

Rozwiązania konstrukcyjne sieci teleinformatycznych

Lokalne sieci komputerowe

USB (*Universal Serial Bus*)

Uniwersalna magistrala szeregowo USB (*Universal Serial Bus*) jest standardem zewnętrznej magistrali danych, opracowanym przez firmy Intel i Microsoft. Magistrala ta jest interfejsem zewnętrznych urządzeń komputerowo-telefonicznych. Standard USB definiuje zarówno porty, jak i topologię magistrali o szybkości przekazu danych do 12 Mb/s. Wszystkie urządzenia połączone są szeregowo do jednego portu za pomocą pojedynczego przewodu o długości do 5 m. Maksymalna ich liczba wynosi 63 i można je dołączać i odłączać bez konieczności restartowania systemu. Urządzenia połączone są w układzie gwiazdy, przez co można stosować koncentratory umożliwiające realizację połączeń wielokrotnych (czasami koncentratory muszą być zasilane). Złącze USB jest w stanie dostarczyć zasilanie dla niektórych urządzeń, eliminując przewody zasilające lub baterie.

Koszty takiego rozwiązania są relatywnie niskie. Najczęściej porty USB są wbudowane w płyty główne komputerów. Obecnie praktycznie nie konstruuje się komputerów klasy PC bez obsługi USB. Poza tym wszystkie nowe systemy operacyjne bezproblemowo obsługują kontrolery USB (poza Windows NT 4.0). Natomiast w przypadku łączenia się z ISP (*Internet Service Provider*) istnieje możliwość podłączenia modemu. Obecnie jednak bardzo rzadko wykorzystuje się magistralę USB celem wymiany danych między komputerami w sieci. W przypadku użycia modemu (np. Microcom USB 56k travel) koszty takiego rozwiązania wynoszą ok. 360 PLN. Należy do tego doliczyć jeszcze koszty wynikające z taryfikacji operatora telekomunikacyjnego (w Polsce ok. 6,6 PLN za godzinę połączenia plus miesięczny abonament). Pomimo

relatywnie niskich kosztów uzyskiwana przepływność nie przekracza 56kb/s. W ofercie producentów modemy 56k wyposażone w porty USB stanowią bardzo znikomą ofertę. Na rynku polskim oferowanych jest tylko kilka modeli wykorzystujących ten typ złącza. Może to wynikać z faktu że magistrała USB jest stosunkowo niedawno wprowadzoną techniką oraz z faktu bardzo dużej popularności modemów wewnętrznych montowanych na złączach ISA/PCI lub zewnętrznych łączonych poprzez interfejsy RS232/V.24. Natomiast pewną popularność zyskał standard USB w łączeniu w małe grupy robocze stacji klasy PC poprzez koncentratory USB. Koszt takiego urządzenia np. siedmioportowego wynosi ok. 170 PLN co jest dosyć tanim sposobem łączenia stacji roboczych w mini sieć. Wadą rozwiązań opartych na technice USB jest praktycznie zerowy poziom zabezpieczenia – uszkodzenie magistrali w jednym punkcie odcina znajdujące się za nim urządzenia. Wykorzystanie koncentratorów USB poprawia nieco protekcje jednak niewrażliwym elementem rozwiązania staje się element centralny.

Ethernet (10Mb/s)

Poniżej przedstawiona została analiza rozwiązań konstrukcyjnych opartych na standardzie budowy sieci Ethernet 10Mb/s (nie mylić z Fast Ethernet). Pod uwagę wzięto techniki budowy i funkcjonalność tych rozwiązań. Szczególny nacisk położono na porównanie kosztów realizacji poszczególnych rozwiązań.

Ethernet 10Base-2

Jest to oparta na kablu koncentrycznym, bardzo popularna w latach osiemdziesiątych, wersja standardu Ethernet. Poprzednio stosowano powszechnie odmianę 10Base-5, lecz cienki kabel koncentryczny okazał się tańszy i łatwiejszy w użyciu, niż „gruby” Ethernet. Te oczywiste zalety kompensowały nawet znacznie mniejszy zasięg (tylko 186m maksymalnie dla

segmentu). Na rysunku 34 pokazano przykładową konfigurację sieci opartą na standardzie 10Base-2.

Podstawowe komponenty wymagane do budowy sieci w standardzie 10Base-2 to:

- Karta interfejsu sieciowego. Większość kart Ethernet jest dostosowana do okablowania grubego lub cienkiego. Karta powinna mieć złącze BNC, ale może posiadać również złącze do „grubego” Ethernetu. Kabel magistrali podłączony jest do rozgałęźnika typu T (trójkąta), a ten do męskiego złącza BNC z tyłu karty sieciowej.
- Cienki przewód Ethernet (*Thin Ethernet Cable*). Używany jest tu przewód koncentryczny o średnicy 5 mm typu RG-58 A/U lub RG-58 C/U. Przewody wykonywane są jako: niepalny-osłonięty, nieosłonięty-wnętrzowy, podziemny i napowietrzny.
- Złącza BNC. Złącza te muszą być zamontowane na końcach wszystkich odcinków kablowych.
- Złącze BNC-T (rozgałęźnik). Rozgałęźnik mocowany jest do złącza BNC z tyłu karty sieciowej Ethernet. Umożliwia przyłączenie przewodu wchodzącego i wychodzącego. Rozgałęźnik konieczny jest w każdej stacji roboczej – również ostatniej w magistrali, gdzie wolne złącze zamykane jest terminatorem BNC 50.
- Tulejowe złącza BNC. Złącza tego typu służą do łączenia dwóch odcinków przewodu.
- Terminator BNC. Każdy **segment** okablowania musi mieć na obu końcach 50-omowe terminatory BNC. Jeden z nich powinien być uziemiony.

