

SIECI KOMPUTEROWE

wykład dla kierunku informatyka

semestr 4 i 5

dr inż. Michał Sajkowski

Instytut Informatyki PP

pok. 227G PON PAN, Wieniawskiego 17/19

Michal.Sajkowski@cs.put.poznan.pl

tel. +48 (61) 8 582 100

<http://www.man.poznan.pl/~michal/>

sieci komputerowe

wykład 13

protokół IPv6

literatura

wykład prawie w całości przygotowany na podstawie tekstu i rysunków z rozdziału 5 w książce:

L.L. Peterson, B.S. Davie, „Sieci komputerowe. Podejście systemowe”, Wydawnictwo Nakom, Poznań 2000

z książki:

K. Nowicki, J. Światowiak, „Protokoły IPv6. Opis protokołów, materiały do laboratorium”, Wydawnictwo PG, Gdańsk 2001

oraz z artykułu

„IPv6 Deployment Strategies”

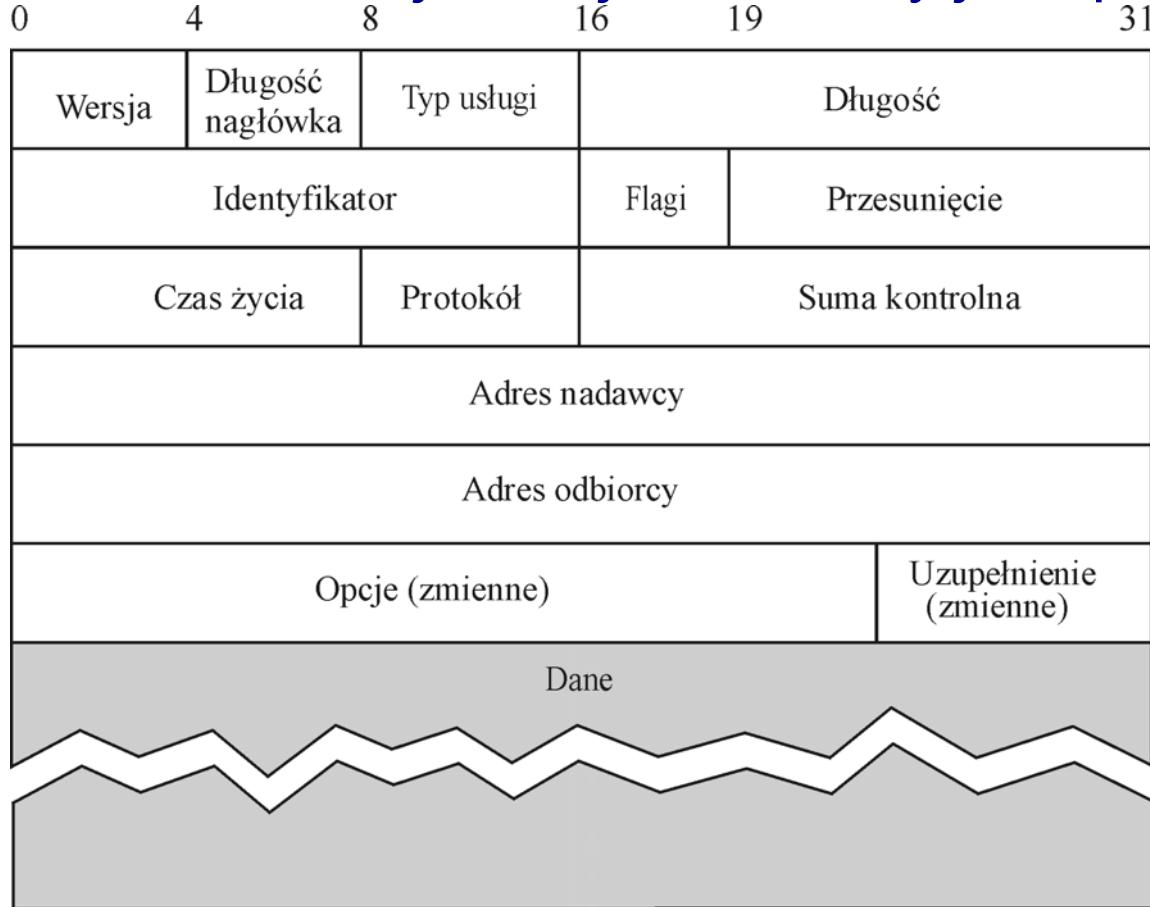
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk648/tk364/technologies_white_paper09186a00800c9907.shtml

model usługi

- model usługi **IP** = schemat adresacji + model datagramowy dostawy danych:
- *model dostępnych możliwości* (**IP** robi co może, aby dostarczyć datagram, ale nie daje gwarancji)
- oznacza to, że jak coś idzie źle, to sieć nie zrobi nic, gdyż zrobiła już co mogła - *zawodna usługa*
- protokoły z wyższych warstw muszą być tego świadome

