



## Aplikacja standardu Ethernet w sieci szkieletowej

MARIAN WRAŻEŃ, ARTUR BAJDA, MIROSLAW POPIS

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Telekomunikacji,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

**Streszczenie.** Potrzeby komunikacyjne, wynikające z sieciocentrycznego pola walki i zmiany zachodzące w środowisku telekomunikacyjnym, wyznaczają kierunek rozwoju systemu telekomunikacyjnego. Trendy integracyjne systemów telekomunikacyjnych i informatycznych powodują, że perspektywiczny system łączności będzie systemem teleinformatycznym, w którym wiodącą będzie technologia pakietowa oparta na protokole IP. Protokół ten zostanie wyposażony w rozwinięte mechanizmy gwarancji jakości oferowanych usług oraz interconnectu globalnego z gwarancjami zarówno jakości usług, jak i bezpieczeństwa. Istotną rolę będzie spełniał bezprzewodowy system szerokopasmowy. Zyskają na znaczeniu usługi związane z bezpieczeństwem sieci teleinformatycznej i danych.

**Słowa kluczowe:** sieć szkieletowa, środowisko sieciocentryczne, QoS, systemy telekomunikacyjne

**Symbole UKD:** 623.611: : 621.394/.397

### 1. Wstęp

Środowisko sieciocentryczne (NEC) wprowadza znaczne zmiany w algorytmie kierowania, wskutek rozszerzenia przestrzeni kierowania o sieć sensorów, użytkowników informacji oraz elementów wykonawczych, które niekoniecznie muszą znajdować się we wspólnym obszarze działań, a świadczą usługi na korzyść systemu wykonawczego. System sieciocentryczny w przypadku wykrycia ukrytego celu przez wyspecjalizowane, penetrujące sensory umożliwia przeglądanie zapisów archiwalnych pochodzących z innych sensorów oraz ułatwia kojarzenie informacji.

Dla zapewnienia wsparcia informacyjnego stosowane mogą być różnorodne rozwiązania, od elektronicznej wymiany danych typu punkt–punkt do zaawansowanych rozwiązań, bazujących na wykorzystaniu usług internetowych. Wymagane jest wykorzystanie elastycznej, określonej standardami architektury, efektywnie

wspierającej zarówno współpracę różnych aplikacji, jak i współdzielenie danych różnego typu. Jedną z takich architektur ma być architektura zorientowana usługowo — ang. *Service Oriented Architecture*, (SOA), której celem jest zapewnienie luźnego współdziałania agentów softwarowych, którymi mogą być systemy, użytkownicy, bądź też urządzenia. SOA jest propozycją sposobu organizowania i wykorzystywania rozproszonych zdolności (ang. *capabilities*), które mogą być własnością rozłącznych domen. Architektura zapewnia zunifikowane środki do oferowania, wyszukiwania, wykorzystywania i interakcji ze zdolnościami w celu osiągnięcia pożądanego efektu, zgodnego z mierzalnymi założeniami i oczekiwaniami.

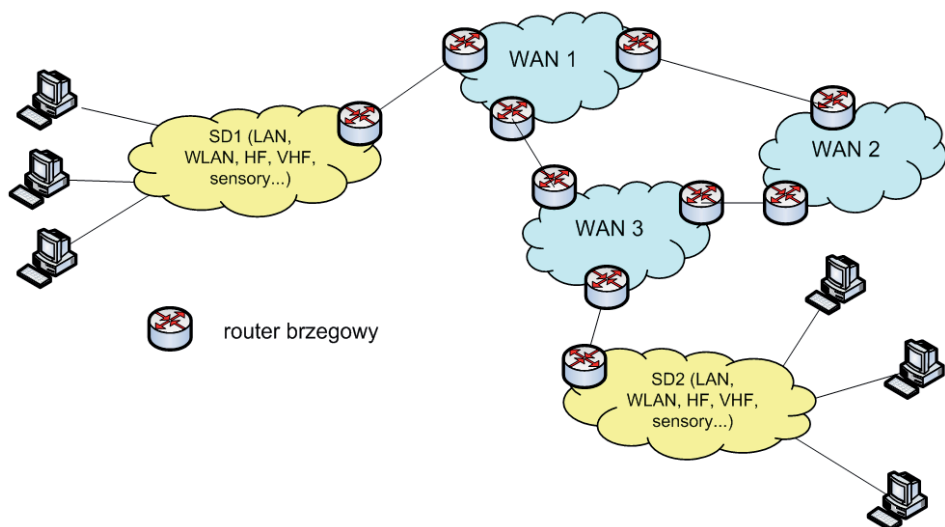
Działania sieciocentryczne zakładają dostarczanie dużej ilości informacji decydom. Zadanie dystrybuowania tych informacji musi być dokładnie rozważone, gdyż bardzo prawdopodobne staje się przeciążenie sieci telekomunikacyjnej zbyt dużą ilością danych. Kluczowe staje się tu dostosowanie przepływu informacji oraz wyszukiwanie potrzebnych danych wśród zestawu dostawców/dostępnych rejestrów.

