

100VG-AnyLan – Teoria, Technologia, Praktyka

Technologia 100VG-AnyLan, ostatnio uznana przez międzynarodowy komitet normalizacyjny IEEE jako standard sieciowy IEEE802.12 jest połączeniem protokołu, techniki dostępu do medium i sposobu przesyłania danych w sieciach lokalnych z szybkością 100 MBit/s. Podstawowymi cechami tej technologii jest: gwarantowane pasmo przenoszenia danych w sieci, zdeterminowany maksymalny czas przesłania pakietu oraz możliwość zachowania istniejącego okablowania sieci lokalnej UTP kategorii 3, 4 lub 5 oraz STP i światłowodowej. Ideą 100VG-AnyLan jest nowy protokół dostępu do medium przenoszącego sygnał elektryczny **Priorytet Żądań**.

Trochę historii

Przed początkiem rozwoju sieci lokalnych, gdy dominowały duże komputery, używano do przesyłania danych linii telefonicznych o małej przepustowości. Ograniczone pasmo przenoszenia (3 kHz dla typowych linii fonicznych) spowodowało w latach siedemdziesiątych próby rozwiązania tego problemu. Dały one wiele propozycji z których dwie: Ethernet i token ring znalazły powszechne zastosowanie. Zdobyły one dominującą pozycję na rynku sieci lokalnych.

Ethernet (IEEE 802.3). Ethernet został opracowany w latach siedemdziesiątych przez firmę Xerox dla połączenia minikomputerów z szybkością 10 MBit/s. Ta technologia sieciowa została w 1985 roku uznana jako standard. Podstawą było podłączenie wielu stacji (węzłów) do wspólnej magistrali opartej na kablu koncentrycznym.

Podstawą dostępu do medium jest CSMA/CD, jest to skrót utworzony od angielskiego określenia „carrier sense, multiple access with collision detection” czyli badanie nośnej z wielokrotnym dostępem i detekcją kolizji. Technologia ta zakłada, że każda stacja ma równy dostęp do medium, bada ona czy inna stacja nie zajmuje medium, a gdy medium jest wolne nadaje, sprawdzając czy brak jest kolizji z inną stacją która mogła by w tym samym czasie zacząć nadawanie. Pakiet jest ograniczony do 1500 bajtów co dawało pewne ograniczenia w możliwościach przesyłania danych. Jeżeli występowała kolizja (dwie stacje zdecydowały się jednocześnie nadawać) musiały obie przerwać nadawanie, odczekać losowy odcinek czasu i spróbować ponownie. Wszystko jest w porządku, jeżeli do magistrali jest przyłączone kilka lub kilkanaście stacji. Przy kilkudziesięciu i więcej stacjach nadających w sieci, udział kolizji w zajętości całego pasma przenoszenia wzrasta tak znacznie, że tylko mniejsza jego część wykorzystywana jest na transmisję danych. Ponieważ każda stacja musi bez przerwy „słuchać” sygnałów występujących w magistrali aby wykryć pakiety adresowane do niej, może także kopiować pakiety przeznaczone dla innych stacji. Ta cecha tej technologii nie daje ochrony danych przed podsłuchem. Brak jest także mechanizmu określania priorytetów poszczególnych stacji. Wszystkie niezależnie od ich ważności dla użytkowników mają jednakowy dostęp do medium.

Opracowana w 1987 roku topologia typu gwiazda fizyczna, magistrala logiczna (po raz pierwszy zaproponowana przez firmę Hewlett-Packard) nazwana 10Base-T, została włączona do standardu w 1990 roku. Używa ona skrętki telefonicznej dla przesyłania danych. W tej topologii wystarczają dwie pary przewodów dla każdej stacji. W węźle łączeniowym, wszystkie przewody są dołączone do koncentratora, który realizuje funkcję magistrali.

10Base-T jest obecnie najczęściej stosowaną konfiguracją sieciową opartą o standard IEEE 802.3.

Token Ring (IEEE 802.5). Token ring został zaproponowany przez firmę IBM jako rozwiązanie problemów związanych z kolizjami w Ethernetie. Działa przy szybkościach 4 lub 16 MBit/s. Jako standard IEEE został uznany w 1984 roku, czyli nawet wcześniej niż 802.3. Oryginalna logiczna struktura sieci w formie pierścienia, dwa rodzaje pakietów: znaczniki (token) i pakiety danych (do 4500 bajtów), to podstawowe cechy tej technologii. Jako medium wykorzystuje się kabel IBM typ 1 (ekranowana, dwuparowa skrętka, inaczej STP). Obecnie najczęściej instaluje się Token Ring w topologii fizycznej gwiazdy – logicznego pierścienia.

Sposób dostępu do medium został zaprojektowany dla wyeliminowania kolizji i zapewnienia stopniowania priorytetów. opiera się na krążącym w sieci znaczniku – krótkim pakiecie służącym tylko do tego celu. Zapobiega on możliwości nadawania danych przez stacje, które nie są „właścicielem” znacznika. Sposób dostępu umożliwia także zrealizowanie ośmiopoziomowego priorytetu w dostępie do medium.

Aktualne i przyszłe potrzeby użytkowników sieci lokalnych

W ostatnich latach wielokrotnie zwiększyła się szybkość komputerów oraz wielkość plików tworzonych przez wyrafinowane aplikacje. Ale szybkość przesyłania danych w sieci jest stale ograniczona do 10 lub 16 MBitów/s. Powoduje to naciski użytkowników sieci lokalnych na opracowanie technologii zwiększającej szybkość transmisji danych.

Wzrastające potrzeby użytkowników sieci lokalnych wynikają z zadań, które stoją przed nimi oraz z możliwości oferowanych przez nowoczesne komputery osobiste. Moc obliczeniowa tych komputerów jest już teraz bardzo duża, a producenci mikroprocesorów stale prześcigają się w tworzeniu coraz to nowych, doskonalszych i wydajniejszych konstrukcji. Jednocześnie potrzeby wydajniejszej, zespołowej pracy ludzi, określają zastosowanie aplikacji sieciowych o coraz większym stopniu złożoności. Takie aplikacje przesyłają o wiele więcej danych niż te, które były stosowane podczas tworzenia dotychczasowych standardów sieci lokalnych. Na rysunku 1 pokazano typowe potrzeby w zakresie przesyłania danych w niektórych nowoczesnych zastosowaniach.



Rys. 1. Typowe wielkości plików przesyłane przez różne rodzaje aplikacji

Jak widać wielkość plików przesyłanych w sieci wzrasta do dziesiątków, a nawet setek megabajtów. W zastosowaniach multimedialnych wymagana jest jednocześnie dostępność medium w zdeterminowanym czasie oraz mały czas opóźnienia w dostarczeniu pakietu. Jednocześnie użytkownicy pragną zachować już poczynione inwestycje w postaci okablowania, uzyskać łatwość migracji do szybkiej sieci lokalnej przy minimalnych nakładach pracy i środków finansowych.

Trzeba także brać pod uwagę prognozy na przyszłość. Gwałtowny rozwój technik multimedialnych, telewizji interaktywnej czy dostępu do wielkich zbiorów dokumentów tekstowych i graficznych wywołuje zapotrzebowanie na wzrost szybkości przepływu danych w sieciach lokalnych i rozległych.