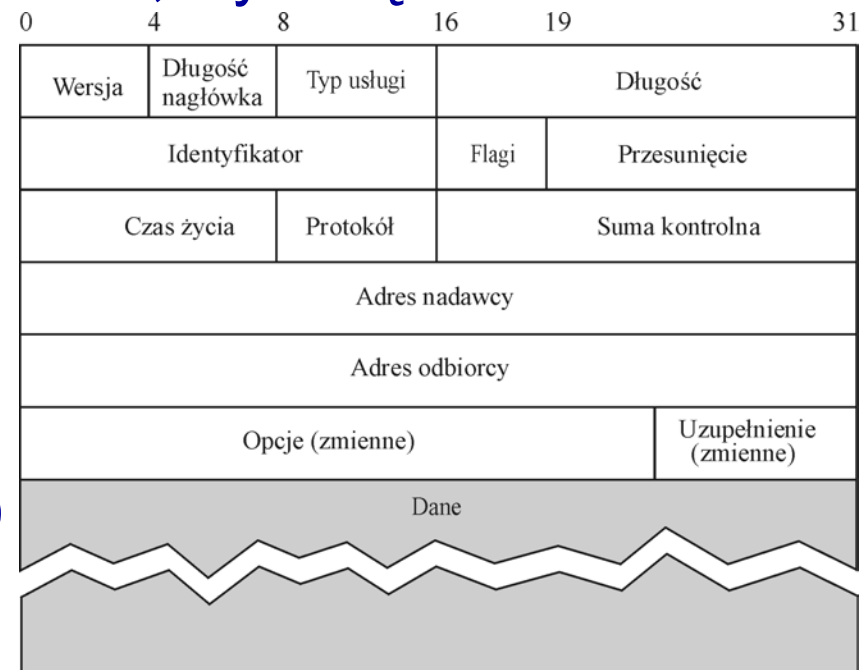
nagłówek datagramu IP (IPv4)

- słowa 32 bitowe, bajt wersji nadawany jako pierwszy



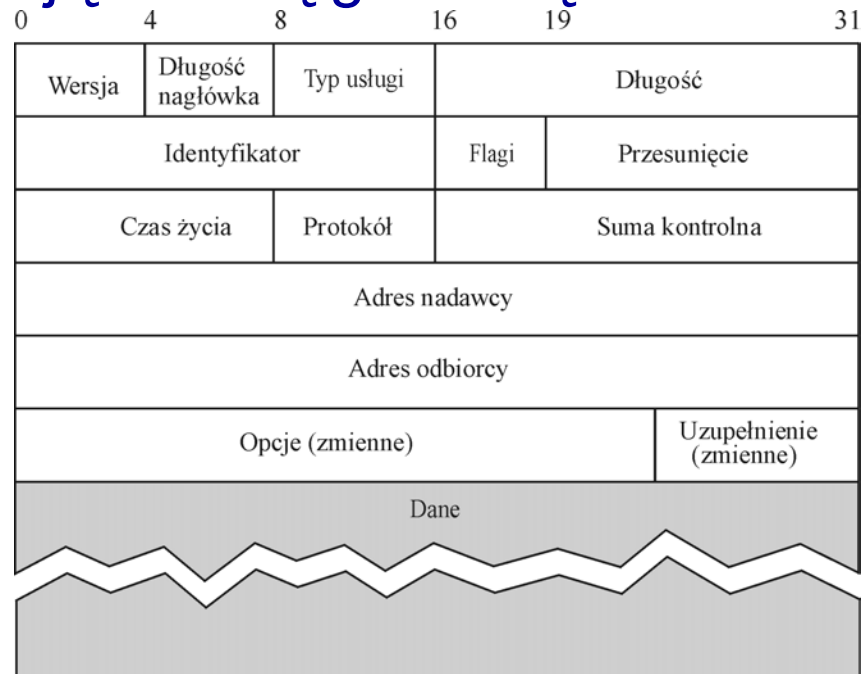
nagłówek datagramu IP (IPv4)

- *pole wersji*, n.p. IPv4
- *długość nagłówka* = 5 słów = 20 bajtów (bez opcji)
- *typ usługi*: 3 bity na priorytet, 3 bity na: małe opóźnienie, dużą przepustowość, wysoką niezawodność, oraz fragmentacja
- *długość datagramu* w bajtach z nagł. wł. maks. 65535B
- czas życia (pakietu) = 64
- protokół = klucz demultiplek.
- suma kontrolna (z nagł. wł.)



