

ZielMAN – Zielonogórska Miejska Sieć Komputerowa w technologii ATM

Paweł Skalski¹, Janusz Baranowski¹, Waldemar Woźniak¹, Roman Rekut¹
Politechnika Zielonogórska, ul.Podgórna 50, 65-246 Zielona Góra

1. Wstęp

Prace związane z budową Zielonogórskiej Miejskiej Sieci Komputerowej trwają od połowy roku 1995, kiedy to Wyższa Szkoła Inżynierska otrzymała z Komitetu Badań Naukowych środki finansowe na realizację inwestycji pt. *“Zielonogórska Miejska Sieć Komputerowa (ZMSK) – etap I”*. Rozpoczęto wówczas prace nad przygotowaniem pełnego projektu dla realizacji tego przedsięwzięcia. Przeprowadzone wtedy rozpoznanie rynku technologii sieciowych stosowanych przy budowie sieci metropolitalnych oraz tendencji panujących w innych środowiskach akademickich podejmujących zadanie budowy sieci miejskich, doprowadziło do wyboru technologii ATM jako tej, na której oparty miała być projekt sieci miejskiej w Zielonej Górze. Wybór tej właśnie technologii sieciowej podyktowany został jej niewątpliwymi zaletami, takimi jak duża szybkość i niezawodność transmisji, bardzo dobra skalowalność, a także zupełnie nowymi możliwościami przez nią oferowanymi takimi jak chociażby wykorzystywanie priorytetów transmisji (QoS). Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wybór technologii ATM było to, że w roku 1995 najważniejsze elementy opracowywanego przez *ATM Forum* standardu ATM (m.in. LAN Emulation) były z powodzeniem implementowane na platformach sprzętowych przez wielu producentów. Negocjacje przeprowadzone z kilkoma dostawcami sprzętu w ramach przetargu na realizację pierwszego etapu budowy sieci miejskiej w Zielonej Górze doprowadziły do wyboru urządzeń renomowanej firmy **CISCO Systems**. W ramach tych samych negocjacji jako standard dostępu do sieci ATM z poziomu istniejących (klasycznych) sieci lokalnych (Ethernet, Token Ring) wybrano standard **LAN Emulation**, który pozwala wykorzystywać emulację lokalnej sieci komputerowej na bazie struktury ATM, dzięki czemu szybka sieć ATM może być bez przeszkód wykorzystywana przez dowolne aplikacje sieciowe stworzone dla środowisk sieciowych pracujących w standardzie Ethernet lub Token Ring. Pierwsze dwa węzły sieci miejskiej w Zielonej Górze uruchomione i połączone zostały w styczniu 1997 r.

2. Stan aktualny ZMSK „ZielMAN”

Obecnie Zielonogórska Miejska Sieć Komputerowa **ZielMAN** składa się z dwóch węzłów. Pierwszy z nich zlokalizowany jest na Politechnice Zielonogórskiej przy ulicy Podgórznej 50, natomiast drugi w Wyższej Szkole Pedagogicznej (kampus przy Placu Słowiańskim). Węzły te połączone są światłowodowym łączem jednomodowym o długości ok. 3 km. Oba węzły zbudowane zostały w oparciu o standard ATM oraz urządzenia renomowanej firmy **CISCO Systems**. Integracja lokalnych sieci komputerowych funkcjonujących na terenie obu uczelni z siecią ATM odbywa się na bazie protokołu LAN Emulation. Główny serwer LAN Emulation (LES) pracuje na jednym z dwóch przełączników dostępowym **CISCO Catalyst 5000** zlokalizowanych w węźle Politechniki Zielonogórskiej.

¹ Ośrodek Informatyczny Politechniki Zielonogórskiej (email: {[P.Skalski](mailto:P.Skalski@pz.zgora.pl), [J.Baranowski](mailto:J.Baranowski@pz.zgora.pl), [W.Woźniak](mailto:W.Woźniak@pz.zgora.pl), [R.Rekut](mailto:R.Rekut@pz.zgora.pl)}@pz.zgora.pl)

Obecnie ZMSK ZielMAN dysponuje następującymi łączami zewnętrznymi:

- łącze do sieci NASK – 128 kbit/s (od lipca 1997 r.),
- łącze do sieci NASK – 128 kbit/s (od lipca 1998 r.),
- łącze do sieci POL-34 - 2 Mbit/s poprzez sieć Frame Relay POLPAK-T (od marca 1998 r.).
- łącze do sieci TpNet – 2 Mbit/s (od maja 1998)

Schemat ogólny aktualnej struktury ZMSK ZielMAN przedstawiony jest na rysunku nr 1.

3. Plany rozwoju ZMSK „ZielMAN”

Do końca roku 1998 planowana jest rozbudowa ZMSK ZielMAN o kolejny węzeł zlokalizowany w Wyższej Szkole Pedagogicznej (kampus przy alei Wojska Polskiego). Węzeł ten wyposażony zostanie w przełącznik ATM **CISCO LS1010** oraz przełącznik dostępowy **CISCO Catalyst 5000**. Również do końca 1998 roku planowana jest wymiana przełącznika ATM **CISCO LS100** pracującego w węźle przy Placu Słowiańskim na nowszy przełącznik ATM **CISCO LS1010**. Do końca 1998 roku zakończona zostanie także inwestycja mająca na celu ułożenie nowego światłowodu (24 włókna) pomiędzy węzłem przy ul. Podgórnej a węzłem na Placu Słowiańskim. Światłowód ten zastąpi wykorzystywany dotychczas na tym odcinku światłowód użyczony przez Zielonogórską Telewizję Przewodową. Dodatkowo do końca roku planowane jest także uzyskanie dzierżawy włókien światłowodowych na odcinku pomiędzy węzłem na Placu Słowiańskim a nowym węzłem przy Alei Wojska Polskiego. Ważnym punktem w planach rozwoju ZMSK ZielMAN jest kontynuacja zapoczątkowanej współpracy z Urzędem Miejskim. Politechnika Zielonogórska, będąca Jednostką wiodącą ZMSK ZielMAN, w podpisanej wspólnie z Wyższą Szkołą Pedagogiczną trójstronnym Porozumieniu z Urzędem Miejskim w Zielonej Górze, deklaruje możliwość wykorzystania zasobów sieci miejskiej do realizacji planów Urzędu Miejskiego w zakresie rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Miastem. Schemat ogólny planowanej na koniec roku 1998 struktury ZMSK „ZielMAN” przedstawiony jest na rysunku nr 2. Schemat ten pokazuje również sposób podłączenia sieci lokalnej Urzędu Miejskiego do ZMSK ZielMAN.