W warunkach NEC rozproszona warstwa kliencka inicjuje wykonanie zadań, scentralizowana warstwa serwerowa zaś przetwarza napływające żądania. Rozwiązanie uniezależnia projektowanie poszczególnych części aplikacji.

Podstawą komunikacji między rozproszonymi częściami aplikacji jest zastosowanie zdalnie wywoływanych procedur RPC (ang. *Remote Procedure Call*). W stosunku do typowej architektury wielowarstwowej architektura usług sieciowych znacznie większy nacisk kładzie na wyszukiwanie gotowych usług, spełniających określone funkcje. Podobnie jak aplikacje klient-serwer, usługi webowe umożliwiają wykonywanie operacji na systemach zdalnych. Podstawowa różnica leży jednak w wykorzystywanych przez nie protokołach komunikacji, sposobie udostępniania logiki aplikacji i zasadach wymiany danych.

Infrastrukturę współczesnego systemu telekomunikacyjnego stanowi federacja systemów, łącząca komponenty różnych krajów, współdziałające ze sobą poprzez standardowe interfejsy. Infrastruktura sieciowa NEC jest zatem heterogeniczną siecią, której bieżąca konfiguracja zmienia się zgodnie z wymaganiami operacyjnymi, otoczeniem i postępem technicznym. W związku z tym, może być postrzegana jako ewoluujący wielonarodowy taktyczny Internet, zbudowany na bazie federacji systemów współpracujących ze sobą, dostarczając informacji do każdego uprawnionego użytkownika w odpowiednim czasie i miejscu. Realizacja infrastruktury sieciowej dla NEC, wiąże się z budową sieci rozległej, typu *black core*, w której przesyłany będzie tylko ruch zaszyfowany.

Przykładową strukturę systemu telekomunikacyjnego przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Struktura współczesnego systemu telekomunikacyjnego

## 2. Możliwości aplikacyjne standardu ethernet w sieciach szkieletowych

Większość sieci lokalnych opiera się na standardach ethernetowych 10Base-T (10 Mb/s; IEEE802.3i) oraz 100Base-TX (100 Mb/s; IEEE802.3u), oraz Ethernetie gigabitowym, którego typową aplikacją jest sieć szkieletowa oraz połączenia między sieciami typu punkt–punkt. Największe znaczenie aplikacyjne w sieciach LAN i MAN, mają warianty 1000Base-SX i LX z kablem światłowodowym (IEEE802.3z) oraz 1000Base-T (IEEE802.3ab) ze skrętką kat. 5.

Na podstawie obserwacji można przyjąć, że protokoły działające efektywnie w sieciach niewielkich sprawdzają się znacznie gorzej w większych. Przykładowo w sieciach IPoATM można zapewnić odpowiednią jakość usług, jednak dotyczy ona raczej łącza między dwoma routerami, a nie dłuższej ścieżki przez całą sieć IP. Istotnym ograniczeniem aplikacyjnym tej techniki jest konieczność wybierania drogi przy okazji każdego pakietu i we wszystkich napotkanych po drodze routerach.

Rozwiązaniem problemów routingu miał być standard MPLS (*MultiProtocol Label Switching*), którego koncepcja polegała na podzieleniu ruchu w routerze brzegowym (LER — *Label Edge Router*) na klasy FEC (*Forward Equivalency Class*), w zależności od przeznaczenia. Pakiety z danej klasy były opatrywane nagłówkiem, określającym jednoznacznie dalszą drogę pakietu przez sieć. Wszystkie routery wewnątrz sieci (*Label Switch Router*) przesyłały pakiet ustaloną wcześniej drogą. W celu agregacji ruchu lub ze względu na inne wymagania związane z zarządzaniem siecią, takich nagłówków można było wprowadzić więcej. Przykładem jest

wykorzystanie dwóch nagłówków na użytek VPN-u. Pierwszy określa, którądy ma wędrować pakiet, zadaniem drugiego jest wskazanie docelowego VPN-u.