adres IP nadawcy i odbiorcy

- 32 bity adres nadawcy, 32 bity adres odbiorcy
- *adres odbiorcy kluczowy dla datagramu*
- *protokół* IP definiuje swoją własną globalną przestrzeń adresową, niezależną od tego, na jakich sieciach fizycznych uruchomiono IP



format datagramu IP

- *wybrane pola z pozostałych :*
- wersja, n.p. IPv4, IPv6
- typ usługi: *ważność* datagramu IP (określenie wymaganego opóźnienia, przepustowości, niezawodności)
- długość datagramu (maks. 65535 bajtów)
- identyfikator, flagi, przesunięcie (do *fragmentacji*)
- czas życia: usuwa datagramy „zapętlone” w pętli wyboru trasy
- protokół: *klucz demultipleksacji* (TCP=6, UDP=17)
- suma kontrolna (w słowach 16-bitowych)

IP następnej generacji

- *motywacja*: wzrost Internetu, problem skalowania
- *niemożliwe* jest uzyskanie 100% efektywności wykorzystania adresów
- *pierwsze prace* nad zwiększeniem przestrzeni adresów: IETF 1991
- *zmiana rozmiaru adresu do 128 bitów* \Rightarrow zmiana w nagłówku pakietu IP \Rightarrow nowe oprogramowanie w komputerach i ruterach
- *efekt kuli śniegowej* - lista życzeń IP nowej generacji: obsługa czasu rzeczywistego, bezpieczeństwo, autokonfiguracja (adresu IP i domeny), wybór trasy komputerów ruchomych

adresy w IPv6

- *długość adresu* 128 bitów (16 bajtów)
- *przestrzeń adresów* $2^{128} = 3,4 \times 10^{38}$
- 16000 efektywnych adresów na m²

przydział przedrostków adresu IPv6

przedrostek	zastosowanie
0000 0000	zarezerwowany
0000 0001	nie przydzielony
0000 001	zarezerwowany dla alokacji NSAP (protokoły ISO)
0000 010	zarezerwowany dla alokacji IPX (Novell)
0000 011	nie przydzielony

przydział przedrostków adresu IPv6

przedrostek	zastosowanie
0000 1	nie przydzielony
0001	nie przydzielony
001	nie przydzielony
010	adres jednostkowy odnoszący się do dostawcy
011	nie przydzielony

przydział przedrostków adresu IPv6

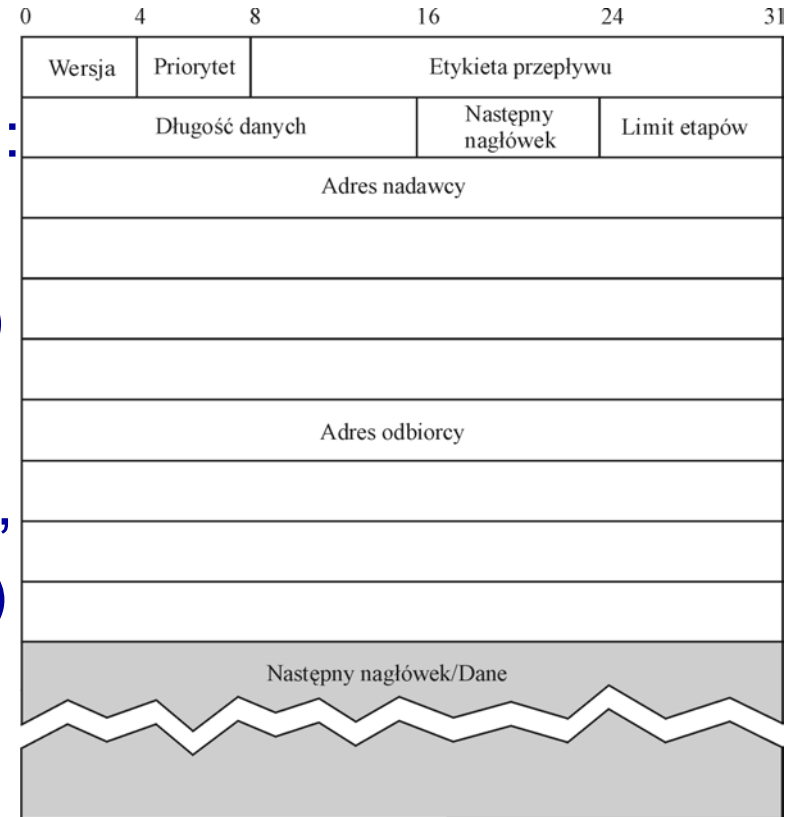
przedrostek	zastosowanie
100	zarezerwowany dla adresu jednostkowego odnoszącego się do obszaru geograficznego
101, 110, 1110, 11110, 111110, 1111110, 111111100	nie przydzielony
1111 1110 10	adres wykorzystywany lokalnie w łączy
1111 1110 11	adres wykorzystywany lokalnie w miejscu
1111 1111	adres grupowy