Plany rozbudowy ZMSK ZielMAN na rok 1999 zakładają stworzenie kolejnego węzła sieci, który zlokalizowany będzie w budynku Wyższej Szkoły Pedagogicznej przy ulicy Energetyków. Węzeł ten wyposażony zostanie w przełącznik ATM **CISCO LS1010**, który przeniesiony zostanie z węzła przy Placu Słowiańskim, gdzie z kolei zainstalowany będzie nowy przełącznik ATM **ForeRunner ASX1000** wyposażony m.in. w interfejs przeznaczony do połączenia z węzłem sieci **POL-34** w Poznaniu. Planowane jest połączenie nowego węzła przy ulicy Energetyków z węzłem przy alei Wojska Polskiego, a także drugim łączem z węzłem Politechniki przy ulicy Podgórnej. Takie rozwiązanie pozwoli zamknąć pierścień połączeń światłowodowych w ramach sieci miejskiej, dzięki czemu będzie możliwe uzyskanie znacznie większej niezawodności w pracy całej sieci. Szkielet sieci ATM 155Mb/s na terenie

Zielonej Góry po realizacji planów zakładanych na rok 1999 będzie składał się z czterech przełączników ATM. Równoległe z rozwijaniem podstawowej struktury ATM ZMSK ZielMAN w roku 1999 planowane jest również rozwinięcie możliwości dostępu do zasobów ZMSK ZielMAN dla użytkowników zewnętrznych korzystających z łączności modemowej. W tym celu planowany jest zakup uniwersalnego serwera komunikacyjnego *CISCO AS5200*, który wyposażony jest w modemy pozwalające uzyskiwać połączenia z użyciem dowolnego standardu analogowego, a także w standardzie cyfrowym ISDN. Na rok 1999 planowane jest również zakończenie realizowanego na bazie ZMSK ZielMAN projektu integracji zasobów serwerów funkcjonujących w Wojewódzkiej i Miejskiej Bibliotece Publicznej, Bibliotece Głównej Politechniki Zielonogórskiej oraz Bibliotece Głównej Wyższej Szkoły Pedagogicznej.

W roku 1999 planowana jest również zmiana obecnie wykorzystywanego łącza Frame Relay 2Mb/s do węzła sieci POL-34 w Poznaniu na łącze cyfrowe bazujące na systemie SDH o przepustowości przynajmniej 2 Mbit/s. Uruchomienie tego łącza pozwoli na bezpośrednie połączenie ZMSK ZielMAN z siecią POL-34 za pomocą przełącznika ATM. W planach jest też zwiększanie w miarę potrzeb i możliwości finansowych przepustowości łącza do sieci NASK.

Schemat pokazujący strukturę ZMSK ZielMAN po realizacji planów jej rozwoju na rok 1999 przedstawiony jest na rysunku nr 3.

4. Dołączanie sieci lokalnych do ZMSK „ZielMAN”

Zielonogórska Miejska Sieć Komputerowa powstała z myślą o połączeniu zasobów informatycznych Politechniki Zielonogórskiej oraz Wyższej Szkoły Pedagogicznej, jednak w planach jej dalszego funkcjonowania i rozwoju zakładane jest również podłączanie do niej sieci lokalnych innych instytucji z terenu miasta, które zainteresowane będą szybką transmisją danych lub też dostępem do współdzielonych zasobów informacyjnych.

W obecnej strukturze ZMSK ZielMAN dostępne są następujące sposoby dołączania sieci lokalnych:

- bezpośrednie dołączenie do struktury ATM z prędkością transmisji 155 Mbit/s poprzez łącze światłowodowe jedno lub wielomodowe oraz port w przełączniku ATM (rysunek nr 4)
- dołączenie sieci lokalnej poprzez segment sieci Ethernet oraz port w przełączniku Ethernet lub interfejs Ethernet w routerze (rysunek nr 5)
- dołączenie sieci lokalnej poprzez linię dzierżawioną oraz synchroniczny port szeregowy w routerze lub w serwerze komunikacyjnym (rysunek nr 6)
- dołączenie sieci lokalnej lub pojedynczego stanowiska poprzez linię komutowaną oraz asynchroniczny port szeregowy w serwerze komunikacyjnym (rysunek nr 7)

5. Wykorzystanie technologii ATM w ZMSK ZielMAN na przykładzie Uczelnianej Sieci Komputerowej Politechniki Zielonogórskiej

Dobrym przykładem możliwości wykorzystania technologii ATM do budowy skalowalnego środowiska sieciowego może być Uczelniana Sieć Komputerowa Politechniki Zielonogórskiej. Wraz z rozpoczęciem budowy sieci miejskiej w technologii ATM rozpoczęta została również przebudowa Uczelnianej Sieci Komputerowej Politechniki Zielonogórskiej. Jako standard dostępu z poziomu tradycyjnych sieci lokalnych do usług sieci ATM przyjęty został protokół LAN Emulation (LANE). Protokół ten definiuje sposoby emulacji tradycyjnych standardów sieciowych (Ethernet i Token Ring) w środowisku sieci ATM. Z punktu widzenia tradycyjnych sieci lokalnych sieć emulowana (ELAN) jest typową domeną rozgłoszeniową. W dalszej części opisu występują częste odwołania do poszczególnych elementów definiowanych przez protokół LANE, dlatego też w tym miejscu przedstawiony zostanie krótki opis tych elementów. Dla każdej sieci emulowanej protokół LANE definiuje cztery podstawowe elementy:

- **LAN Emulation Client (LEC):** jest to element końcowy w sieci ATM. Dzięki niemu obiekt wyposażony w interfejs ATM może komunikować się z sieciami emulowanymi. Zwykle pojedynczy interfejs ATM może obsługiwać wiele instancji LEC, dzięki czemu możliwe jest jednoczesne partycypowanie w kilku sieciach emulowanych.
- **LAN Emulation Server (LES):** jest to element realizujący funkcję rejestracji poszczególnych klientów (LEC) sieci ELAN. Do jego zadań należy również odwzorowywanie adresów MAC na właściwe adresy ATM. W ramach pojedynczej sieci ELAN może funkcjonować tylko jeden serwer LES.
- **Broadcast Unknown Server (BUS):** jest to element obsługujący transmisję danych o nieznanym adresie przeznaczenia w ramach pojedynczej sieci ELAN. W jednej sieci ELAN może działać kilka serwerów BUS.
- **LAN Emulation Configuration Server (LECS):** jest to element, którego zadaniem jest utrzymywanie bazy definiującej poszczególne sieci emulowane i ich właściwości. Do zadań realizowanych przez LECS należy obsługa zapytań napływających od stacji LEC, określanie przynależności LEC do konkretnej sieci ELAN, a także wskazywanie stacjom LEC właściwego dla danej sieci ELAN serwera LES.

Schemat planowanej na koniec 1999 r. struktury Uczelnianej Sieci Komputerowej Politechniki Zielonogórskiej z zaznaczonymi elementami specyfikacji LANE przedstawiony jest na rysunku nr 8.

W obecnej strukturze USK PZ można wyróżnić trzy warstwy, a mianowicie szkielet sieci ATM, pośrednią sieć dostępową oraz sieci lokalne.

- ◆ Szkielet sieci USK PZ stworzony jest w oparciu o standard ATM 155 Mbit/s oraz urządzenia pracujące w zlokalizowanym na Politechnice węźle ZMSK ZielMAN. Urządzenia tworzące szkielet USK PZ to przełącznik ATM **CISCO LS1010**, router **CISCO 7010** oraz przełącznik dostępowy **CISCO Catalyst 5000**, który pełni funkcję

serwera LECS oraz głównego serwera LES/BUS dla wszystkich zdefiniowanych w ramach USK PZ sieci emulowanych.

- ◆ Warstwa pośrednia stworzona jest w oparciu o dwa przełączniki dostępne do sieci ATM **CISCO Catalyst 5000** wyposażone w interfejsy Fast Ethernet 100TX i Ethernet 10BT oraz przełączniki z rodziny **CISCO Catalyst 3000** wyposażone w interfejsy ATM. Na przełącznikach **Catalyst 5000** zdefiniowane są tzw. sieci wirtualne (VLAN), które skojarzone są z poszczególnymi sieciami emulowanymi. Sieci wirtualne tworzone są jako wydzielone struktury logiczne, do czego wykorzystywane są możliwości nowoczesnych przełączników Ethernet w zakresie przełączania portów należących do różnych domen rozgłoszeniowych. W efekcie sieć wirtualna staje się strukturą niezależną od fizycznej lokalizacji przyłączonych do niej stacji.
- ◆ W warstwie sieci lokalnych przyłączonych do szkieletu sieci ATM systematycznie realizowany jest proces zastępowania wykorzystywanych dotychczas koncentratorów pracujących w standardzie Ethernet z dzielonym pasmem na przełączniki z rodziny **CISCO Catalyst 3000**, które zapewniają dedykowane pasmo 10Mbit/s dla każdej stacji końcowej w sieci Ethernet. Dzięki wprowadzeniu do sieci lokalnych przełączników Ethernet uzyskana została znaczna poprawa w szybkości i niezawodności transmisji.

Połączenie pomiędzy szkieletem sieci ATM a warstwą pośrednią zrealizowane jest poprzez interfejsy ATM przełączników **Catalyst 5000** oraz przełącznika **ATM LS1010**. Połączenie to wykorzystuje protokół **LAN Emulation**, dzięki czemu subinterfejsy definiowane na bazie interfejsów ATM przełączników **Catalyst 5000** mogą przynależeć do wielu sieci emulowanych, funkcjonując w nich jako LEC. Interfejsy Fast Ethernet i Ethernet tych przełączników mogą być z kolei przypisywane do różnych sieci wirtualnych. W niektórych lokalizacjach stosowane jest również rozwiązanie polegające na bezpośrednim połączeniu przełącznika **Catalyst 3000/3100** poprzez interfejs ATM do przełącznika **ATM LS1010**. Interfejs ATM przełącznika **Catalyst 3000/3100** pracuje jako LEC we wskazanych sieciach emulowanych, dzięki czemu jego porty Ethernet mogą być przypisywane do różnych sieci wirtualnych. Komunikacja pomiędzy poszczególnymi sieciami wirtualnymi zdefiniowanymi w ramach USK PZ przebiega za pośrednictwem routera **CISCO 7010**, który poprzez interfejs ATM połączony jest z przełącznikiem **ATM LS1010**. Na bazie interfejsu ATM routera zdefiniowane są subinterfejsy ATM, które podobnie jak w przypadku przełączników **Catalyst 5000** mogą funkcjonować jako LEC w różnych sieciach emulowanych. Każdy tak zdefiniowany subinterfejs może mieć przypisany adres IP lub/i adres sieci IPX.