Praktyczna realizacja usługi IOverWDM, wymaga modyfikacji MPLS. Funkcję nagłówka w systemie DWDM pełni długość fali  $\lambda$ . Wprowadzony do sieci DWDM ruch jest kierowany, w zależności od miejsca przeznaczenia, na falę o odpowiedniej długości. Kolejne przełącznice optyczne (OXC — *Optical Cross-Connect*) powinny być tak skonfigurowane, aby kierować ruch z fal o określonej długości do określonych portów wyjściowych. W takim rozwiązaniu dwóm różnym wejściom nie może być przyporządkowane jedno wyjście, gdyż prowadziłoby to do kolizji. Rozwiązanie stanowi zestawienie sieci połączeń punkt–punkt bez możliwości agregacji ruchu. Urządzenie wejściowe musi posiadać zestawione połączenia dla wszystkich klas FEC. W przypadku MPLS nie stanowiło to problemu ze względu na dużą przestrzeń adresową. W MPLS każda ścieżka optyczna LSP (ang. *Label Switched Paths*), niezależnie od przenoszonego przez nią ruchu, zużywa pojemność wystarczającą dla fali o pojedynczej długości. Oznacza to, że dla nowszych systemów przyjęcie takiego rozwiązania sprawiłoby, że ruch między każdą parą routerów brzegowych, mogących przysyłać między sobą pakiety, zajmowałby co najmniej 10 Gb/s pasma, niezależnie od tego, czy przesyła się kilka Gb/s czy pojedyncze Mb/s.

Analiza potrzeb wykazała, że interfejsy urządzeń można podzielić na cztery typy, w zależności od tego, co traktują jako ruch do przełączenia:

- PSC (*Packet Switch Capable*) — których zadaniem jest analizowanie nagłówków poszczególnych pakietów lub komórek ATM i kierowanie ich dalej. Mogą nimi być na przykład przełączniki ATM,
- TDMC (*Time Division Multiplex Capable*) — przełączające synchroniczne strumienie cyfrowe w rodzaju SDH,
- LSC (*Lambda Switch Capable*) — przełączające strumienie zależnie od długości fali, na której strumienie te są nadsyłane. Mogą to być na przykład wejścia do przełącznic DWDM,
- FSC (*Fiber Switch Capable*) — przełączające strumienie DWDM w zależności od portu wejściowego. Chodzi tu o wejścia do przełącznic optycznych, komutujących ze sobą całe światłowody.

Protokół MPLS działa na poziomie LSC, MPLS zaś działa tylko dla ruchu PSC.

Problemy te rozwiązuje GMPLS (G — *generalized* — uogólniony), łączący zalety MPLS i MPLS, opracowany przez grupę roboczą IETF dla wszystkich czterech typów interfejsów. Idea sieci transmisyjnej GMPLS powstała w wyniku rosnącego znaczenia ruchu pakietowego IP i wysokiej przepływności multipleksacji DWDM. Kolejne etapy redukcji obecnej infrastruktury szkieletowej pozwolą wyeliminować kosztowną architekturę ATM/SDH, zachowując mechanizmy QoS i duże możliwości zarządzania ruchem.

Protokół ten pozwala na stworzenie hierarchii nagłówków używanych w celu agregowania ruchu. Dzięki agregacji wielu strumieni TDM lub PSC (bądź zarówno TDM, jak i PSC) na jednej długości fali można znacznie efektywniej wykorzystać pasmo. GMPLS pozwala na stworzenie jednej sieci z różnego typu węzłów. Możliwości routerów w poszczególnych węzłach są określone przez zbiór etykiet, które węzeł akceptuje, dzięki czemu hierarchia nagłówków może odpowiadać rzeczywistej strukturze sieci. GMPLS oferuje ponadto usługę przełączania całego pasma (*waveband switching*) jako specjalnego przypadku przełączania strumieni.

Wielką zaletą GMPLS jest możliwość implementacji zarówno w obecnych sieciach optycznych, jak i w przyszłych, w których przełączanie pakietów odbywać się będzie bez konwersji optoelektronicznej. GMPLS powinien być traktowany jako odrębna warstwa. Urządzenia takie jak router IP, komutator ATM, urządzenia SDH i DWDM mogą zostać w GMPLS zastąpione przez dwa urządzenia.