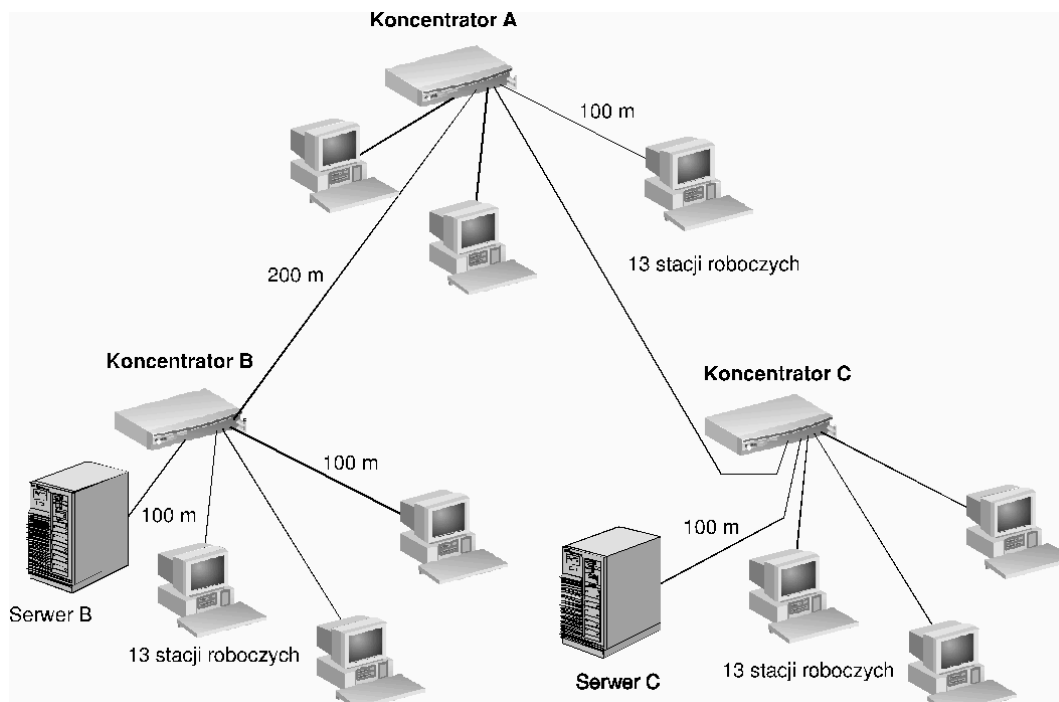
Pierwszą oznaką *zatykania* się sieci lokalnej jest znaczące zwolnienie tempa przesyłania plików. Widać, że gdy część użytkowników intensywnie pracuje z bazami danych, aplikacjami CAD czy składem tekstów z grafiką, pozostali odczuwają znaczne pogorszenie szybkości usług sieciowych. Problemy te próbuje się rozwiązać przez segmentację sieci, stosowanie routerów i przełączników segmentowych. Lecz są to rozwiązania drogie i nie zawsze dają zadowalające efekty. Przecież źródło problemów tkwi w samej idei. O ile token ring przy dużych obciążeniach przewyższa Ethernet to jednak wymagana zmiana technologii, okablowania i wszystkich elementów sieciowych nie uzasadnia przejścia na tą prawie równorzędną technologię sieciową. Trzeba pamiętać też o przyszłych potrzebach. Wkraczające szerokim frontem multimedia, nowoczesne aplikacje projektowe, zaawansowane aplikacje z zakresu CAD i DTP będą wymagać coraz większych plików, coraz większych przepustowości sieci. Poza tym, newralgicznym parametrem może okazać się maksymalny gwarantowany czas dostarczenia pakietu do adresata.

Maksymalne opóźnienia w sieciach 10Base-T są w zasadzie niemożliwe do określenia. Jest to związane ze sposobem dostępu do medium przenoszącego informacje. Może się zdarzyć, że dana stacja przez bardzo długi czas nie dostanie dostępu, zawsze będą występowały kolizje. Teoretycznie każda stacja ma szansę przesłać informację, ale przy dużej liczbie aktywnych stacji w danym segmencie sieci prawdopodobieństwo natychmiastowego uzyskania dostępu znacznie maleje, a po przekroczeniu pewnego granicznego obciążenia sieci czas dostępu do medium zaczyna liczyć się w sekundach.

W technologii 802.5 (token ring) problemy te występują znacznie łagodniej, lecz też nie uzyskuje się gwarantowanego maksymalnego czasu przesłania pakietu.

Dopiero nowoczesne, oparte o technikę światłowodową, ale również bardzo drogie technologie ATM i FDDI zapewniają gwarantowane maksymalne opóźnienia i pasmo przenoszenia. Jednak mimo malejących kosztów tych technologii, są one jeszcze praktycznie niedostępne dla powszechnego stosowania w sieciach lokalnych.

Na tym tle technologia oparta o priorytet żądań (demand priority) czyli standard 802.12 korzystnie się wyróżnia. Małe opóźnienia i stały dostęp do sieci, obsługa ramek Ethernet i Token Ring, dwa poziomy priorytetów; to podstawowe zalety tej technologii sieciowej. Związana z techniką dostępu do medium wysoka efektywna przepustowość sieci – do 96 MBit/s, w porównaniu z technologią 100Base-T (teoretycznym maksimum 80 MBit/s, praktyczna przepustowość przy większych obciążeniach - 30 MBit/s) daje duże możliwości w wielu dziedzinach zastosowań sieci lokalnych. W wielu przypadkach można zastosować 100VG-AnyLan w miejscach, gdzie dotychczas można było użyć tylko FDDI lub ATM. Jednocześnie za takie parametry nie trzeba płacić znacznie większej ceny, proporcjonalnej do zwiększenia prędkości. Ceny poszczególnych elementów sieciowych się najwyżej dwa do trzech razy wyższe od cen porównywalnych elementów technologii 10Base-T. Pozwala to znacznie obniżyć koszty budowy i eksploatacji szybkich sieci lokalnych.



Rys. 2. Ilustracja możliwości transmisji danych w sieciach 100VG-AnyLan i 100Base-T

Teoria czyli – jak to funkcjonuje

Priorytet żądań został określony jako sposób dostępu do medium transmisyjnego dla danych przez komitet IEEE 802 w postaci standardu 802.12. Jego powszechnie znane określenie 100VG-AnyLan wywodzi się z firmy Hewlett-Packard, głównego wraz z AT&T twórcy tej technologii. Zastosowane różne techniki dla zapewnienia równego dostępu dla wszystkich węzłów z gwarantowanym czasem dostępu dla pojedynczego węzła. Kolejne przeglądanie kolejki żądań zostało użyte dla zapewnienia równego dostępu dla każdego węzła, dwa poziomy priorytetu umożliwiając odpowiednie obsłużenie aplikacji w których czas jest czynnikiem krytycznym (multimedia, interaktywne wideo) dając odpowiednio mały czas przesyłania danych w sieci. System przydziału pasma przenoszenia pozwala wprowadzić kontrolę nad częścią pasma używanego przez każdą z aplikacji.

Te techniki czynią z priorytetu żądań technologię zdolną do zapewnienia odpowiedniej wydajności dla wymagających środowisk multimedialnych. Podstawą sieci lokalnych 100VG-AnyLan są inteligentne koncentratory (w standardzie 802.12 określane jako repetytory). Każdy z nich jest centralnym punktem pewnej części topologii gwiazdy. Koncentrator ma określoną liczbę portów lokalnych do których podłączone są węzły (stacje robocze, serwery, routery czy koncentratory niższego poziomu). Ma także port służący do połączenia z koncentratorem nadrzędnym (ang. *uplink*). Właśnie one realizują implementację priorytetu żądań.