Połączenie pomiędzy warstwą pośrednią USK PZ a warstwą sieci lokalnych realizowane jest poprzez interfejsy Fast Ethernet 100TX przełączników **Catalyst 5000** oraz interfejsy Fast Ethernet 100TX zainstalowane w przełącznikach **Catalyst 3000/3100**. Połączenia te wykorzystują opracowaną przez firmę **CISCO Systems** technikę ISL (Inter Switch Link), która pozwala przekazywać bazę sieci wirtualnych z przełączników **Catalyst 5000** do przełączników **Catalyst 3000/3100**. Zasady tego typu przekazywania informacji o sieciach wirtualnych pomiędzy przełącznikami definiowane są przez protokół VTP (Virtual Trunk Protocol). Dzięki przeniesieniu bazy sieci wirtualnych na przełączniki **Catalyst 3000/3100** możliwe jest przydzielanie ich poszczególnych portów Ethernet do różnych sieci VLAN. W ten sposób możliwe jest tworzenie sieci wirtualnych w oparciu o dowolne porty

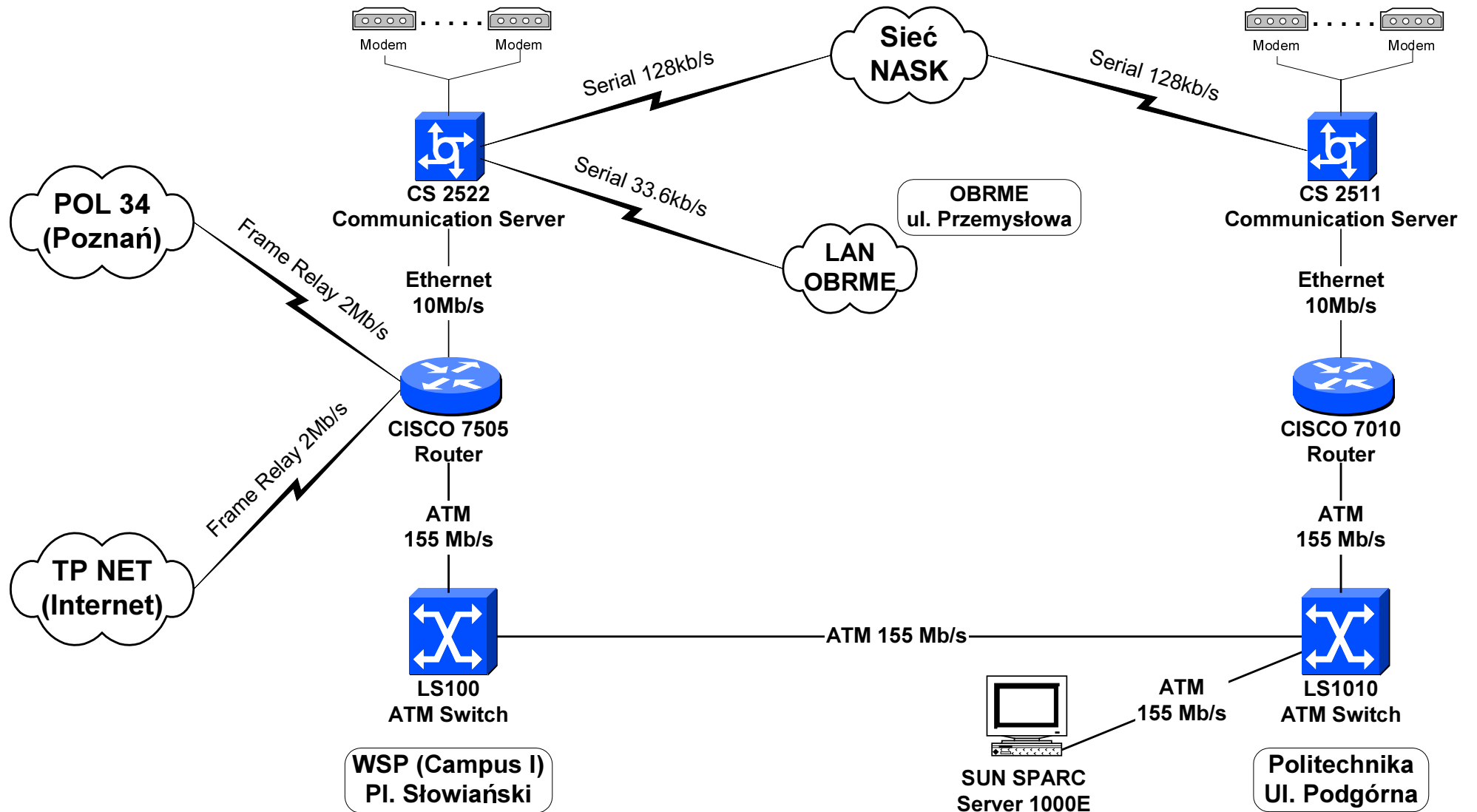
dowolnych przełączników uczestniczących w wymianie bazy sieci wirtualnych z użyciem protokołów LAN Emulation oraz Virtual Trunk Protocol. W konsekwencji możliwe jest tworzenie logicznie wydzielonych sieci lokalnych, których zasięg nie jest ograniczony fizycznym rozmieszczeniem stacji końcowych (komputerów).

Stworzone w ramach USK PZ sieci emulowane oraz powiązane z nimi sieci wirtualne znalazły wiele praktycznych zastosowań. Przykładowo można w tym miejscu wymienić segmentację sieci opartą na sieciach wirtualnych, a także uruchomienie centralnego serwera DHCP pracującego w oparciu o komputer SUN SPARC Server 1000E wyposażony w interfejs ATM obsługujący wiele instancji LEC przypisanych do poszczególnych sieci emulowanych.