Przy projektowaniu i budowie sieci lokalnych opartych na standardzie Ethernet, należy wziąć pod uwagę ograniczenia wynikające ze specyfikacji standardu. Jednym z takich ograniczeń jest maksymalny zasięg takiej sieci – długość

segmentu nie może być większa niż 186 m, a jeden segment może zawierać maksymalnie do 30 stacji. Pewną poprawę sytuacji daje stosowanie repeaterów – używając ich można łączyć do pięciu segmentów w jedną magistralę jednak maksymalna długość magistrali nie może przekroczyć 910m. Dodatkowo w sieci składającej się z pięciu segmentów stacje robocze mogą pracować jedynie w trzech z nich; pozostałe służą do przedłużenia magistrali. Warto zauważyć, że po zmontowaniu segmentu można odłączać rozgałęźniki od kart sieciowych, nie powodując przerwy w pracy całej magistrali. Jednakże odłączenie kabla od rozgałęźnika doprowadzi do jej unieruchomienia. Jednak systemy oparte na standardzie 10Base-2 mają zasadniczą wadę wynikającą z topologii magistrali. Co prawda odłączenie jednej stacji nie unieruchamia całego systemu jednak uszkodzenie magistrali powoduje awarie całej sieci. Praktycznie nie ma tu możliwości protekcji sieci.

Obecnie jest to praktycznie „wymierający” standard stosowany tylko w bardzo małych sieciach. Obecnie w nowych sieciach tej techniki praktycznie się nie stosuje. Koszty stworzenia takiej sieci to głównie koszt koncentratorów. Ogólne koszty sprzętu i okablowania są trudne do oszacowania, gdyż praktycznie wiele z czołowych firm wycofało z produkcji sprzęt i okablowanie bazujące na standardzie 10Base-2. Koncentrator 10 portowy kosztuje ok. 250 PLN, karty sieciowe są w cenie ok 40 PLN. Aczkolwiek zakup takich urządzeń jest prawie niemożliwy (karty sieciowe nie są już praktycznie produkowane).

Ethernet 10Base-T

Standard ten jest następcą 10 Base-2 wykorzystującym jako okablowanie skrętkę nieekranowaną. Wadę poprzedniego standardu związaną z protekcją i efektywnością wyeliminowano poprzez budowę sieci w topologii gwiazdy. Przykładową strukturę sieci opartej na standardzie 10Base-T pokazano na rysunku 35.

Stacje robocze są podłączane do centralnego koncentratora

pracującego jako repeater. Możliwe jest budowanie hierarchicznej konfiguracji wzajemnie połączonych koncentratorów. Stacje robocze są do nich podłączone za pośrednictwem nieekranowanej skrętki (UTP – *Unshielded Twisted Pair*) o długości do 100 m. Do połączeń używa się kabla kategorii 3 ze złączem typu RJ-45. Wykorzystane są dwie pary: jedna do transmisji a druga do odbioru.

W standardzie 10Base-T wymagane są następujące podstawowe komponenty systemu:

- Karta interfejsu sieciowego ze złączem 10Base-T RJ-45.
- Koncentrator. Posiada na ogół 8 do 32 portów. Jeden z nich przeznaczony jest do łączenia z innymi koncentratorami (zwykle ostatni). Bardziej zaawansowane urządzenia mają również wbudowany port dla łącza światłowodowego, 100Base-T lub 10Base-2.
- Skrętka (*twisted-pair cable*). Jest to kabel ze złączem RJ-45.
- Szafa i moduły dystrybucyjne – jest to specjalna homologowana szafa, w której montowane są moduły dystrybucyjne. Moduły dystrybucyjne zawierają od 8 do 32 portów RJ-45. Służą do łączenia koncentratorów ze stacjami rozmieszczonymi w odległości 100m (np. na terenie biura).

Budując system okablowania Ethernet 10Base-T należy mieć na względzie specyfikację standardu. Jako okablowanie należy używać nieekranowanej skrętki kategorii 3,4 lub 5. Najczęściej stosuje się skrętkę kategorii 5. Ma ona dwie podstawowe zalety. Po pierwsze pozwala na łatwe przejście w kierunku systemów o większej wydajności (np. 100Base-TX). Po drugie koszty okablowania kategorii 5 i kategorii 3 różnią się nieznacznie. Niedogodnością systemów opartych na standardzie 10Base-T jest odległość koncentratora do stacji roboczej, która nie może przekraczać 100 m. W porównaniu z 10Base-2 nowy standard oferuje większą skalowalność, co wynika z

hierarchicznej budowy sieci. W celu powiększenia liczby stacji w sieci można do głównego koncentratora/przełącznika podłączyć maksymalnie 12 koncentratorów podrzędnych. Dodatkowym atutem w porównaniu z 10Base-2 jest liczba stacji w segmencie. Można zbudować sieć o pojemności 1024 stacji bez potrzeby stosowania mostów. W porównaniu z poprzednią wersją standardu poprawiono wydajność i efektywność sieci poprzez stosowanie topologii gwiazdy. W przypadku uszkodzenia okablowania odcięta zostaje od sieci tylko jedna stacja a pozostałe pracują bez żadnych utrudnień. W dodatku zastosowanie gwiazdzistej lub rozproszonej topologii sieci pozwala na grupowanie stacji roboczych. Chociaż maksymalna długość segmentu jest tutaj mniejsza, topologia hierarchiczna daje korzyści, kompensujące tę niedogodność.

W przypadku szacowania kosztów budowy sieci opartej na tym standardzie można już dość dokładnie określić ceny poszczególnych elementów. Jedynym „problemem” jest obecnie fakt, że praktycznie nie sprzedaje się na rynku okablowania kategorii trzeciej i czwartej, więc szacunkowe obliczenia zostaną oparte na okablowaniu kategorii 5.