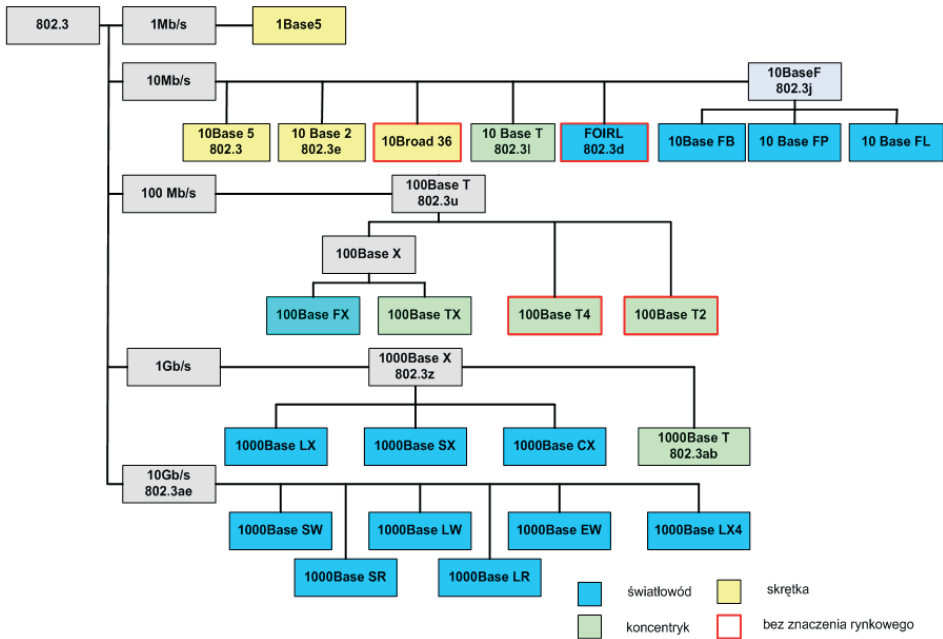
### 3. Właściwości transmisyjne optycznych sieci ethernetowych

Standard IEEE 802.3ae, czyli Ethernet dziesięciogigabitowy, to zwiększenie szybkości transmisji o kolejny rząd wielkości. Technologia zdecydowanie wykracza poza zakres zastosowań LAN, w stronę obszaru sieci miejskich (MAN) i rozległych (WAN). Rodzinę standardów Ethernet przedstawiono na rysunku 2.

Z punktu widzenia potrzeb NEC, Ethernet dziesięciogigabitowy ma nad innymi standardami zdecydowaną przewagę, bowiem nawet bardzo rozległe topologie sieci można zrealizować w jednolitej technologii, opartej na IP i Ethernetie. Dzięki temu wyeliminowana została konwersja protokołów w warstwie przesyłowej. To ułatwia łączenie rozproszonych terytorialnie sieci LAN. Nowa technologia zapewnia znaczące obniżenie kosztów, w wyniku łączenia rozproszonych punktów dostępowych ponadregionalnych dostawców Internetu. W ten sposób Ethernet dziesięciogigabitowy, (10 GE) to nie tylko potencjalny zamiennik technologii, ATM, która w zakresie niższych szybkości transmisji straciła znaczenie. Ethernet 10 G konkuruje również, z co najmniej tak samo szybkimi technologiami WAN, jak SDH/STM-64.

W stosunku do typowych dla sieci WAN systemów SDH oznacza to oszczędność kosztów rzędu minimum 30 procent. Wynika to przede wszystkim z:

- wykorzystania przez Ethernet 10 G zasadniczych formatów i technologii Ethernetu, np. transmisja odbywa się nadal asynchronicznie, a ekonomiczne przełączniki typu „store and forward” mogą sprostać wymaganiom ruchu w sieci. Oznacza to także istotne oszczędności zarówno na etapie projektu i produkcji, jak i podczas eksploatacji i administrowania,
- ograniczonej ilości elementarnych wymogów jakościowych przez Ethernet 10 G,



Rys. 2. Rodzina standardów Ethernet

- dostępnych, fizycznych protokołów transportowych, które można zoptymalizować kosztowo zależnie od odległości, jakie mają obejmować łącza.
- Ethernet 10 G jest kompatybilny z wieloma innymi standardami, w tym z:
- składnikami standardu IEEE802.3, jak 802.1p (multicast), 802.3q (VLAN) i 802.3ad (*Link Aggregation*);
  - standardami IETF, jak *Simple Network Management Protocol* (SNMP), *Multi-Protocol Label Switching* (MPLS) i *Remote Monitoring for Ethernet* (RMON);
  - standardami z otoczenia OSI (*Open Systems Interconnection*).