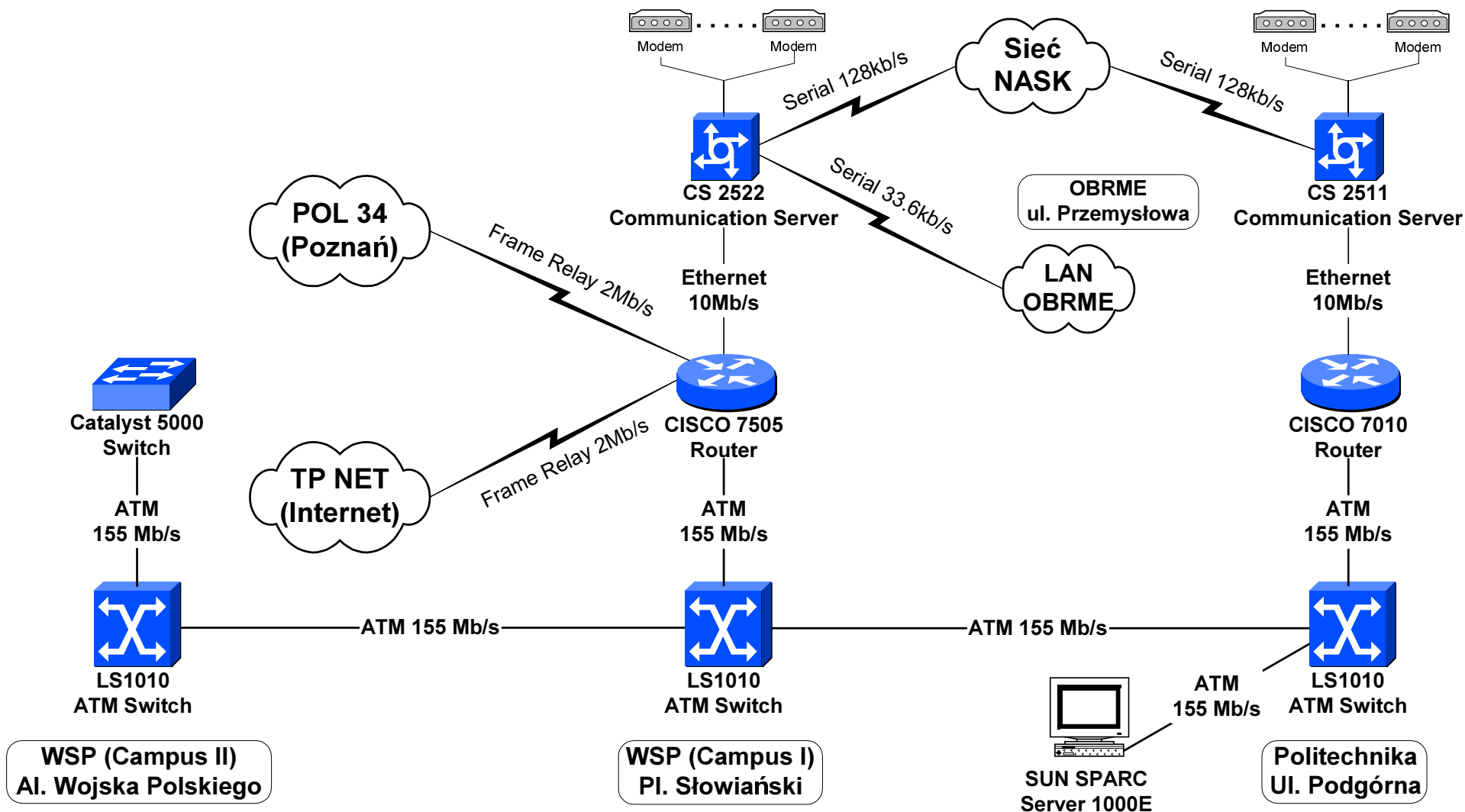
6. Podsumowanie

Na podstawie obserwacji dotychczasowego przebiegu budowy Zielonogórskiej Miejskiej Sieci Komputerowej w oparciu o technologię ATM oraz urządzenia firmy **CISCO Systems** można stwierdzić, że zarówno wybrana technologia jak i urządzenia sprawdzają się bardzo dobrze. Sieć miejska w Zielonej Górze funkcjonuje w sposób niezawodny, zapewniając w swoim szkielecie przepustowość 155Mbit/s, a także współpracę z tradycyjnymi technologiami sieciowymi na bazie sieci emulowanych oraz sieci wirtualnych. Struktura ZMSK ZielMAN będzie w dalszym ciągu rozwijana w oparciu o technologię ATM. Najważniejsze kierunki rozwoju ZMSK ZielMAN skupiają się wokół zbudowania na terenie miasta Zielonej Góry pierścienia połączeń światłowodowych pomiędzy kilkoma przełącznikami ATM, dzięki czemu zapewniona zostanie większa niezawodność sieci. Stworzona w ten sposób szybka i niezawodna platforma sieciowa będzie dobrą bazą dla integracji zasobów informatycznych w Zielonej Górze. Ważnym kierunkiem rozwoju sieci miejskiej w Zielonej Górze jest również jej integracja z krajową siecią ATM POL-34 na bazie struktury SDH.

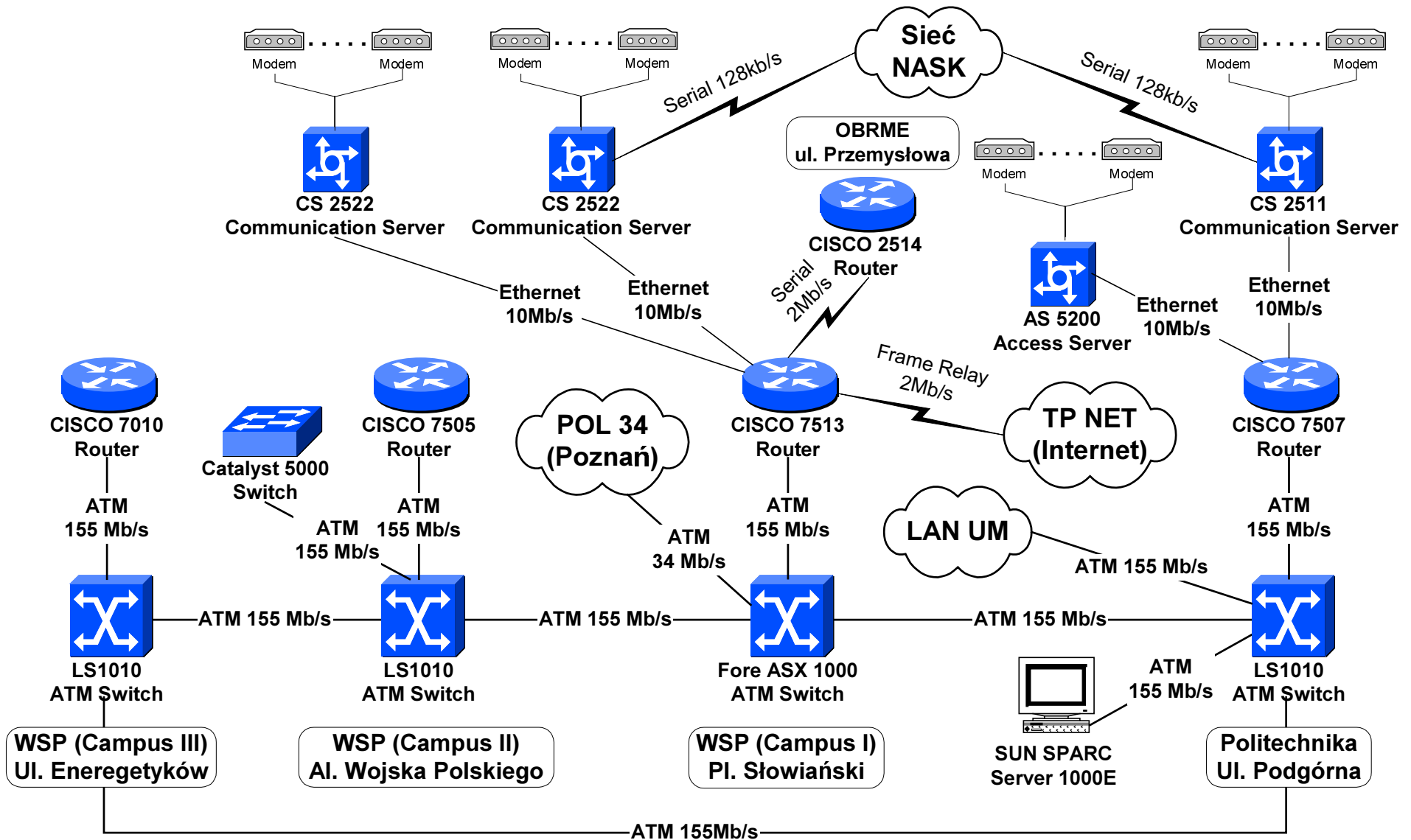
Rys. 1 - Schemat ogólny ZMSK "ZielMAN" - 09/1998 r.