Sterowanie siecią

Sterowanie siecią oparte jest w technologii priorytetu żądań. Polega ona na zgłaszaniu przez węzły końcowe żądań i przydzielaniu dostępu po uzgodnieniach między węzłem a

koncentratorem. Każdy węzeł, który chce wysłać ramkę, zgłasza zapotrzebowanie na transmisję do koncentratora poprzez wysłanie odpowiedniego sygnału żądania. Następnie czeka na potwierdzenie swojego żądania przez koncentrator. Idea jest twórczym rozwinięciem koncepcji znacznika w technologii Token Ring. Powoduje to, że w takich sieciach nigdy nie występują kolizje ramek.

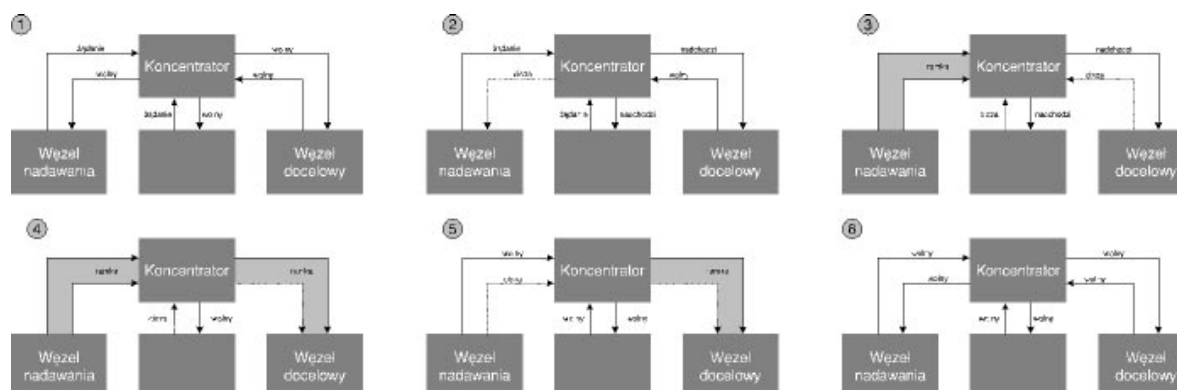
Koncentratory używają procedury cyklicznego odpytywania węzłów do zapewnienia równej możliwości wszystkich węzłów do nadawania. Celem tego jest spowodowanie aby dwa kolejno następujące po sobie żądania wysłania ramki z jednego węzła nie były obsłużone dopóki inne węzły mają do przesłania ramki o normalnym priorytecie.

Wybór przy cyklicznym odpytywaniu

Wszystkie węzły sieci są kolejno ponumerowane. Koncentrator wykorzystuje wskaźnik cyklicznego odpytywania do określania który węzeł jest następny do sprawdzenia czy nie wystawił on żądania nadawania. Na przykład, jeżeli węzły 2, 3, 5 i 9 wskazują, że mają pakiety do przesłania, a wskaźnik odpytywania wskazuje na 3, to właśnie węzeł 3 otrzymuje dostęp do medium. Wskaźnik następnie przesuwa się na 4. Ponieważ węzeł 4 nie ma danych do przesłania, wybierany jest następny węzeł o numerze 5. Cykl się powtarza, aż do osiągnięcia ostatniego węzła w sieci, następnie cykliczne odpytywanie rozpoczyna się od początku. Cykl przeglądania węzłów o normalnym priorytecie może zostać chwilowo zawieszony, jeżeli któryś z węzłów zgłasza żądanie wysokiego priorytetu. Oddzielny wskaźnik cyklicznego odpytywania dla wysokiego priorytetu obsługuje tylko węzły z wysokim priorytetem. W ten sposób są one traktowane jednakowo. Decyzja, do którego węzła przejść w następnej kolejności jest podejmowana natychmiast po wykonaniu transmisji.

Typowa operacja nadawania

Typowa operacja nadawania pakietu wygląda następująco. Przedstawiona jest sytuacja z jednym koncentratorem połączonym z węzłami cztero-parowym kablem UTP. Cztery pary są potrzebne do jednoczesnego nadawania i odbioru na wszystkich parach danych, ale w czasie gdy nie są przesyłane dane, dwie pary są dedykowane do przesyłania sygnałów sterujących. Na rysunku 3 pokazano poszczególne fazy operacji.



Rys. 3. Proces transmisji ramki

Jak widać w pierwszym kroku węzeł wysyła do koncentratora żądanie dostępu do medium po sprawdzeniu, że koncentrator wysyła sygnał *wolny*. Następnie koncentrator nakazuje węzłowi nadawczemu oczekiwanie, poprzez wysłanie sygnału *cisza*, a do węzła odbiorczego wysyła sygnał informujący o potrzebie odebrania przez ten węzeł ramki. W następnym kroku węzeł nadawczy rozpoczyna wysyłanie ramki, która po potwierdzeniu gotowości przez węzeł odbiorczy, jest natychmiast przesyłana do niego. Po przesłaniu ramki węzeł nadawczy przesyła sygnał, że jest już wolny i oczekuje na potwierdzenie. W tym czasie pozostała część ramki jest przesyłana do węzła odbiorczego. Po odebraniu całej ramki obydwie węzły wysyłają sygnał gotowości, a koncentrator potwierdza je.

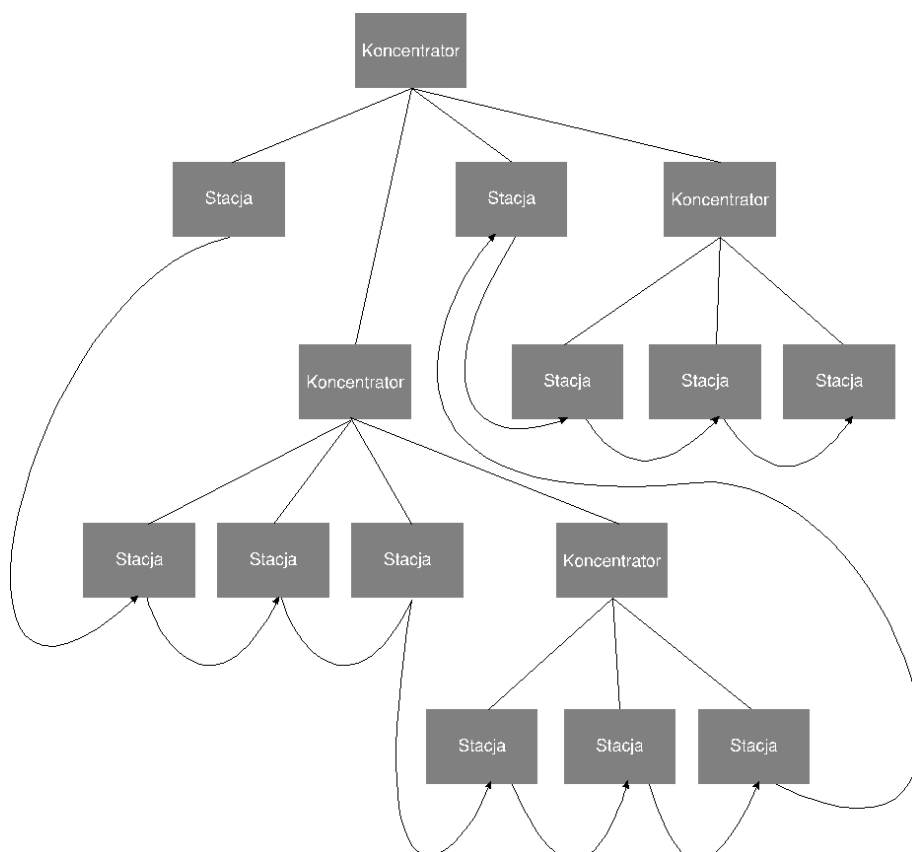
Jeżeli pakiet jest adresowana do wielu węzłów odbiorczych (np. komunikat w sieci) to jest on najpierw gromadzony w całości w koncentratorze, a następnie zostaje wysłany do poszczególnych węzłów docelowych.