Podsumowanie

Sieci lokalne budowane w oparciu o standard Ethernet mogą być zbudowane w topologii magistrali (kabel koncentryczny) lub gwiazdy (skrętka). W drugim przypadku, centralnym punktem, z którego rozchodzą się kable do wszystkich stacji jest koncentrator (hub) lub przełącznik (switch). Uszkodzenie jednego kabla nie skutkuje awarią całej sieci (jak przy magistrali). Topologia gwiazdy jest podstawą systemów okablowania strukturalnego.

Prosty koncentrator jest w zasadzie repeaterem. Wszystkie podłączone do niego stacje należą do tej samej domeny rozgłoszeniowej. Na rysunku 36 pokazano hierarchiczną sieć zbudowaną przy użyciu kilku podobnych koncentratorów, dzięki czemu można zwiększyć zasięg terytorialny i liczbę stacji.

Na rysunku 37 przedstawiono zmodyfikowaną wersję systemu. Łatwo zauważyć, że fizyczne topologie, przedstawione na rysunku 36 i 37 pomimo tego, że wyglądają podobnie, zasadniczo różnią się pod względem efektywności. Stosowanie przełączników zmniejsza domeny kolizyjne, a co za tym idzie zwiększa wydajność sieci. Stosowanie topologii magistrali jest bezcelowe przede wszystkim ze względu na protekcję i wydajność sieci. Ograniczenie rozległości sieci standardu 10BaseT w porównaniu z 10Base-2 jest eliminowane poprzez hierarchiczną strukturę sieci. Poza tym standard 10Base-T daje łatwość i niższy koszt migracji do standardów takich jak Fast czy Gigabit Ethernet

Fast Ethernet (100Mb/s)

Standard Fast Ethernet jest oparty na tej samej metodzie dostępu CSMA/CD, co poprzednie wersje systemu. Zasadnicza różnica polega na większej szybkości – wynosi ona tutaj 100Mb/s, podczas gdy w podstawowej wersji tylko 10Mb/s. Na samym początku prac nad nowym standardem pojawiły się dwa różne rozwiązania. Jedno z nich, przedstawione przez firmy Grand Junction Networks, 3Com i Intel, stało się standardem IEEE 802.3 Fast Ethernet.

Standard Fast Ethernet, nazywany również jest ogólnie 100Base-T. Standard 100Base-T posiada wszystkie zalety skalowalnej struktury sieci typu CSMA/CD.

Druga propozycja, znana obecnie jako 100VG-Any LAN, podlega komitetowi IEEE 802.12. Jako metodę dostępu do medium zastosowano tu technikę dostępu na żądanie (*Access On Demand*), zamiast CSMA/CD.

Poniżej zostały opisane właściwości funkcjonalne trzech podstawowych odmian standardu Fast Ethernet oraz przedstawiona została analiza rozwiązań konstrukcyjnych opartych na standardzie Fast Ethernet. Pod uwagę wzięto techniki budowy i funkcjonalność tych rozwiązań. Szczególny nacisk położono na

porównanie kosztów realizacji poszczególnych rozwiązań.

100Base-T

Ta wersja wykorzystuje dwie pary skrętki nieekranowanej (UTP – *Unshielded Twisted Pair*) lub ekranowanej (STP – *Shielded Twisted Pair*). Do transmisji używa się jednej pary, a drugiej – do wykrywania kolizji. Można stosować dwa rodzaje kabla: UTP kategorii 5-tej lub STP typ 1 (wg IBM). Kabel kategorii 5 zawiera cztery pary, więc pozostałe dwie pozostają wolne. Nie zaleca się jednakże, aby były one wykorzystywane przez inne sieci o dużych przepustowościach.

Specyfikacja IEEE 802.3u dla sieci 100Base-TX zezwala na zainstalowanie szeregowo najwyżej dwóch hubów przy maksymalnej średnicy sieci nie przekraczającej 200 m. Segment łącza, definiowany jako połączenie punkt-punkt między dwoma interfejsami MMI (*Medium Independent Interface*) urządzeń, może mieć długość najwyżej 100 m.

W przypadku szacowania kosztów budowy sieci opartej na tym standardzie można już dość dokładnie określić ceny poszczególnych elementów. Przy projektowaniu sieci lokalnych opartych na standardzie 100BaseTX najoptymalniejszym pod względem wydajnościowym rozwiązaniem jest podłączanie stacji końcowych nie do koncentratorów, ale do przełączników pracujących w warstwie 2 modelu OSI. Daje to rzeczywisty wzrost efektywności z racji mniejszej ilości kolizji i efektywniejszego wykorzystania sieci. Aczkolwiek stosowane są rozwiązania oparte tylko i wyłącznie na koncentratorach jednak jest to rozwiązanie najmniej optymalne pod względem wydajnościowym i niewiele różni się od topologii magistrali. Ma jednak tę zaletę, że jest to rozwiązanie najtańsze. Często spotykanym rozwiązaniem ze względu na ograniczenie kosztów i kompromis efektywnościowy są struktury bazujące na koncentratorach obsługujących grupy robocze (np. departamenty korporacji) oraz szybkich przełącznikach łączących te koncentratory.

100Base-T4

Standard 100Base-T4 wykorzystuje cztery pary kabla, co oznacza możliwość użycia systemów UTP kategorii 3, 4 i 5. Do niedawna, okablowanie kategorii 3 było bardzo popularne, co w wielu przypadkach pozwalało na bezpośrednią implementację systemu 100Base-T4. Wszystkie pary pracują w systemie półdupleksowym. Trzy z nich służą do transmisji i odbioru danych, czwarta zaś – do wykrywania kolizji. Rozdzielenie sygnału o częstotliwości 100MHz na trzy pary zmniejsza wymagania co do parametrów kabla i pozwala uzyskać dużą szybkość przesyłania na kablu niższej kategorii. Zastosowanie trzystopniowego kodowania (w przeciwieństwie do dwustopniowego, używanego przy innych mediach), umożliwia obniżenie częstotliwości zegara do 25MHz.