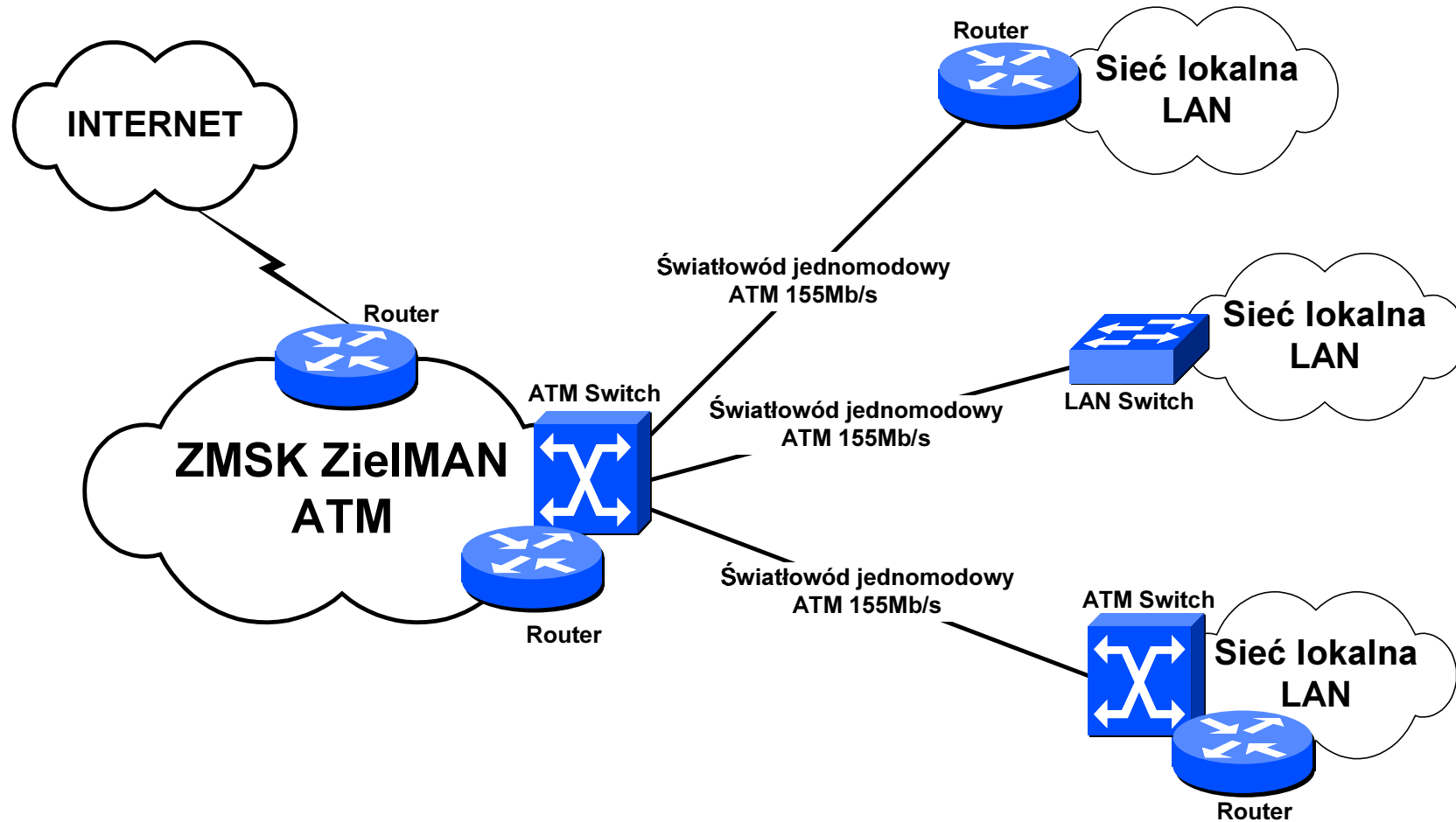
Rys. 2 - Schemat ogólny ZMSK "ZielMAN" - w/g planu na 12/1998 r.