W sieciach używających 2-parowych kabli STP lub światłowodów, pakiety są transmitowane przez każdy ze światłowodów lub parę skrętki, tak że w każdym z nich są multipleksowane cztery strumienie danych.

Sieci z kaskadowym połączeniem koncentratorów

Sieć złożona z kilku poziomów koncentratorów połączonych ze sobą w sposób zależny nazywamy siecią kaskadową. Jeden z koncentratorów jest głównym (*root*) koncentratorem nadrzędnym. Wszystkie pozostałe są podłączone do głównego bezpośrednio lub poprzez inne koncentratory przy użyciu specjalnych portów kaskadowych (*uplink*). Przy wielu koncentratorach w sieci, w danej chwili tylko jeden z nich steruje aktywnością sieci. Koncentrator realizujący bieżącą kontrolę fragmentu sieci jest określany przez węzeł zgłaszający chęć nadawania. W czasie gdy żaden z węzłów nie zgłasza żądań transmisji, aktywnym koncentratorem jest ten główny. W takiej sieci wskaźnik odpytywania przechodzi przez wszystkie węzły końcowe, tak że każdy z nich ma równe prawa do nadawania niezależnie od tego jak daleko znajduje się od głównego koncentratora sieci. Na rysunku przedstawiono kolejność przesuwania się wskaźnika odpytywania.

Rys. 4. Przeglądanie żądań w połączeniu kaskadowym



Inicjalizacja łącza – podłączenie się do sieci

Gdy węzeł po raz pierwszy przyłącza się do sieci, następuje sekwencja uzgadniania danych między koncentratorem i węzłem. Węzeł wysyła do koncentratora swój 48-bitowy adres MAC (identyfikator karty sieciowej). Przesyła także informacje dotyczące rodzaju ramki jak będzie używana (802.3 lub 802.5) oraz czy oczekuje wysyłania do niego wszystkich ramek bez względu na ich adres docelowy (*promiscuous mode*). Koncentrator przyjmuje lub odrzuca te informacje. Na przykład, jeżeli koncentrator jest skonfigurowany wyłącznie na prywatne połączenia, wszystkie żądania połączeń z podsłuchem, będą odrzucane. Taka konfiguracja zapewnia wysoki poziom poufności i bezpieczeństwa danych. W tym procesie następuje także nadanie numeru węzłowi i umieszczenie go na odpowiednich listach do odpytywania.

Gwarantowana wydajność

Dwa poziomy priorytetu zapewniają aplikacją odpowiednie wartości pasma przenoszenia dostępnego w medium transmisyjnym, a także zapewniają odpowiedni czas dostępu, czas między zgłoszeniem chęci nadawania przez węzeł, a chwilą wysłania pakietu. Pasma i czas dostępu zależą od wielkości sieci oraz jej konfiguracji. Węzły wysokiego priorytetu mają wydzieloną, stałą część pasma przenoszenia, wszystkie pozostałe węzły muszą zmieścić się w pozostałej części pasma (są obsługiwane po obsłudze wszystkich węzłów o wysokim priorytecie). Jednak ta część pasma, która nie jest potrzebna na przesyłanie pakietów z węzłów wysokiego priorytetu, jest dynamicznie dzielona między węzły normalnego priorytetu.

Opóźnienia w sieciach 100VG-AnyLAN

Czas dostępu do medium jest bardzo ważnym parametrem, ważącym przede wszystkim w aplikacjach multimedialnych. Ponieważ procedura cyklicznego odpytywania jest

zdeteminowana (oczywiście w stałej konfiguracji sieci), łatwo jest określić czas upływający od wysłania gotowości do nadawania do chwili przesłania ramki do węzła odbiorczego. Dla pojedynczego koncentratora z podłączonymi n węzłami używającymi wysokiego priorytetu, w najgorszym przypadku czas ten wynosi nT , gdzie T jest czasem potrzebnym na przesłanie najdłuższej występującej w sieci ramki. Dlaczego nie $(n-1)T$, jak by się na początku wydawało? Jest tak ponieważ rozpatrujemy najgorszy przypadek, gdy wszystkie węzły wysokiego priorytetu zgłaszają żądanie nadawania dokładnie w tej samej chwili, a jednocześnie koncentrator rozpoczął właśnie obsługę żądania normalnego priorytetu. Dla przykładu najgorszy czas dla koncentratora z 32 węzłami obsługującymi ramkę 802.3 o wielkości 1500 bajtów wynosi 4 ms, a dla ramek 802.5 (wielkość 4500 bajtów) wynosi 12 ms.

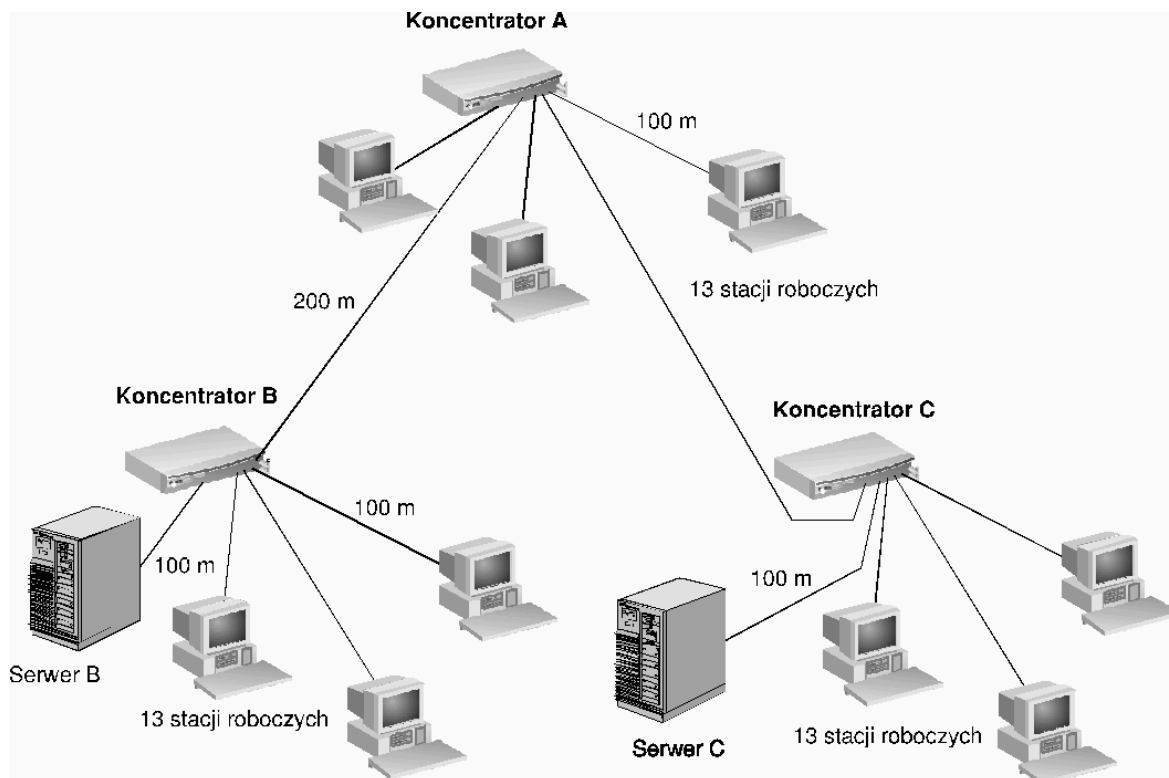
Czas dostępu dla normalnego priorytetu jest znacznie trudniejszy do określenia, ale w dalszej części pokazano, że jednak jest on na tyle niski, że nadaje się dla aplikacji silnie obciążających sieć.