Generalnie, do przyszłych zastosowań, zalecane są kable umożliwiające transmisję z większymi szybkościami (np. kategorii 5), lecz można też wykorzystać istniejące kable kat.3. Podobnie jak w standardzie 100Base-T, maksymalna odległość pomiędzy koncentratorem a stacją roboczą wynosi 100m, a całkowita średnica sieci nie może przekroczyć 200m. Również klasyfikacja koncentratorów jest taka sama: klasa I pozwala na łączenie różnych wersji standardu Fast Ethernet, zaś klasa druga pracuje tylko z urządzeniami 100Base-T4. Wykorzystuje się wszystkie osiem przewodów w kablu. Specyfikacja IEEE 802.3u dla 100Base-T4 zezwala na budowę sieci najwyżej z dwoma hubami i średnicą nie przekraczającą 200 m.

Obecnie jest to technika stosowana sporadycznie. Firmy zajmujące się budową sieci strukturalnych nie podejmują się budowy sieci opartych na tym standardzie. Popularność technik 100Base TX była tak przytłaczająca, że zaprzestano produkcji i rozwijania tego standardu. W ofercie na polski rynek nie ma praktycznie ani kart sieciowych ani koncentratorów/przełączników pracujących w tym standardzie.

100Base-FX

100Base-FX jest implementacją systemu Fast Ethernet na łączach światłowodowych. Jest ona idealna do budowy sieci szkieletowych, ze względu na maksymalną długość kabla wynoszącą 2 km (przy wykorzystaniu światłowodu jednomodowego). Standardowo stosowany jest jednak światłowód wielomodowy pozwalający na tworzenie segmentów o średnicy do 400m. Kabel ten nie jest podatny na zakłócenia, zapewnia więc większe bezpieczeństwo (szczególnie gdy jest prowadzony przez tereny ogólnie dostępne). Ponadto można w przyszłości wykorzystać go do szybszych transmisji.

Klasyfikacja koncentratorów jest analogiczna, jak w systemie 100Base-TX. Ogólnie rzecz biorąc, koncentratory klasy I dokonują translacji sygnałów, jeśli jest to konieczne, a klasy II są tylko wzmacniaczami, rozsyłającymi odbierane sygnały do wszystkich portów. 100Base-FX opiera się na specyfikacji TP-PMD (*Twisted Pair-Physical Medium Dependent*) X3T9,5 dla sieci FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*). Specyfikacja IEEE 802.3u dla sieci 100Base-FX zezwala na łącze o długości 400 m między urządzeniami DTE (*Data Terminal Equipment*) i zastosowanie jednego koncentratora przy długości 300 m. Na rysunku 38 przedstawiono ograniczenia zasięgu sieci opartych na standardzie 100Base-FX.

W przypadku decyzji o wyborze i późniejszym projektowaniu sieci lokalnych opartych na standardzie 100Base FX należy wziąć pod uwagę dwie następujące cechy takiego rozwiązania. A mianowicie większą wydajność sieci w porównaniu ze standardem 100Base TX (praktycznie nie ma koncentratorów 100Base-FX – stosuje się tylko efektywniej działające przełączniki) oraz medium fizyczne jakim jest światłowód głównie wielomodowy.

Wymienione wyżej cechy są bardzo istotne ze względu na późniejszą ewentualną migrację do szybszych standardów takich jak Gigabit Ethernet. Wystarczy wówczas tylko wymiana niektórych urządzeń a infrastruktura okablowania

strukturalnego pozostaje ta sama. W przypadku sieci hierarchicznych przełączniki 100Mb/s mogą zostać wykorzystane jako elementy spinające małe grupy robocze z wysokowydajnym przełącznikiem Gigabit Ethernetowym.

Podsumowanie

Standard Fast Ethernet posiada wszystkie zalety skalowalnej struktury sieci typu CSMA/CD. Został zaprojektowany na wzór standardu 10Base-T i dlatego może być implementowany w postaci hierarchicznej topologii gwiazdy. Taka konfiguracja jest kompatybilna ze specyfikacjami okablowania strukturalnego TIA/EIA *Structured Cabling Standards*.

Podstawową sprawą dla twórców standardu 100Base-T było zachowanie stosowanej w 10Base-T metody dostępu do medium (CSMA/CD) przy znacznie zwiększonej szybkości transmisji. Pozostawiono również ten sam format ramki. Dzięki temu, można zastosować nowy standard w wielu „starych” instalacjach Ethernet. W większości przypadków można bowiem wykorzystać istniejące okablowanie strukturalne, wykonane kablem skrętkowym. Obydwa systemy mogą również funkcjonować jednocześnie i ze sobą współpracować. Wymiana ramek pomiędzy nimi polega jedynie na zmianie szybkości, co jest realizowane przez koncentrator/przełącznik. Wiele urządzeń ma również wbudowaną możliwość rozpoznawania szybkości pracy sieci i odpowiedniego dostrajania się (autonegocjacja).

W technice 100Base-T stosuje się specyfikację IEEE 802.3 oraz metodę dostępu CSMA/CD. W rezultacie 100Base-T zachowuje format i rozmiar ramki IEEE 802.3 oraz mechanizm detekcji błędów. Ponadto, co jest niezwykle ważne, zapewnia pełne wykorzystanie wszystkich aplikacji i oprogramowania sieciowego działających w sieciach IEEE 802.3. 100Base-T umożliwia pracę z dwiema przepływnościami (*Dual Speeds*): 10 Mb/s i 100 Mb/s.

100Base-T i 10Base-T mają wiele wspólnych cech: używają tej samej metody dostępu (określonej przez IEEE 802.3), mają taki

ten sam format i rozmiar ramki. Główną różnicą między 100Base-T a 10Base-T (poza wartością przepływności) jest średnica sieci. Należy pamiętać, że dla 100Base-T maksymalna średnica sieci wynosi około 205 m, a dla 10 Mb/s Ethernetu ponad 10 razy więcej.