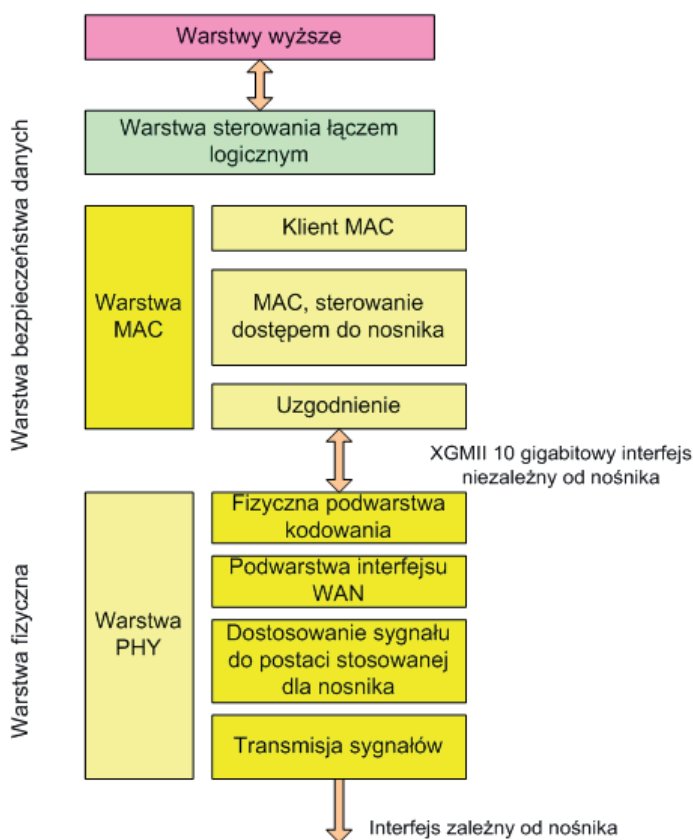
Powiązanie z cechami Ethernetu zapewnia korzyści w stosunku do rozwiązań konkurencyjnych, np. zachowanie formatu i długości ramek IEEE802.3 powoduje, że przełączanie jest szybsze niż w technologiach WAN, ponieważ nie trzeba dopasowywać zarówno ramek (segmentacja i rekonstrukcja), jak i adresów.

Ethernet 10 G definiuje siedem możliwych interfejsów fizycznych, umożliwiających współpracę z eksploatowanymi standardami okablowania LAN i WAN.

Wielość możliwych interfejsów fizycznych wywołuje skutki przede wszystkim w odniesieniu do aktywnych komponentów sieciowych — interfejsy niezależne od nośnika zyskują znaczenie zarówno dla producentów, jak i użytkowników.

Podział standardu Ethernetu 10 G na obszary *Logical Link Control* (LLC), *Medium Access Control* (MAC) i złącze fizyczne jest zgodny z innymi standardami obowiązującymi w ramach IEEE 802.3.

Szczególne znaczenie praktyczne ma przy tym, że wywołanie modułu ethernetowego odbywa się poprzez, jednolite dla wszystkich standardów częściowych rodziny IEEE802.3, warstwy LLC.



Rys. 3. Warstwy i podwarstwy standardu Ethernet 10 G

Warstwa MAC realizuje trzy zadania o podstawowym znaczeniu, związane z budową ramki przesyłowej, dopasowaniem stopni szybkości i dostępem do głębiej leżących warstw przekazu fizycznego. Struktura ramek Ethernetu 10 G jest przy tym całkowicie zgodna ze strukturą ramek innych wariantów Ethernetu.

Oznacza to, że:

- format adresu jest zgodny ze schematem adresacji IEEE,

- korekcja błędów (frame checking sequence — FCS) opiera się nadal na 32-bitowym CRC,
- istnieje możliwość tworzenia tzw. ramki jumbo, zawierającej do 9000 bajtów,
- minimalna długość pakietu wynosi 64 bajty i jest zgodna z odpowiednim parametrem systemów 10/100 Mb/s, jak również możliwy jest podział przestrzeni adresowej w wirtualnych sieciach LAN zgodnie z IEEE802.1q.

Aktywne komponenty 10 G służą nie tylko do połączeń z szybkością 10 Gb/s, lecz w razie potrzeby obsługują wolniejsze strumienie danych, np. sprzężenie z systemami SONET poziomu OC-192. Niemal identyczna szybkość transmisji (9,5884640 Gb/s) wymaga jedynie niewielkiego dostosowania.