Wydajność w symulowanym przykładzie

Aby zbadać wydajność sieci 100VG-AnyLan, zaprojektowano sieć kaskadową składającą się z trzech koncentratorów umieszczonych w dwóch poziomach. Dołączono do nich łącznie 41 stacji roboczych oraz dwa serwery. Symulacja obejmowała przesyłanie łącznie 100.000 ramek. Wyniki badań uwzględniają wartości średnie po odrzuceniu anomalii zdarzających się w czasie startu i wyłączenia elementów sieci. Schemat połączeń przedstawiono na rysunku 5.

Rys. 5. Schemat symulacyjnej sieci 100VG-AnyLan

Do koncentratorów B i C podłączono po trzy stacje (węzły) o wysokim priorytecie, z których

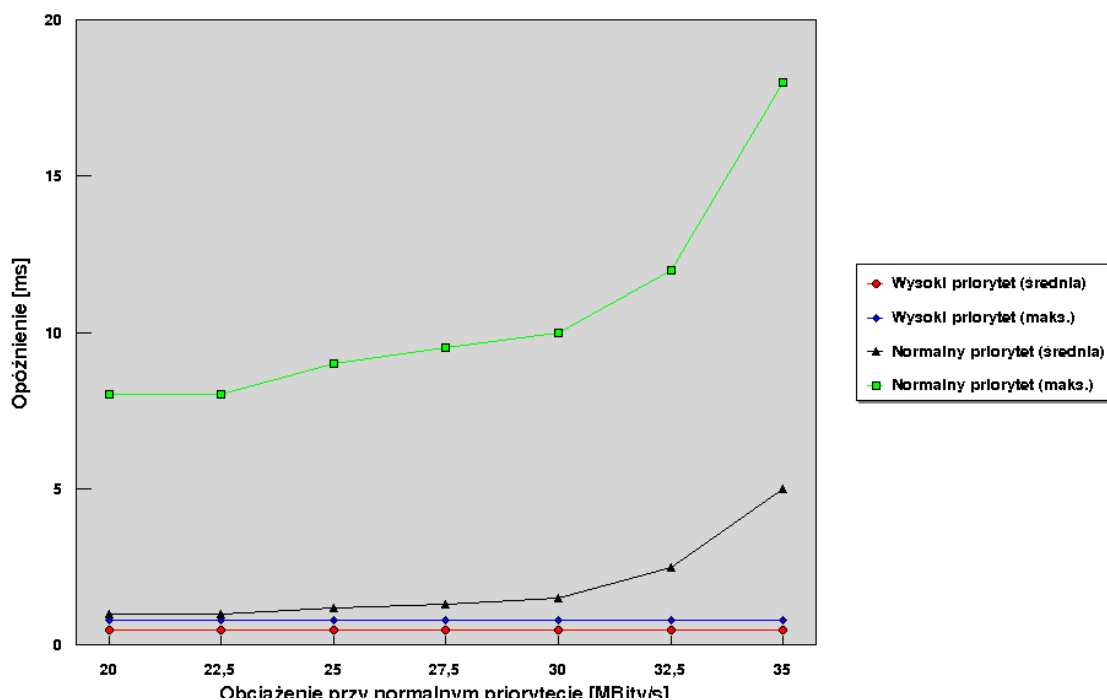


każda nadaje zestaw ośmiu ramek o maksymalnej wielkości co 10 ms. Pozostałe stacje

obsługują ramki o normalnym priorytecie. Pasma przydzielone każdemu z tych węzłów wynosi około 9,7 Mbitów/s (z nawiązką zapewnia przesyłanie filmów wideo w standardzie MPEG). Całkowite pasmo przydzielone dla tych sześciu węzłów wynosi 58 Mbitów/s.

Wszystkie stacje, włączając w to te sześć o wysokim priorytecie wysyłają również ramki o normalnym priorytecie (maksymalna wielkość). Pozwala to zbadać opóźnienie dla żądań o normalnym priorytecie przy różnych natężeniach ruchu. Na rysunku 6 pokazano średnie i maksymalne czasy dostępu przy zmiennym obciążeniu normalnego priorytetu od 20 do 35 MBitów/s przy stałym paśmie wydzielonym dla wysokiego priorytetu (58 MBitów/s). Daje to maksymalne obciążenie sieci około 93 MBitów/s.

Rys. 6. Czasy przesyłania pakietów w testowej sieci 100VG

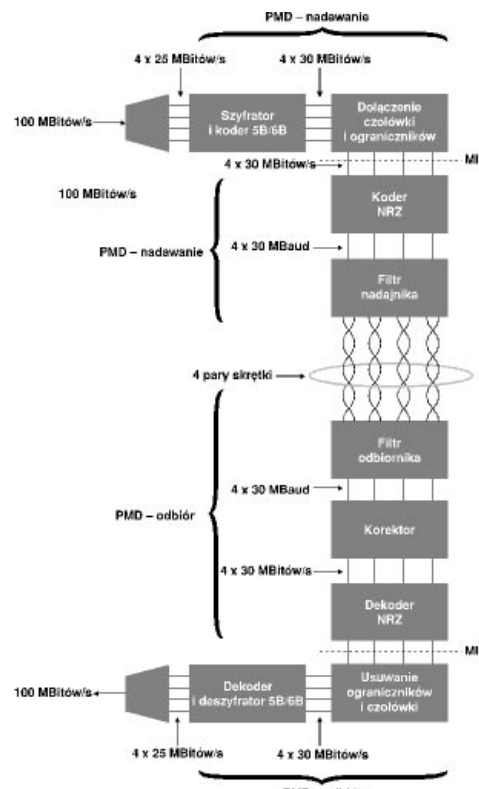


Jak widać czas dostępu dla wysokiego priorytetu zawiera się średnio w granicach 0,5 ms, a wartość maksymalna nie przekracza 0,8 ms. Dla normalnego priorytetu czasy te są większe, lecz nie przekraczają w najgorszym przypadku 20 ms.

Technologia czyli – co jest w środku

Podstawą przełożenia strumienia danych o przepływności do 100MBitów/s na cztery kanały o maksymalnym przepływie 30MBitów/s (musi to przecież działać na skrętce kategorii 3) jest odpowiedni sposób kodowania danych. W sieciach Ethernet używa się kodowania kodem Manchester, który ma wiele zalet, ale również wady. Przy strumieniu danych 10 MBitów/s daje dwa razy większą częstotliwość sygnału po zakodowaniu (20MBitów/s). Jest to związane z potrzebą odtwarzania sygnału taktującego. W standardzie 802.12 zastosowano kodowanie 5B/6B dające zwiększenie obciążenia pasma tylko o 20% w porównaniu z kodowaniem 1B/2B Manchester, używanym w 10Base-T. Kod 5B/6B jest także bardziej efektywny przy przesyłaniu czterech strumieni danych poprzez dwa multipleksowane kanały

w kablu STP lub przez światłowód. Strumienie danych poddawane są następnie dalszej obróbce w celu zapewnienia odpowiedniej odporności na błędy i przygotowywane w ten sposób do przekazania w medium transmisyjne. Na rysunku 7 przedstawiono schemat blokowy implementacji sprzętowej całego procesu.