Przyczyną mniejszej średnicy sieci 100Base-T tkwi w metodzie dostępu do medium (mechanizm detekcji kolizji). W technologii 10Base-T ograniczenie rozmiaru domeny definiuje się w ten sposób, że dowolna stacja sieciowa, transmitując ramkę o najmniejszej legalnej długości 64 bajtów, dowiaduje się o wystąpieniu kolizji pochodzącej od innej stacji transmitującej w tym samym czasie i ułożonej w najodleglejszym punkcie domeny.

W technice 100Base-T w celu osiągnięcia zwiększonej przepływności w stosunku do przepływności uzyskiwanej w standardzie 10Base-T rozmiar domeny kolizyjnej musi zostać zmniejszony. Po prostu stacja transmitująca 10 razy szybciej musi pracować na kablu 10 razy krótszym. W rezultacie każda stacja w pierwszych 64 bajtach dowiaduje się o wystąpieniu ewentualnej kolizji spowodowanej przez inną stację.

Standard 100Base-T wspiera opcjonalny mechanizm zwany automatyczną negocjacją (*Autonegotiation*), umożliwiającą stacji sieciowej i hubowi wymianę informacji o ich możliwościach technicznych, co stwarza optymalne warunki dla komunikacji. Automatyczna negocjacja wspiera szereg możliwości funkcjonalnych, takich jak: dobór szybkości pracy dla urządzeń pracujących z przepływnością 10 Mb/s i 100 Mb/s, włączanie pełnego duplexu w urządzeniach o takich udogodnieniach i z automatyczną konfiguracją sygnalizacji dla stacji 100Base-T4 i 100Base-TX.

Wersje systemu, oparte na skrętce, mogą pracować w trybie pełnego duplexu, co pozwala uzyskać jeszcze większe szybkości transmisji. Jeśli stacja robocza jest podłączona bezpośrednio do koncentratora przełączającego (*switch*) –

umożliwia zestawienie indywidualnego kanału i żadna inna stacja nie użytkuje równocześnie tego kanału, to mechanizm detekcji kolizji i pętli zwrotnej może zostać wyłączony.

Ograniczenia odległości w standardzie 100Base-T są bardziej rygorystyczne niż w oryginalnym 10Base-T (w wariacie z kablem skrętkowym). Mają one na celu zachowanie prawidłowych zależności czasowych pomiędzy sygnałami przy zwiększonej szybkości transmisji. W starszej wersji systemu ograniczenia te wiązały się raczej z tłumieniem sygnału.

Maksymalna odległość pomiędzy systemami końcowymi w jednym segmencie rozgłoszeniowym specyfikacji 100Base-T wynosi 200-250m (w zależności od sprzętu i konfiguracji, co należy sprawdzić u dostawców). Jednocześnie maksymalna odległość pomiędzy koncentratorami a systemem końcowym wynosi 100m, co pokazano na rysunku 39. Aby wykorzystać maksymalną dopuszczalną rozpiętość sieci można połączyć ze sobą **dwa** koncentratory. Choć w porównaniu z systemem 10Base-T ograniczenia te wydają się bardzo restrykcyjne, nie są one aż tak istotne, jeśli weźmie się pod uwagę fakt, że we współcześnie budowanych sieciach strukturalnych okablowanie szkieletowe zostało znacznie zredukowane, a koncentratory umieszczane są w szafkach kablowych, niedaleko systemów końcowych.

Na podstawie powyższej analizy można stwierdzić, że na poziomie dostępu do stacji do stacji końcowych w sieciach lokalnych dominującym standardem będzie Ethernet 100BaseT. Jedyne jego konkurent – 100BaseFX jest relatywnie zbyt drogi a przepustowość 100Mb/s jest i przez długi czas będzie w zupełności wystarczająca dla końcowego użytkownika. Zastosowanie światłowodowego dostępu do stacji końcowych jest zbyt drogie a migracja do GigabitEthernetu (jedna z podstawowych zalet 100BaseFX) jest obecnie również opracowywana z wykorzystaniem okablowania kategorii 5 i 6. Natomiast w porównaniu z pozostałymi standardami sieci LAN, zaletą FastEthernetu, jest pełna kompatybilność z

10MbEthernetem. Wymienione zalety a przede wszystkim wysoka popularność jaką zyskały obydwie te standardy oraz skalowalność (ewentualna migracja do Gigabit Ethernetu), techniki budowy sieci lokalnych oparte na Ethernetie będą podstawowymi jeśli nie jedynymi rozwiązaniami spotykanymi w przyszłości.

100VG-AnyLAN

100VG-AnyLAN bazuje na technice opracowanej przez firmy AT&T i Hewlett Packard, a obecnie pilotowanej przez komitet 802.12 IEEE. Standard ten wykorzystuje skrętkę czteroprzewodową. Używać można kabli kategorii 3, 4 lub 5 (nieekranowana skrętka, UTP). Obecnie standard dostosowywany jest także do skrętki dwuprzewodowej nieekranowanej i ekranowanej (STP) oraz kabli światłowodowych. W standardzie 100VG-AnyLAN wprowadzono także nową metodę dostępu na żądanie, która zastąpiła używaną w starszych odmianach standardu technikę wykrywania kolizji – CSMA/CD.

W 100VG-AnyLAN wykorzystuje się transmisję kwartetową z wykorzystaniem czterech par przewodów. Transmisja kwartetowa odbywa się z tą samą częstotliwością co w 10Base-T, ale sygnał 25MHz przesyłany jest każdą z czterech par przewodów. Używany w 10Base-T system kodowania „Manchester” został zastąpiony przez 5B6B. Zastosowanie niskiej częstotliwości i rozdziału sygnału pomiędzy przewody pozwalają utrzymać emisję zakłóceń radiowych na dopuszczalnym poziomie, przy zastosowaniu kabli telefonicznych. 10Base-T przesyła sygnał o częstotliwości 20MHz, wykorzystując dwie pary przewodów.