Standard 802.3ae zawiera również specyfikację złącza niezależnego od nośnika między warstwami MAC a PHY.

Warstwa PHY Ethernetu dziesięciogigabitowego dzieli się na cztery podwarstwy PCS, WIS, PMA i PMD. Physical Coding Sublayer (PCS) odpowiada za kodowanie strumienia danych, który ma być przesłany. *Physical Medium Attachment* (PMA) i *Physical Medium Dependent* (PMD) dbają o połączenie z danym nośnikiem. *WAN Interface Sublayer* (WIS) dostosowuje szybkość transmisji w dalekosiężnych wariantach systemu do szybkości transmisji systemów SONET/SDH.

Ethernet dziesięciogigabitowy wykorzystuje do transmisji światłowodowej trzy popularne „okna optyczne” o długości fali 850, 1310 względnie 1550 nanometrów.

Najbardziej ekonomiczny wariant to transmisja z wykorzystaniem fal o długości 850 nm (oznaczenie literą S). Można w tym przypadku użyć nie tylko względnie taniego włókna wielomodowego, lecz również niedrogiego lasera typu VCSEL (*Vertical Cavity Surface-Emitting Laser*). Jego zaletą jest to, że pracuje bez dodatkowego chłodzenia. Niestety, jest to również jego wada — w tych warunkach uzyskuje moc zaledwie 0,35 mW. W połączeniu ze stosunkowo dużym tłumieniem w światłowodzie (ok. 3,5 dB/km) sprawia to, że możliwy do uzyskania zasięg nie przekracza 300 m.

Przy długości fali 1310 nm (oznaczenie literą L) możliwa jest transmisja zarówno z wykorzystaniem włókna wielomodowego (MMF), jak i jednodomowego (SMF). W wariantcie MMF stosuje się laser FP (*Fabry Perot Laser*), wariant SMF wymaga lasera DFB (*Distributed Feedback Laser*). Oba typy lasera uzyskują moc rzędu 6 mW. W połączeniu z mniejszym współczynnikiem tłumienia włókna SMF (0,5 dB/km) pozwala to na uzyskanie zasięgu rzędu 15 km.

Podobne typy laserów pracują w wariantcie z falą o długości 1550 nm (oznaczenie literą E). Używane są również w systemie SDH. Stosuje się tu jeszcze wyższe moce — rzędu 10 mW. Trzeba się jednak liczyć z większym rozproszaniem sygnału lub stosować specjalne, a więc drogie nośniki — DSF (*Dispersion Shifted Fiber*). Można



w ten sposób uzyskać zasięg do 50 km. Strukturę standardów warstwy fizycznej PHY w Ethernet 10G przedstawiono na rysunku 4.

	Tryb	WIS	Długość fali (nm)	Nośnik	Kodowanie	Szybkość transmisji
<b>LAN-PHY</b>						
10Gbase-SR	szeregowy	nie	850	MMF	64B/66B	10,3
10Gbase-LR	szeregowy	nie	1310	SMF	64B/66B	10,3
10Gbase-ER	szeregowy	nie	1550	SMF	64B/66B	10,3
10Gbase-LX4	WWDW	nie	1310	MMF	8B/10B	4*3,125
<b>WAN-PHY</b>						
10Gbase-SW	szeregowy	tak	850	MMF	64B/66B	9,953
10Gbase-LW	szeregowy	tak	1310	SMF	64B/66B	9,953
10Gbase-EW	szeregowy	tak	1550	SMF	64B/66B	9,953

WIS – WAN Interface Sublayer, MMF – kabel światłowodowy wielomodowy, SMF – kabel światłowodowy jednomodowy