Rys. 7. Implementacja standardu 802.12

PMI (Physical Medium Independent) i **PMD** (Physical Medium Dependent) są częściami odpowiednio niezależną i zależną od medium transmisyjnego. Występują one w pokazanym na rysunku torze nadawczym i odbiorczym. Oczywiście w konkretnym urządzeniu występują jednocześnie obydwa torze.

PMI – nadawanie. Ta część implementacji odpowiada za podział strumienia danych 100 MBitów/s na cztery strumienie, z których każdy jest zakodowany i zaszyfrowany. Usuwane są też ciągi danych, które powodują występowanie specyficznych słów kodowych na wyjściu kodera 5B/6B. Pomaga to uniknąć gwałtownych szczytów w obrazie spektralnym sygnału zakodowanych danych, które mogłyby przekraczać wymagane normy zakłóceń elektromagnetycznych. Typowo, ruch danych w sieci lokalnej zawiera ciągi danych, które są prostym powtórzeniem jedynek lub zer. Gdyby zostawić je nie przekształcone, to po podziale w piątki bitów w PMI, występowałyby silne „piki” w rozkładzie widma. Poprzez odpowiednie przekształcenie tych ciągów danych uzyskuje się równomierny rozkład widma sygnału zakodowanego. Po przekształceniu następuje kodowanie 5B/6B. Dodawane są także ograniczniki początkowe i końcowe we wszystkich czterech kanałach danych. Dodawane są także synchronizacyjne sekwencje początkowe (ciąg 0101...) na początku każdego strumienia. Cztery tak zakodowane strumienie danych (o przepływności 30 MBitów/s każdy) opuszczają PMI.

PMD – nadawanie. Część PMD przekształca cztery równoległe strumienie danych w sygnały elektryczne (+/- 2,5V) dla każdej z czterech skrętek UTP. Dane są poddawane

kodowaniu systemem *bez powrotu do zera* (NRZ), a sygnał wyjściowy przepuszczany przez filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 20 MHz.

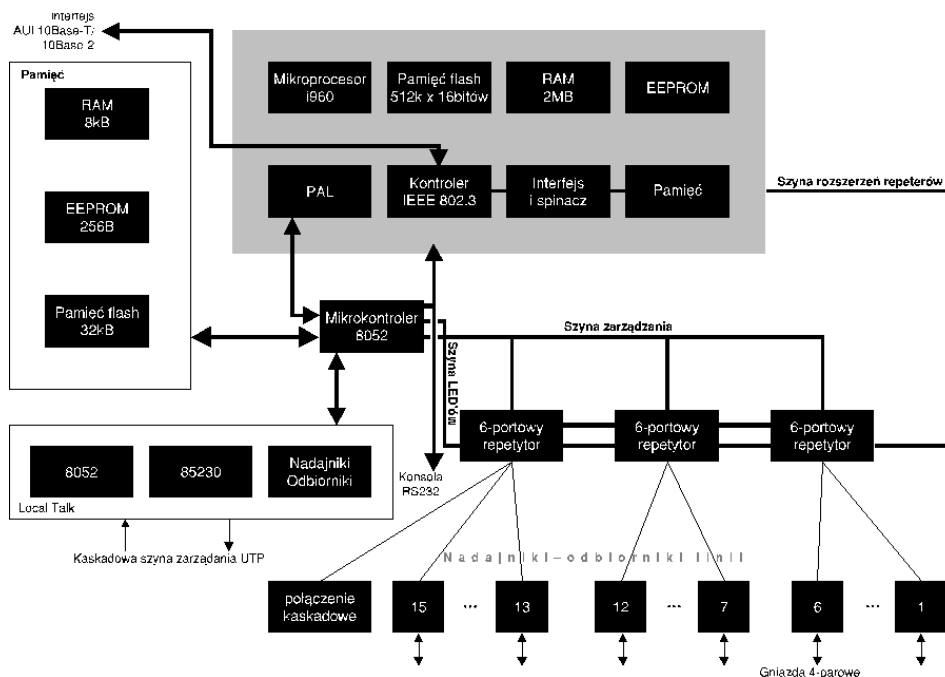
PMD – odbiór. Sygnały odebrane z czterech par skrętki są przepuszczane przez filtr dolnoprzepustowy usuwający szumy i zakłócenia powstałe podczas transmisji w przewodach. Następnie sygnały w czterech kanałach są standaryzowane do jednolitego poziomu. Kompensuje to tłumienie kabla oraz minimalizuje interferencje między kanałami. Później odbierane sygnały są próbkowane. PMD odtwarza impulsy zegarowe z sekwencji początkowych. Są one używane w procesie próbkowania. Następnie następuje dekodowanie kodu NRZ i dane zostają przekazane do następnej części implementacji.

PMI – odbiór. Dane z każdego strumienia są dekodowane, rozszyfrowywane i przeformatowywane w jeden strumień danych odpowiadający danym wprowadzonym w części nadawczej. PMI spełnia także niektóre funkcje kontroli błędów. Daje dodatkowe zabezpieczenie poza tymi, które dają kontrolne sekwencje ramek. PMI najpierw sprawdza czy ograniczniki początkowe w każdym strumieniu są prawidłowe i mają odpowiednie zależności czasowe w stosunku do pozostałych kanałów. Następnie podczas dekodowania sprawdzane jest czy odebrane zostały prawidłowe szóstki bitów. Sygnały o błędach przekazywane są do końcowych układów karty sieciowej (MAC).

Zachowanie w procesie kodowania stosunkowo niskiej częstotliwości wszystkich sygnałów umożliwia zastosowanie tanich układów w powszechnie stosowanej technologii CMOS. Zwiększenie przepustowości kanału danych uzyskuje się poprzez bardziej efektywne kodowanie sygnałów oraz pełne wykorzystanie wszystkich czterech par kabla UTP.

Podstawowy element sieci 100VG-AnyLan – koncentrator

Podstawowym elementem sieci 802.12 jest oczywiście koncentrator. Jak wynika z poprzednich opisów to właśnie ta część sieci decyduje o dostępie do medium, czy czasie dostępu. Produkowane obecnie koncentratory zawierają specjalne układy 6-portowego repetytora. W zależności od liczby portów w koncentratorze, używa się od jednego (małe koncentratory firm Compex czy Katron) do trzech (koncentrator 15-portowy firmy Hewlett-Packard). Bardziej rozbudowane koncentratory HP mają możliwość podłączenia spinacza (bridge) łączącego sieci 100VG-AnyLan z tradycyjną siecią 10 MBitów 10Base-T. Podobne układy stosowane są w kartach sieciowych tego standardu. Poniżej przedstawiono schemat blokowy budowy koncentratora firmy HP.



Rys. 8. Schemat blokowy koncentratora HP AdvanceStack 100VG Hub 15

Podstawowymi elementami koncentratora są układy repetytorów i nadajniki-odbiorniki (transceivers). W tym koncentratorze funkcje konfiguracyjne i zarządzające zostały powierzone mikroprocesorowi 8052.

Układy repetytorów zawierają implementację protokołu priorytetu żądań, informują o nadawanych lub odbieranych pakietach oraz stanowią interfejs do systemu. Interfejs systemu składa się szyny rozszerzającej porty do połączenia wielu układów repetytorów w jeden logiczny repetytor oraz z interfejsu dla zarządzania sieciowym koncentrator. Do każdego repetytora podłączone jest sześć nadajników-odbiorników łączących je bezpośrednio z gniazdem UTP. Dodatkowo jeden z portów jest wykorzystywany jako łącze do kaskadowego połączenia koncentratorów w większych sieciach.