W standardzie 100VG-AnyLAN użyto nowej metody kontroli dostępu do medium, zwanej „priorytet na żądanie”. Zastępuje ona znaną ze starszych wersji standardu Ethernet metodę CSMA/CD. W nowym systemie stacja może odbierać informację w tym samym czasie kiedy sama nadaje. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu skrętki czteroparowej i transmisji kwartetowej.

Metoda dostępu z priorytetowaniem opracowana została dla

potrzeb nowego typu sieci Ethernet, umożliwiającej transmisję z szybkości 100 Mb/s. Ten standard sieci nazwano 100VG-AnyLAN. W metodzie dostępu z priorytetowaniem wykorzystano charakterystyczny dla topologii 100VG-AnyLAN – model okablowania strukturalnego i koncepcję sieci opartą na zastosowaniu koncentratorów. Różnicę między metodą dostępu z priorytetowaniem a metodą CSMA/CD zilustrowano na rysunku 40. Stacja robocza, która chce nadawać, wysyła do koncentratora odpowiednie żądanie. Jeśli sieć jest akurat wolna, to stacja uzyskuje zezwolenie na nadawanie. W systemie priorytetu na żądanie to koncentrator decyduje kiedy i jak stacja będzie mogła uzyskać dostęp do sieci. Pozwala to na zwiększenie wydajności, gdyż w zasadzie wyeliminowane zostają konflikty dostępu do medium. Jedną z najważniejszych zalet standardu 100VG-AnyLAN jest dostępność trybu transmisji izochronicznej, w którym dane, które muszą być przesyłane w czasie rzeczywistym (np. obraz video i dźwięk), mogą uzyskać wyższy priorytet. Dzięki temu dźwięk i obraz może być przesyłany bez opóźnień powodujących zniekształcenia. Stacja robocza musi poinformować koncentrator, że przesyłane dane muszą uzyskać wyższy priorytet. Koncentrator przydzieli wówczas stacji odpowiedni czas na transmisję danych. Jeżeli takiego samego priorytetu zażądają jednocześnie dwie stacje – obie obsługiwane są naprzemiennie.

Taka metoda organizowania transmisji wykazuje przewagę nad CSMA/CD, gdzie rywalizacja o dostęp do kabla odbywa się pomiędzy samymi stacjami, a nie pod kontrolą centralnego koncentratora. Dodatkową zaletą transmisji z priorytetem na żądanie jest to, że informację przesyła się, poprzez koncentrator, tylko do stacji docelowej, a nie do wszystkich stacji, co ogranicza możliwość dostępu do danych osobom niepowołanym.

Ponieważ topologie sieci 100VG-AnyLAN i 10Base-T są podobne, karty i pozostałe komponenty sieci mają w obu systemach wiele cech wspólnych. W nowym standardzie zachowano topologię

gwiazdy i zasady okablowania strukturalnego, a także format ramki, obowiązujący dotychczas w sieciach Ethernet. Dzięki temu sieci 100VG-AnyLAN można łączyć z istniejącymi sieciami Ethernet za pośrednictwem prostego mostu. Założono, że 100VG-AnyLAN ma wykorzystywać te same kable co 10Base-T.

Obecnie standard 100VGAnyLAN stosowany jest sporadycznie. Firmy zajmujące się budową sieci strukturalnych nie podejmują się budowy sieci opartych na tym standardzie. Praktycznie popularność technik 100Base TX jest tak duża, że należy się liczyć z zanikiem tego standardu. W ofercie na polski rynek nie ma praktycznie ani kart sieciowych ani koncentratorów/przełączników budowanych w oparciu o ten standard.

Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet jest rozszerzeniem standardu IEEE 802.3 do szybkości przesyłania 1Gb/s. Gigabit Ethernet opiera się na popularnym standardzie Ethernet, mającym wielką ilość implementacji. Stosuje ten sam mechanizm dostępu do medium CSMA/CD, taki sam format i rozmiar ramki. Większość istniejących już elementów sieciowych (w tym oprogramowanie stacji roboczych) nie wymaga żadnego uaktualnienia. Również dotychczasowe inwestycje w osprzęt sieciowy (koncentratory, przełączniki, okablowanie) w większości wypadków nie zostaną stracone. Można będzie nawet zachować oprogramowanie zarządzające, chociaż analizatory sieci będą wymagały aktualizacji ze względu na większą szybkość transmisji.

Gigabit Ethernet rywalizuje ze standardem ATM jako rozwiązanie dla sieci szkieletowych o bardzo dużej przepustowości. Obecnie uważa się ATM za lepszy wybór dla rozwiązań integrujących transfer danych, głosu, wideo i inne rodzaje transmisji czasu rzeczywistego. Wynika to stąd, że w standardzie tym zaimplementowany jest system zapewniania odpowiedniego poziomu usług QoS. Istotne są również dodatkowe właściwości systemu, jak np. gwarancja jakości usług (dzięki zastosowaniu

protokołu RSVP – *Resource Reservation Protocol*).

Prace nad specyfikacją standardu Gigabit Ethernet prowadzi Grupa Tematyczna IEEE 802.3z (*IEEE 802.3z Task Group*), która w 1996 r. przedstawiła zasadnicze propozycje dotyczące systemu. W efekcie prac prowadzonych przez IEEE zdefiniowano następujące specyfikacje, nazywane ogólnie 1000Base-X:

- 1000Base-LX Wykorzystuje do transmisji światło długofalowego lasera; długość segmentu wynosi 550m dla światłowodu wielomodowego i 3000m dla światłowodu jednomodowego
- 1000Base-SX Wykorzystuje do transmisji światło krótkofalowego lasera; długość segmentu wynosi 300m dla światłowodu wielomodowego 62,5m i 550m dla światłowodu wielomodowego 50m.
- 1000Base-CX Przeznaczony do łączenia urządzeń na krótkich odległościach (w obrębie tej samej szafy kablowej); wykorzystuje kabel miedziany (skrętkę) o długości do 25m.
- 1000Base-T Proponowany standard wykorzystujący skrętkę miedzianą kategorii 5 o długości segmentu do 100m. Obecnie trwają prace nad implementacjami Gigabit Ethernetu na okablowaniu UTP kategorii 6.