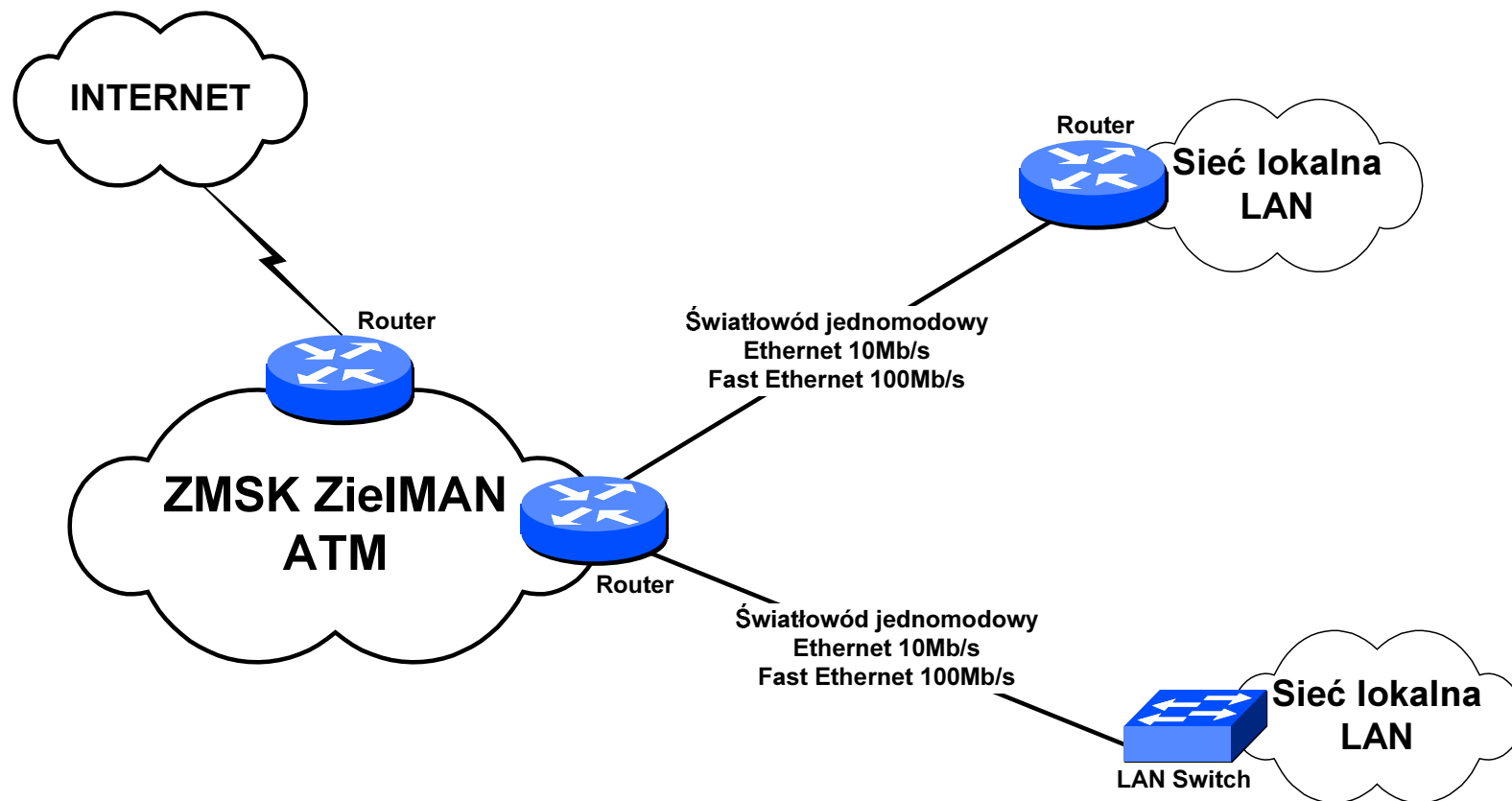
Rys. 3 - Schemat ogólny ZMSK "ZielMAN" - w/g planu na rok 1999



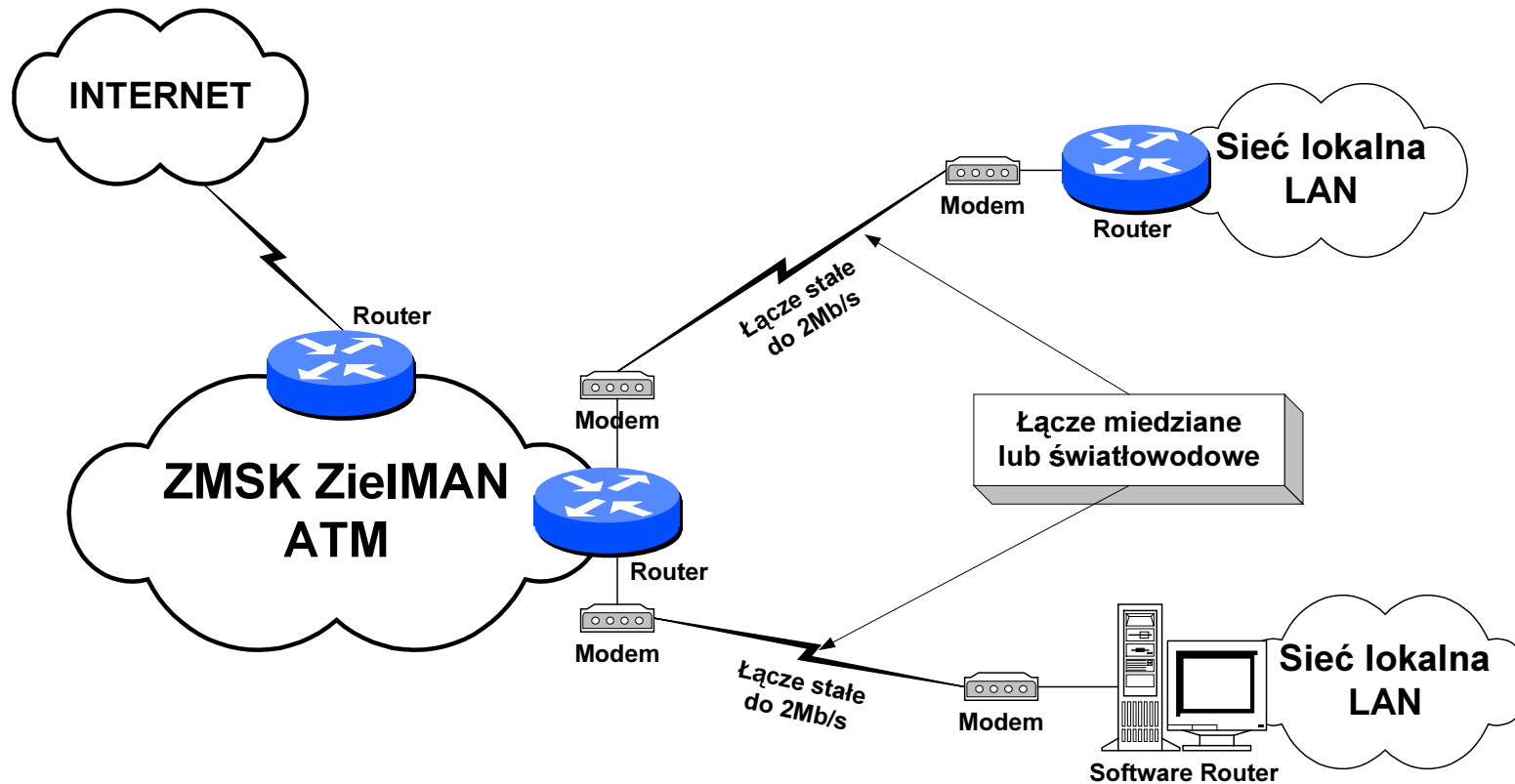
Rys. 4 Dostęp do ZMSK "ZielMAN" przez port ATM w przełączniku oraz łącza światłowodowe