Moduł SNMP ze spinaaczem 100VG/10Base-T

W koncentratorach firmy HP można zastosować dodatkowy moduł zarządzający SNMP z procesorem i960. Daje on również możliwość bezpośredniego spinięcia sieci 10Base-T z siecią 100VG tylko przy pomocy buforowania ramek. Zawiera on dostatecznie dużo pamięci RAM (2MB) dla obsługi bufora ramek i oprogramowania SNMP. Silny procesor i960 daje wysoką wydajność konwersji ramek 100VG/10Base-T i możliwość badania statystyk pakietów w czasie rzeczywistym

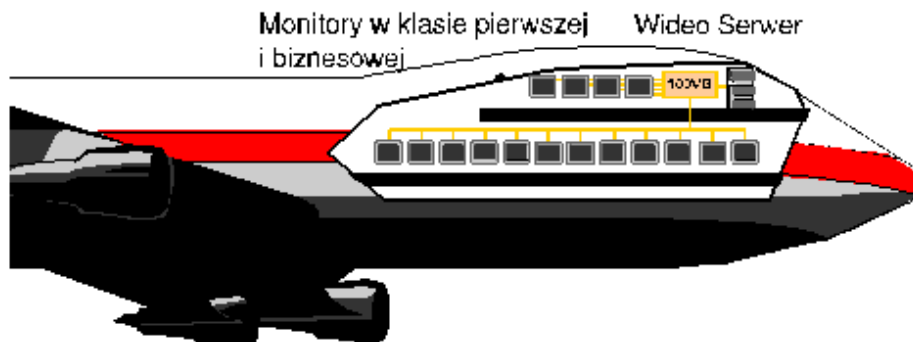
Budowa kart sieciowych 100VG-AnyLan

Podstawowymi elementami dwustandardowych kart sieciowych 10Base-T/100VG są układ końcowy 10Base-T/100VG, zewnętrzna bufor RAM oraz nadajniki-odbiorniki dla 10Base-T i 100VG. Dla standardu 10Base-T stosuje się typowe, powszechnie używane elementy kart sieciowych. Jako nadajnik-odbiornik dla standardu 100VG używany jest układ ATT2X01. Karty EISA pracują w trybie Bus-Master, co zapewnia małe obciążenie procesora obsługą karty sieciowej.

Praktyka czyli – jak to wykorzystać

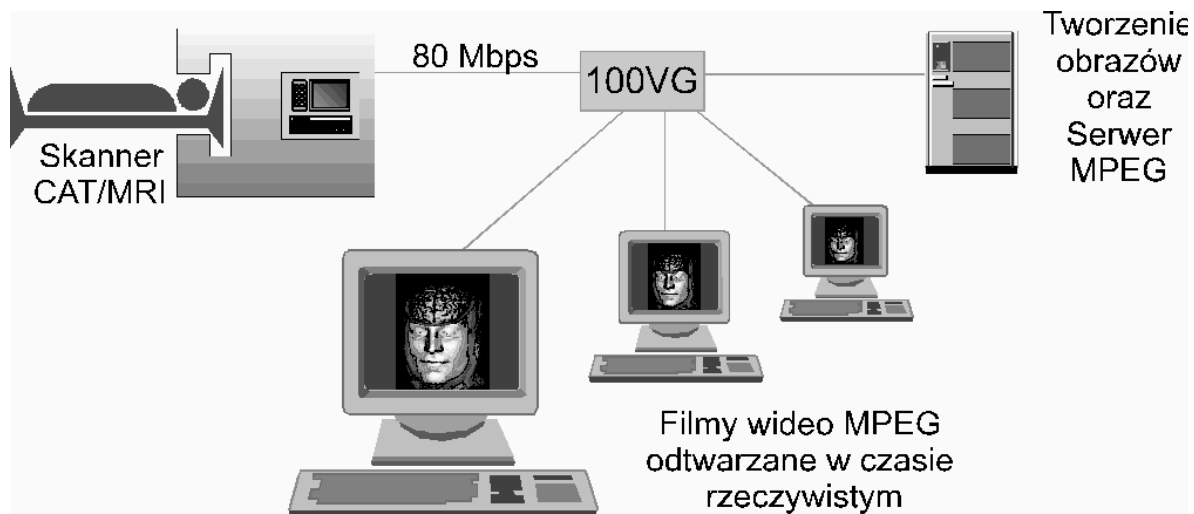
teraz pragnę przedstawić możliwości praktycznego wykorzystania technologii 100VG-AnyLan. Są to przykłady wzięte tak z rynku amerykańskiego jak i wdrożone w kraju.

Pierwszy przykład pokazuje jak sieci 100VG wkraczają w sferę rozrywki. Problemem na pokładach dużych samolotów latających na długich trasach jest dostarczenie rozrywki pasażerom (szczególnie pierwszej i biznesowej klasy). Niestety wyświetlanie na dużym ekranie jednego filmu, powoduje zainteresowanie tylko części pasażerów. Jednocześnie inni nie chcą oglądać nic. Rozwiązaniem jest sieć 100VG z serwerem wideo i monitorami komputerów przy każdym fotelu. Każdy pasażer może wygrać inny film z biblioteki, potem zostaje tylko spokojne oglądanie.



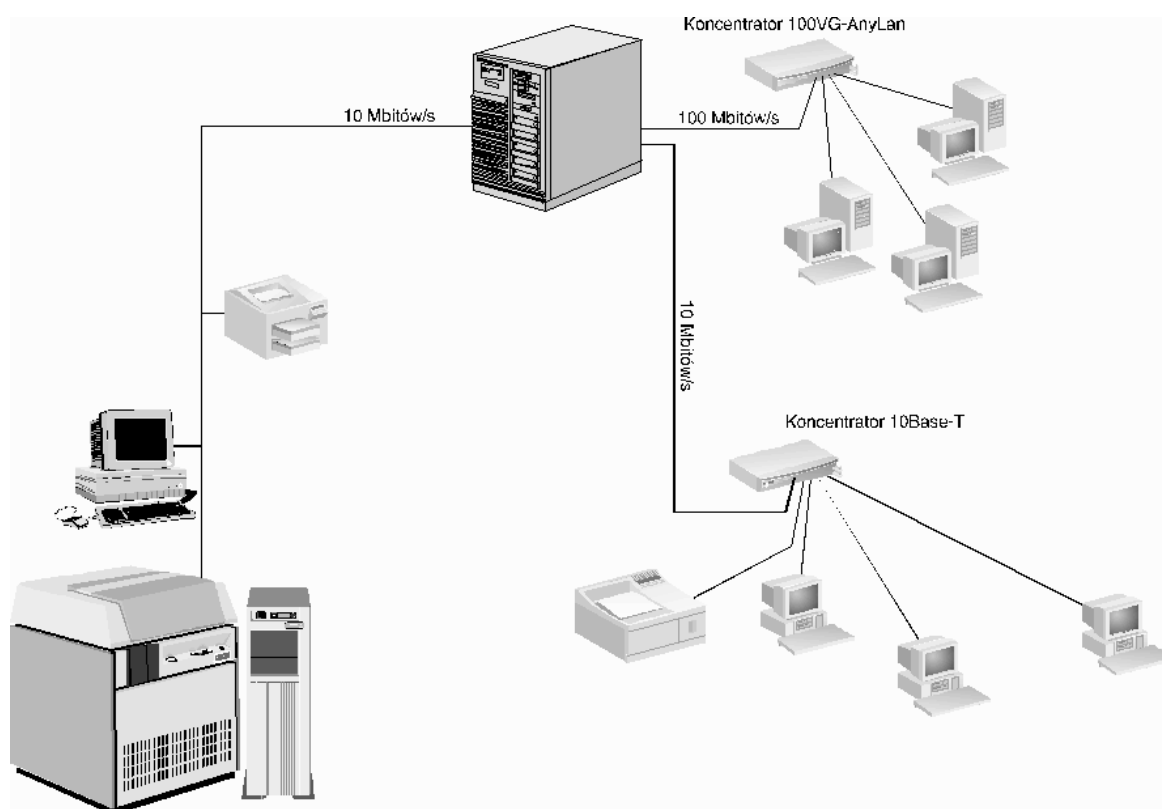
Rys. 9. Filmy wideo na żądanie w samolocie międzykontynentalnym