W standardzie Gigabit Ethernet możliwa jest praca w trybie pełnego duplexu przy połączeniach pomiędzy przełącznikami i pomiędzy przełącznikami a stacjami końcowymi. W sieciach zbudowanych w oparciu o przełączniki (korzystających z pełnego duplexu) nie ma potrzeby stosowania mechanizmu detekcji kolizji, gdyż transmisja pomiędzy stacjami odbywa się kanałem dedykowanym (*data pipe*). Metoda CSMA/CD została jednak zachowana aby utrzymać kompatybilność z poprzednimi wersjami standardu Ethernet.

Jak już wspomniano, standard ten został zaprojektowany dla sieci kampusowych i szkieletowych w budynkach. Twórcy standardu w trakcie jego opracowywania stworzyli możliwość

migracji do Gigabit Ethernet z innych standardów (głównie 10/100Mb Ethernetu).

W przypadku poprzednich wersji Ethernetu istniejąca sieć szkieletowa, pracująca w standardzie Fast Ethernet, zostaje zamieniona na Gigabit Ethernet poprzez wymianę centralnego przełącznika. Zwiększa to szybkość wymiany danych pomiędzy sieciami lokalnymi pracującymi z przepustowością 10 Mb/s lub 100 Mb/s. W tym celu należy wymienić karty sieciowe NIC (*Network Interface Card*) w wysokowydajnych serwerach na nowe – w standardzie Gigabit Ethernet. Na rysunku 41 pokazano połączenie takich serwerów z przełącznikiem Gigabit Ethernet. Serwery wyposażone w tak szybkie karty sieciowe muszą obsługiwać przynajmniej milion pakietów na sekundę (a więc i tyleż przerw). Aby temu zaradzić, opracowano specjalny rodzaj karty sieciowej, odciążającej serwery od obsługi takich ilości przerw. Jeśli bowiem serwer jest zajęty, karta przyjmuje przychodzące pakiety do bufora, a następnie przesyła do serwera korzystając z jednego tylko przerwania. Natomiast przełączniki 100Mb pozostają jako jednostki obsługujące grupy robocze. Stosowanie przełączników Gigabit Ethernetowych do obsługi bezpośredniej grup roboczych jest obecnie bezcelowe (komputery klasy PC nie są w stanie obsłużyć i wykorzystać tak wysokiej przepustowości).

W przypadku migracji do standardu Gigabit Ethernet na bazie istniejącej sieci FDDI następuje wymiana sprzętu z wykorzystaniem istniejącego okablowania światłowodowego. Realizuje się to poprzez zamianę odpowiednich urządzeń transmisyjnych. Pozwala zachować istniejącą strukturę fizyczną okablowania szkieletowego, zwiększając znacznie jego przepustowość.

Gigabit Ethernet jest relatywnie nowym standardem borykającym się z pewnymi trudnościami w warstwie dostępowej sieci LAN. Wynikają one poza względami technicznymi także z powodów cenowych. Analiza cenowa przedstawiona poniżej nieco obrazuje sytuację standardu Gigabit Ethernet. Nowy standard może być z

dużym powodzeniem stosowany w hierarchicznych sieciach zbudowanych w oparciu o wcześniejsze wersję Ethernetu wykorzystując już istniejącą infrastrukturę sieciową (okablowanie kategorii 5). Koszt migracji jest stosunkowo niewielki. Najoptimalniejszym pod względem wydajnościowym oraz względnie tanim rozwiązaniem jest rozwiązanie oparte na standardzie Fast i Gigabit Ethernet. Wymienia się karty sieciowe (głównie 10Mb) na karty FastEthernetowe w stacjach końcowych. Poza tym wysokowydajne serwery sieciowe wyposaża się w specjalne dedykowane karty sieciowe GigabitEthernet-owe. Przełączniki FastEthernet-owe oparte na standardzie 100Base TX obsługujące grupy robocze pozostają niezmiennione. Jedynym ważnym nowym elementem są moduły GigabitEthernet-owe służące do transmisji danych między grupami roboczymi i wymienianych z serwerami sieciowymi (głównie bazodanowymi/intranetowymi). Jest to rozwiązanie coraz liczniej stosowane ze względu na najoptimalniejsze dostosowanie do aktualnych potrzeb większości średnich i dużych korporacji.

Obecnie trwają prace nad nową wersją zwaną 10GigabitEthernet będącą przedmiotem zainteresowania zwłaszcza operatorów sieci miejskich (MAN). Jednak standard w praktyce nie wyszedł jeszcze poza laboratoria i konstrukcje testowe. Urządzenia 10Gigabit Ethernet nie pojawiły się jeszcze na rynku w ofercie żadnego z wiodących producentów sprzętu sieciowego.

ATM

ATM to standard budowy sieci szybkiej transmisji danych, przeznaczony do stosowania zarówno w sieciach lokalnych, jak i rozległych. Operatorzy sieci mają zasadniczo kilka interfejsów (DXI, UNI, ICI), za pomocą których mogą łączyć elementy sieci ATM co zobrazowane jest na rysunku 42.

W poprzednich rozdziałach omówiono sposoby wykorzystania ATM przez operatorów do budowy rozległych sieci transmisyjnych. Standard ATM można jednak zastosować również do budowy prywatnych sieci. We wnętrzu sieć LAN może działać całkowicie

w oparciu o ATM. W takim przypadku stacje robocze – z zainstalowanymi kartami sieciowymi ATM – podłącza się do przełącznika ATM. Jednak sieci, działające wyłącznie w oparciu standard ATM, spotyka się obecnie stosunkowo rzadko. Częściej występują rozwiązania, w których sieci Ethernetowe, podłączone są do głównego koncentratora ATM.