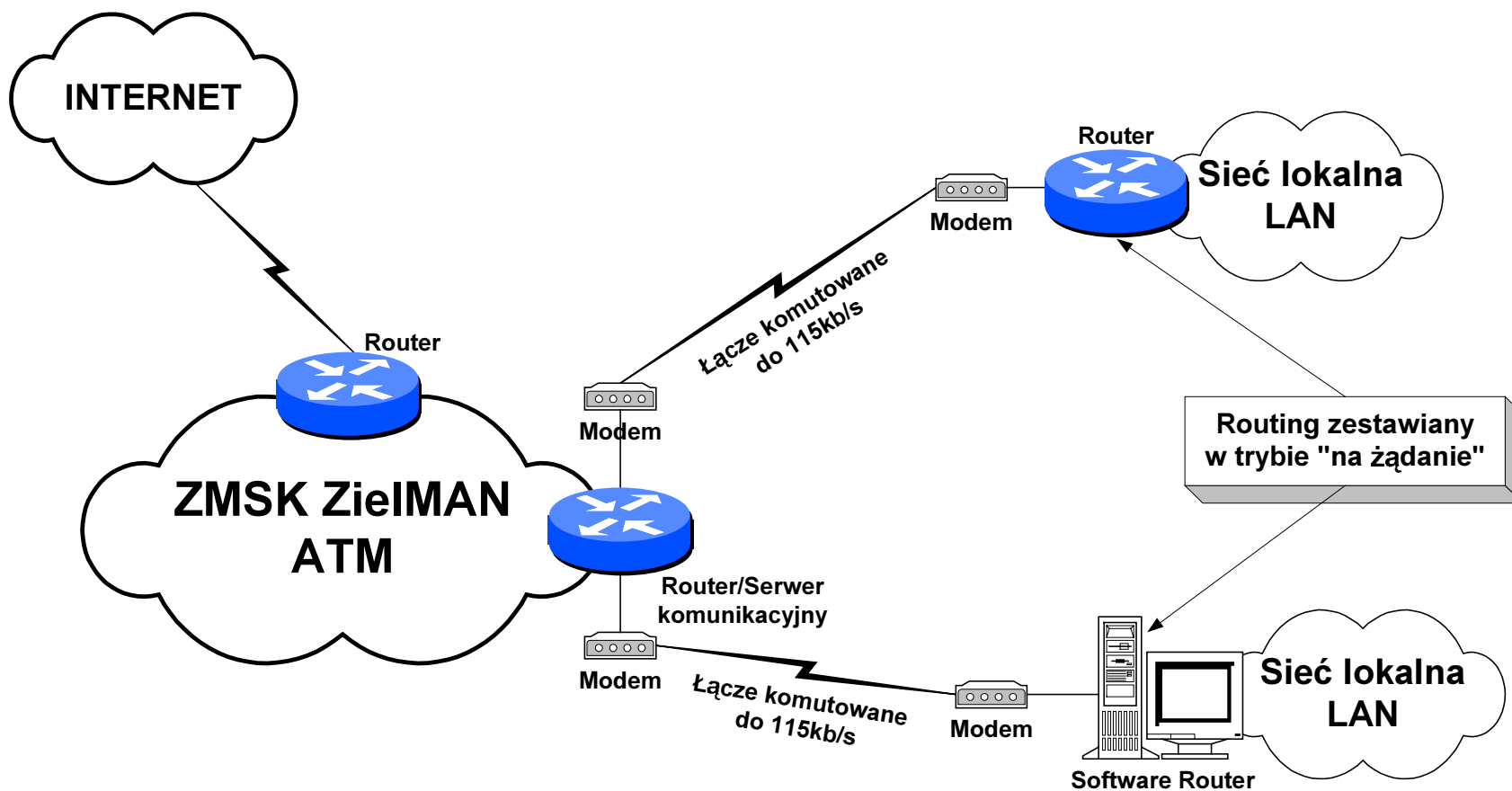
Rys. 5 Dostęp do ZMSK "ZielMAN" przez port Ethernet/Fast Ethernet routera oraz łączy światłowodowe



Rys. 6 Dostęp do ZMSK "ZielMAN" przez szybki port szeregowy (asynchroniczny lub synchroniczny) routera oraz łącze stałe



Rys. 7 Dostęp do ZMSK "ZielMAN" przez asynchroniczny port szeregowy routera lub serwera komunikacyjnego oraz komutowane łącza telefoniczne



Rys. 8 Schemat USK PZ w/g planu na koniec 1999 r. z zaznaczeniem elementów specyfikacji LANE