Następny przykład kieruje nas w stronę nowoczesnej medycyny. Skaner rezonansu magnetycznego generuje duże strumienie danych. Dobry MRI produkuje do 80Mbitów/s danych. Przesyłane są one siecią 100VG do serwera zajmującego się przetwarzaniem obrazów na standard MPEG (w czasie rzeczywistym), a następnie rozsyłaniem w sieci skompresowanych obrazów wideo do stacji przy których siedzą lekarze badający dany przypadek. W ten sposób można oglądać w czasie rzeczywistym wyniki skomplikowanych badań, np. przestrzenny widok pracującego serca lub mózgu badanego właśnie pacjenta.



Rys. 10. Przetwarzanie obrazów MRI w czasie rzeczywistym

Kolejny przykład jest rodem z krajowego podwórka. Jest to konkretne rozwiązanie, pracujące w Warszawie. W pewnej agencji reklamowej funkcjonuje studio graficzne przygotowujące graficzną stronę reklamy. Potrzeby pracy grupowej i zwiększenia wydajności pracy spowodowały zainteresowanie się zastosowaniem sieci komputerowej. Jednocześnie należało włączyć do sieci komputery w biurze, oraz drukarki i naświetlarkę. Pierwsze próby z typową siecią opartą o Ethernet dały wyniki połowiczne. O ile zastosowanie takiej sieci w biurze, czy do drukarek dawało dobre rezultaty, to w studio graficznym, przy obróbce plików o wielkościach dziesiątek i setek megabajtów sieć była natychmiast blokowana przez pierwszą z pracujących stacji. Jedynym rozsądnym rozwiązaniem okazało się zastosowanie w segmencie sieci obejmującym studio, standardu 100VG-AnyLan. Pliki ze zdjęciami o dużych rozdzielczościach (strona kalendarza to przecież ponad 100 MB) są przesyłane jednocześnie, bez zauważalnego opóźnienia zależnego od liczby jednocześnie pracujących stacji. Okazało się, że teraz jedynym ograniczeniem jest wydajność serwera i stacji roboczych. Graficy mogą teraz trzymać rezultaty swojej pracy na serwerze, pracować z nimi na kilku komputerach, praca grupowa daje znacznie lepsze rezultaty. Stwierdzono, że szybkość transferu plików na dysk sieciowy jest porównywalny do czasu osiąganego przez typowy dysk lokalny. Zastosowanie technologii mieszanej 100VG i 10Base-T dało wysoką wydajność sieci dla tych którzy tego potrzebują, a niskie nakłady w przypadku stacji mało obciążających sieć.

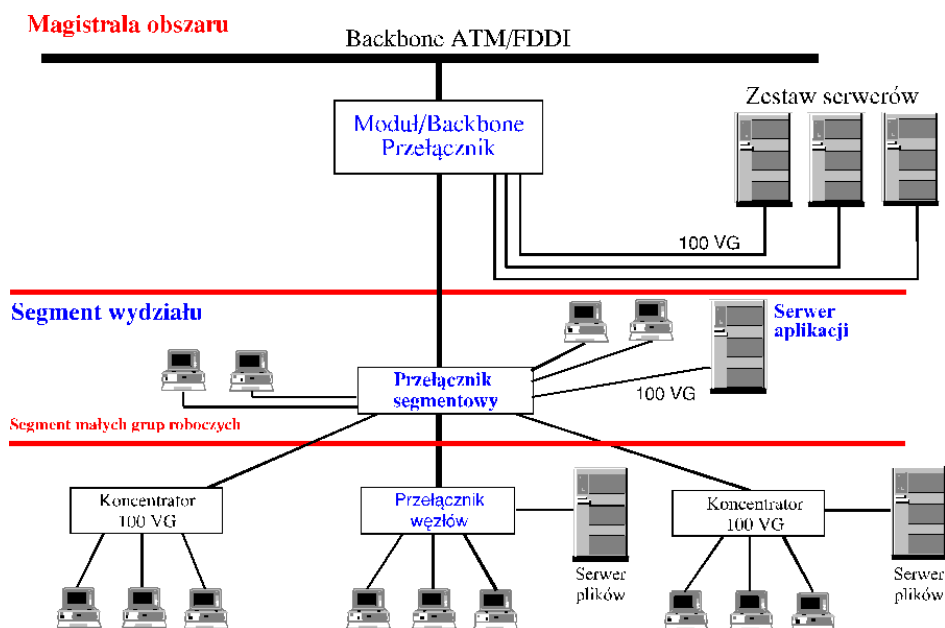


Rys. 11. Struktura sieci 100VG zintegrowanej z siecią 10Base-T

Ostatnim przykładem, jest opis możliwości zastosowania pełnej gamy szybkich elementów sieci 100VG, łącznie z przełącznikami 10/100 MBitów/s. Na rysunku 12 pokazano projekt fragmentu szybkiej sieci rozległej, zintegrowanej z sieciami lokalnymi 100VG i 10Base-T. Jako podstawowy element na wyższych piętrach struktury sieciowej zastosowano

przełączniki 10Base-T/100VG. Dają one możliwości obsługi do 16 segmentów sieci 10Base-T oraz czterech segmentów 100VG-AnyLan. Produkowane są także przełączniki umożliwiające podłączenie sieci 10Base-T, 100VG do szkieletowej sieci ATM.

Do magistrali obszarowej standardu ATM lub FDDI podłączono poprzez odpowiedni moduł sprzęgający przełącznik 100VG. Zasila on następny poziom sieci – sieć lokalną budynku (wydziału). Do tego przełącznika podłączono zestaw (farmę) serwerów obsługujących dużą liczbę użytkowników lokalnych oraz z innych podsieci. W ramach wydziału podłączone są przez przełączniki 100VG stacje robocze wymagające wysokich szybkości transferów plików oraz serwery aplikacji obsługujące cały wydział. Do przełącznika segmentowego podłączone są przełączniki niższego poziomu oraz koncentratory 100VG. Tam działają stacje robocze użytkowników lokalnych i serwery plików zapewniające usługi dla lokalnej społeczności.



Rys. 12. Projekt szybkich sieci lokalnych połączonych ATM lub FDDI

Podsumowanie

Technologia 100VG-AnyLan osiągnęła już taki poziom, że można ją stosować powszechnie. Jednocześnie doskonała elastyczność i możliwości integracji z sieciami Ethernet i Token Ring pozwalają przechodzić na pełną stu megabitową szybkość, stopniowo bez ponoszenia jednorazowych dużych wydatków. Ceny na elementy 100VG spadają cały czas, różni wytwórcy wypuszczają na rynek coraz to nowe elementy sieciowe w tym standardzie. Tam gdzie zupełnie niedawno jedyną możliwością szybkiego transferu danych były technologie FDDI i ATM, pojawiła się nowa możliwość osiągnięcia dużej szybkości w sieciach lokalnych – 100VG-AnyLan. Myślę, że w dobie gwałtownego rozwoju aplikacji multimedialnych, te możliwości będą coraz pełniej wykorzystywane.