Obecnie zasadniczy problem wynika ze stosowanych mechanizmów emulacji sieci LAN, które z reguły ukrywają własności sieci ATM przed protokołami wyższych warstw oraz aplikacjami działającymi na komputerze użytkownika. Z tego względu aplikacje nie mogą określić wymaganej jakości usług. Producenci wraz z organizacją ATM Forum, opracowują już nowe strategie emulacji, które zniosłyby powyższe ograniczenie.

Migrację do standardu ATM przeprowadza się zwykle etapowo, tak aby zachować zgodność z istniejącymi sieciami, np. Ethernet. Na rysunku 43 i 44 przedstawiono przykładowe etapy takiego procesu. W pierwszym etapie przełącznik ATM instaluje się w charakterze głównego koncentratora skupionej sieci szkieletowej. Istniejące sieci pracujące w oparciu o inne standardy podłączone są do tego głównego koncentratora za pośrednictwem routerów.

Kolejnym etapem najczęściej jest instalacja węzłów komutacyjnych (przełączników) na różnych poziomach w hierarchii sieci (rysunek 44). Serwery podłącza się do głównego przełącznika, wyposaża w wysokowydajne specjalizowane karty sieciowe dzięki czemu stają się lepiej dostępne dla użytkowników.

Podłączanie istniejących sieci LAN do sieci ATM jest trudnym zadaniem. Spowodowane jest to m.in. tym, że tradycyjne sieci lokalne funkcjonują bez-połączeniowo, a komunikacja w sieciach ATM ma charakter połączeniowy. Problem rozwiązano wprowadzając mechanizmy emulacji sieci LAN w środowisku ATM. W 1995 roku organizacja ATM Forum zdefiniowała specyfikację LANE (*LAN Emulation*).

Aby rozwiązać problem kojarzenia adresów IP z łączami, w ramach specyfikacji LANE zdefiniowano funkcję serwera LES (*LAN Emulation Server*). Serwer ATMARP (*ATMAddress Resolution Protocol*) sprawuje pieczę nad tabelą, w której przechowywane są adresy IP wraz z przypisanymi im łączami ATM.

Inny problem wynika z faktu, że w sieciach Ethernet wiele operacji realizuje się z wykorzystaniem rozgłaszania (*broadcast*) i przesyłania grupowego (*multicast*). Jeśli sieć Ethernet ma być połączona z siecią ATM, to operacje takie nadal muszą być możliwe do zrealizowania. W tym celu wprowadzono funkcję serwera BUS (*Broadcast/Unknown Server*), który utrzymuje połączenia ze wszystkimi stacjami i może realizować operacje rozgłaszania i przesyłania grupowego.

LANE nie stanowi ostatecznego rozwiązania, które zapewniłoby usługi ATM w połączeniach między stacjami końcowymi. Nie wystarczy bowiem samo połączenie systemów klienckich LAN do sieci szkieletowej ATM. Potrzebna jest jeszcze metoda, która pozwoliłaby im określić żadaną jakość usług (QoS) ATM. Jak już wspomniano, specyfikacja LANE ukrywa własności ATM przed aplikacjami, dzięki czemu istniejące oprogramowanie klienckie może działać bez żadnych modyfikacji. Jednak aplikacje nadal widzą tylko zwykłą sieć LAN i nie mogą komunikować się z siecią ATM, a tym samym – wybrać poziom usług, dostępny w takiej sieci. Organizacja ATM Forum pracuje nad rozwiązaniem tego problemu, które ma znaleźć się w specyfikacji LANE 2.0.

W praktycznych realizacjach można spotkać dwie grupy rozwiązań sieci lokalnych opartych na standardzie ATM: ATM25 i ATM155 różniące się maksymalnymi przepływnościami. Trendy na rynku pokazują, że obydwa standardy mają niewielką szansę na przetrwanie jako techniki realizacji sieci lokalnych. Standardy Fast i Gigabit Ethernet zyskały już zbyt dużą pozycję na rynku i nie wygląda na to by przy spadkowej tendencji cen tych technologii pozwoliły sobie odebrać prymat realizacji sieci lokalnych i metropolitalnych. Podstawową i chyba dla wielu odbiorców najistotniejszą bolączką standardów

ATM 25/155 jest poza problemami omówionymi na wstępie niniejszego podrozdziału ich cena. W tabelach 33 i 34 przedstawiono analizę cenową obydwu standardów budowy sieci. Relatywnie duży rozrzut cen w przypadku tak jednej jak i drugiej wersji standardu wynika w przypadku przełączników z faktu, że każde tego typu urządzenie posiada tzw. uplinki do łączenia z siecią szkieletową. W najprostszej konfiguracji dla przełączników ATM25 są to dwa linki 155Mb/s. Co do specyfikacji okablowania to specyfikacja dopuszcza stosowanie w sieciach LAN skrętkę nieekranowaną kategorii 5 lub kable światłowodowe (głównie wielomodowe). Dopuszczalna jest realizacja (przy zachowaniu odpowiednich parametrów odległościowych) na okablowaniu UTP kategorii 3 i 4.

Należy jednak zauważyć, że konfiguracja i utrzymanie rozwiązań opartych na ATM25/155 nawet według sprzedawców rozwiązań opartych na tej technice (cytat handlowca z ATM S.A.) jest trudniejsze a same sieci o wiele droższe niż Fast/Gigabit Ethernet. Dlatego w najbliższej przyszłości nie należy się spodziewać spektakularnych sukcesów tych technik jako wiodących standardów budowy sieci lokalnych. Natomiast w sieciach szkieletowych i transmisyjnych operatorów krajowych być może będzie to standard wykorzystywany z dużym powodzeniem.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.