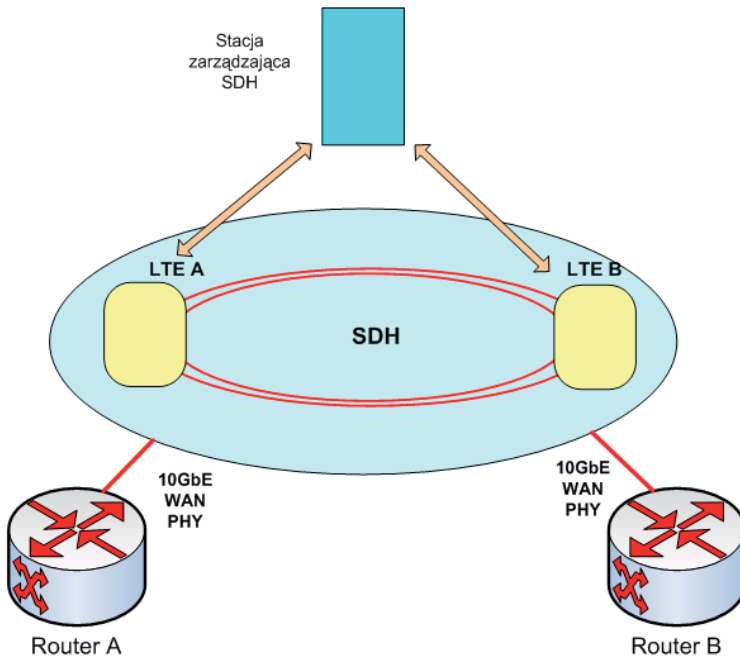
Rys. 4. Standardy PHY w Ethernet 10 G

Ethernet dziesięciogigabitowy stosuje asynchroniczny protokół transmisyjny, w którym dopasowanie w czasie i parametry synchronizacji obowiązują każdorazowo tylko dla jednego przesyłanego znaku. Każdy aktywny komponent może dokonywać niezależnej synchronizacji.

Pakiety ethernetowe i IP są przesyłane za pośrednictwem systemów SDH. W tym celu wykorzystuje się tzw. transmisję zorientowaną pakietowo w systemach SONET/SDH (*Packet-over-SONET/SDH* — POS), polegającą na umieszczaniu ramek w pakietach POS. Stosowane w tym wypadku protokoły to przede wszystkim HDLC i PPP.

W celu uzyskania bezpośredniego sprzężenia z sieciami ethernetowymi, które lepiej wykorzystują dostępną szerokość pasma, IEEE zdefiniował warstwę WAN-PHY, dzięki której przełączniki IP/ethernetowe mogą również korzystać z infrastruktury SONET/SDH. Komponenty Ethernetu dziesięciogigabitowego nie dają się sprzęgać bezpośrednio z infrastrukturą SONET/SDH, a jedynie z aktywnymi komponentami warstwy 1 (*Line Terminal Equipment* — LTE).

Przykład konfiguracji sieci dla pakietowo zorientowanego ruchu danych przesyłanych w sieci SDH za pomocą dziesięciogigabitowego routera ethernetowego przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Konfiguracja pakietowo zorientowanego ruchu danych przesyłanych w sieci SDH za pomocą 10 Gb routera ethernetowego

Sprzężenie różnych domen synchronizacyjnych następuje na poziomie urządzeń takich jak: mosty, routery i repeatery. Dzięki temu implementacja fizycznych urządzeń transmisyjnych Ethernetu dziesięciogigabitowego wiąże się z niższymi kosztami niż w przypadku ich odpowiedników SDH.

Dostosowanie szybkości transmisji do wymagań SDH jest realizowane przez warstwę MAC, drogą wstawiania dodatkowych znaków (*Inter-Packet Gap* — IPG) pomiędzy pakietami ethernetowymi. Liczba bajtów w IPG jest przy tym proporcjonalna do długości poprzedzającego pakietu. W kodowaniu 64B/66B dodatkowe bajty są usuwane, dzięki czemu dalej przesyłany jest strumień netto dostosowany do przepływności SONET/SDH. Obniża to obciążenie po stronie systemu o około jeden procent.

Dla potrzeb zarządzania, w sieci WAN oprócz dopasowania prędkości transmisji, warstwa WAN-PHY komponentów Ethernetu dziesięciogigabitowego musi dostarczyć informacji administracyjnych w standardzie SONET/SDH. Zadanie to wykonuje WAN Interface Sublayer (WIS), który dodatkowo zapewnia konwersję

ramek między formatami Ethernetu a SONET/SDH. Za pomocą opisanych mechanizmów można rozszerzyć logicznie sieć Ethernet-LAN na infrastrukturę WAN.

### 3. Wnioski

Koncepcja architektury sieci telekomunikacyjnej NEC zakłada zróżnicowanie metod dostępu (zarówno w aplikacjach przewodowych, jak i bezprzewodowych) z wykorzystaniem wspólnej sieci szkieletowej i wspólnych usług. Takie podejście zapewnia możliwość korzystania z różnych usług niezależnie od rodzaju dostępu. Sieci dostępowe i szkieletowe pełnią funkcję pomostu między systemem usługowym a użytkownikiem. Kluczową rolę odgrywają parametry obu segmentów (dostępowego i dalekosiężnego) takie jak przepustowość, opóźnienie. Jednak architektura sieci NEC znacznie rozszerza funkcjonalność dotychczasowych systemów informacyjnych.

