie podano niektóre dane dotyczące firmy Masterlink Express.

Właściwe dane są następujące:

akcjonariat:	Poczta Szwedzka – 95%, pozostali – 5%
telefon:	(22) 668 08 00
liczba oddziałów w kraju:	brak danych
liczba oddziałów za granicą:	brak danych

Za pomyłkę firma Data Group serdecznie przeprasza.

LITERATURA

- [1] Adam W., Foitzik V., Siering Ch.: COBRA in Steuerungs-bau, ZWF No 9, 1998;
- [2] Buchwitz M., Jetter M.: Das Netz ist die Steuerung, Technologiesprung in der Steuerungstechnik, Elektronik No 8 1999;
- [3] Drwał A.: Możliwości zastosowania magistral miejscowych w systemach automatyki budynków, Materiały Konferencji N. T. „Automation” 98 „, PIAP, Warszawa 1998;
- [4] Korzeń Z.: Inteligentne magazyny – logistyczne uwarunkowania integracji systemów. Polski Kongres Logistyczny. LOGISTICS 2000; IliM, Poznań 2000;
- [5] Skura K. (red.): Kierunki rozwoju systemów komunikacyjnych w automatyce przemysłowej, Prace Naukowe IT-MiA Politechniki Wrocławskiej Nr 78, Seria Konferencje Nr 36, Automatykacja Produkcji” 2000, Wrocław 2000.