Programy badawcze, których celem jest określenie kierunków rozwojowych systemów walki, jak też postęp w technologiach informacyjnych definiują poziom bezpieczeństwa narodowego. Zakłada on przewagę informacyjną (*Information Superiority — IS*) oraz koncepcję wojny sieciocentrycznej. Znakiem czasu są również tzw. wirtualne organizacje, które w optymalny sposób skupiają niezbędne zasoby osobowe i procesy w celu realizacji określonych zadań. Dzięki połączeniom sieciowym organizacje wirtualne pozwalają zwiększyć możliwości bojowe i organizacyjne sił bojowych. Możliwości te są związane z tzw. wirtualną współpracą, wirtualną integracją czy specjalizacją i bazują na wspólnej świadomości pola walki oraz wiedzy o potencjalnym lub obecnym przeciwniku. Od czasu, gdy sieci komputerowe i nowoczesne środki łączności przełamały barierę dużych odległości, zwiększyły się możliwości współpracy, integracji i specjalizacji sił zbrojnych, w tym również sił powietrznych.

Zrozumienie wzrastającej roli informacji w procesie dowodzenia oraz możliwości stworzonych przez wdrożenie koncepcji wojny sieciocentrycznej pozwoli na znaczne zwiększenie ich możliwości bojowych — przez wykorzystanie przewagi informacyjnej i decyzyjnej. Sieć łączności NEC umożliwi szybką i niezawodną komunikację pomiędzy mobilnymi obiektami, pododdziałami i innymi jednostkami w warunkach działań w nasyconym różnymi środkami radioelektronicznymi pola walki.

Wdrażanie i konfigurowanie sieci łączności NEC powinno mieć charakter ewolucyjny, gdyż koncepcja będąc rozwiązaniem przyszłościowym będzie podlegała ciągłym zmianom zależnie od bieżących potrzeb i trendów rozwojowych teleinformatyki. Będzie to sieć, która docelową postać przyjmie dopiero w latach 2015-2020. Powodem tak długiej perspektywy czasowej są głównie problemy techniczne, które dotyczą zagwarantowania właściwej jakości usług (QoS), ich bezpieczeństwa oraz zapewnienia jakości usług operatorskich w sieciach IP. Ponadto nie ma jeszcze

na rynku uniwersalnych bram dostępowych o dużej przepływności, a niektóre standardy w tym obszarze ulegają dalszym modyfikacjom. Także terminologia wykorzystywana przez firmy teleinformatyczne nie jest jednolita, stwarzając problemy z identyfikacją poszczególnych elementów sieci, oraz oferowanych usług multimedialnych. Dotyczy to zarówno użytkowników terminali stacjonarnych, jak też coraz bardziej popularnych terminali mobilnych.

Artykuł wpłynął do redakcji 14.07.2008 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w październiku 2008 r.

#### LITETRATURA

- [1] G. S. MARTIN, *A vision of future Aerospace Power*, Posiedzenie Komitetu Wojskowego NATO, styczeń 2002.
- [2] A. L. MONEY (Assistant Secretary of Defense), *Report on Network Centric Warfare*, March 2001.
- [3] AFCA Luncheon FORCenet, *The Catalyst for Transforming the US Navy*, LCDR Howard Pace Jr. Chief Engineer, PD-17.
- [4] K. SUBIETA, *Grid computing, czyli nowe spojrzenie na rozproszone bazy danych*, Instytut Podstaw Informatyki PAN, listopad 2003.
- [5] H. L. BOSCO, D. C. DOWNDEN, *Evolution of the Wide Area Network*, Bell Labs Technical Journal, vol. 5, no. 1, 2000.

M. WRAŻEŃ, A. BAJDA, M. POPIS

#### **Application of Ethernet standard in backbone network**

**Abstract.** Communication requirements of NEC, as a result of net-center battlefield and ongoing changes in telecommunication environment, determine the direction of telecommunication system development. Integration trends of telecommunication and computer systems cause that the NEC communication system will be teleinformatics system, in which leading technology will be packet technology based on an IP protocol. This protocol will be equipped with developed mechanisms guarantying offered services, global interconnect with assured both quality of the services and security. Broadband wireless system will keep significant role. Services tied with security of teleinformatics net and data will gain on significance.

**Keywords:** backbone network, Network Enabled Capabilities, QoS, telecommunication systems

**Universal Decimal Classification:** 623.611: : 621.394/.397