notacja adresu

- $x:x:x:x:x:x:x:x$, gdzie każdy x jest szesnastkową reprezentacją 16 bitowego (2 bajtowego) fragmentu:
47CD:1234:4422:AC02:0022:1234:A456:0124
- zapis zwarty 47CD::A456:0124 adresu:
47CD:0000:0000:0000:0000:0000:A456:0124
- adres IPv6 odwzorowujący IPv4:
::00FF:128.96.33.81

format pakietu IPv6

- wersja=6
- priorytet, etykieta przepływu:
jakość usługi
- długość danych: (w bajtach)
- następny nagłówek: (po nagłówku IP), jak go nie ma, to pole protokół (TCP, UDP)
- limit etapów (to co TTL)
- dł. nagłówka 40 bajtów



przetwarzanie opcji

- *efektywniejsze* niż w IPv4 (przyjazne dla ruterów)
- *nagłówki rozszerzeń* w ustalonym porządku
- opcje dowolnej długości
- nagłówki rozszerzenia dotyczącego fragmentacji

0	8	16	29	31
Następny nagłówek	Zarezerwowane	Przesunięcie	RES	M
Identyfikator				

- następny nagłówek:
44=fragmentacja, 51=poświadczenie tożsamości,
6=TCP, i.t.p.

Autokonfiguracja adresu IP

- *podejście stanowe*: komputer rozmawia z serwerem konfiguracji
- *podejście bezstanowe*: komputer konstruuje swój adres IP na własną rękę: etapy:
 - uzyskanie identyfikatora interfejsu, unikalnego na łączy, do którego komputer jest dołączony (Ethernet)
 - uzyskanie przedrostka adresu dla podsieci (nadawany przez ruter)

3	m	n	o	p	125-m-n-o-p
010	Identyfikator rejestru	Identyfikator dostawcy	Identyfikator abonenta	Identyfikator podsieci	Identyfikator interfejsu

zaawansowane możliwości wyboru trasy

- brak nagłówka wyboru trasy = CIDR w IPv4
- *nagłówek wyboru trasy*:
 - obszary topologiczne, które pakiet ma odwiedzić na trasie do odbiorcy
 - n.p. kręgosłupowa sieć dostawcy, sieć dostawcy taniego, niezawodnego, bezpiecznego ...
- *adres elementu topologicznego* (anycast) = zbiór interfejsów

przejście od IPv4 do IPv6

- trudny okres przejściowy
- mechanizmy przejścia:
 - *operacja na podwójnym stosie* (IPv4 i IPv6 w węźle), adres IPv6 może być niezwiązany z adresem IPv4
 - *tunelowanie* (pakiet IPv6 nadany jako dane w pakiecie IPv4), implementacja w węzłach IPv6 również IPv4, utworzenie tunelu IPv6 na IPv4, końcom tunelu przydziela się adres IPv6 kompatybilny z adresem IPv4, stosowany w automatycznym tunelowaniu
 - stosowany może być też adres IPv6 odwzorowany w IPv4 (albo adres IPv6 odwzorowujący adres IPv4), tam gdzie w węźle implementowany jest jedynie adres IPv4, adres stosowany do identyfikacji węzła IPv4 w bazie DNSv6

strategie przejścia od IPv4 do IPv6

- tunel IPv6 na IPv4
- IPv6 na łączach dedykowanych
- IPv6 na kręgosłupach MPLS
- IPv6 na kręgosłupach o podwójnym stosie

tunel IPv6 na IPv4

- **zastosowanie:** u usługodawcy świadczącego po raz pierwszy usługę IPv6, w firmie łączącej domeny (wyspy) IPv6 albo przyłączającej się do sieci IPv6
- **zalety:** wykazanie, że IPv6 da się w ogóle zrealizować, łatwe i tanie rozwiązanie w istniejącej sieci IPv4
- **ograniczenia:** skomplikowana diagnostyka i zarządzanie, ze względu na niezależność topologii połączeń i topologii tuneli
- **wymagania:** dostęp do IPv4 poprzez ruter o podwójnym stosie, z adresami IPv4 i IPv6, dostęp do IPv6 DNS

tunel IPv6 na IPv4

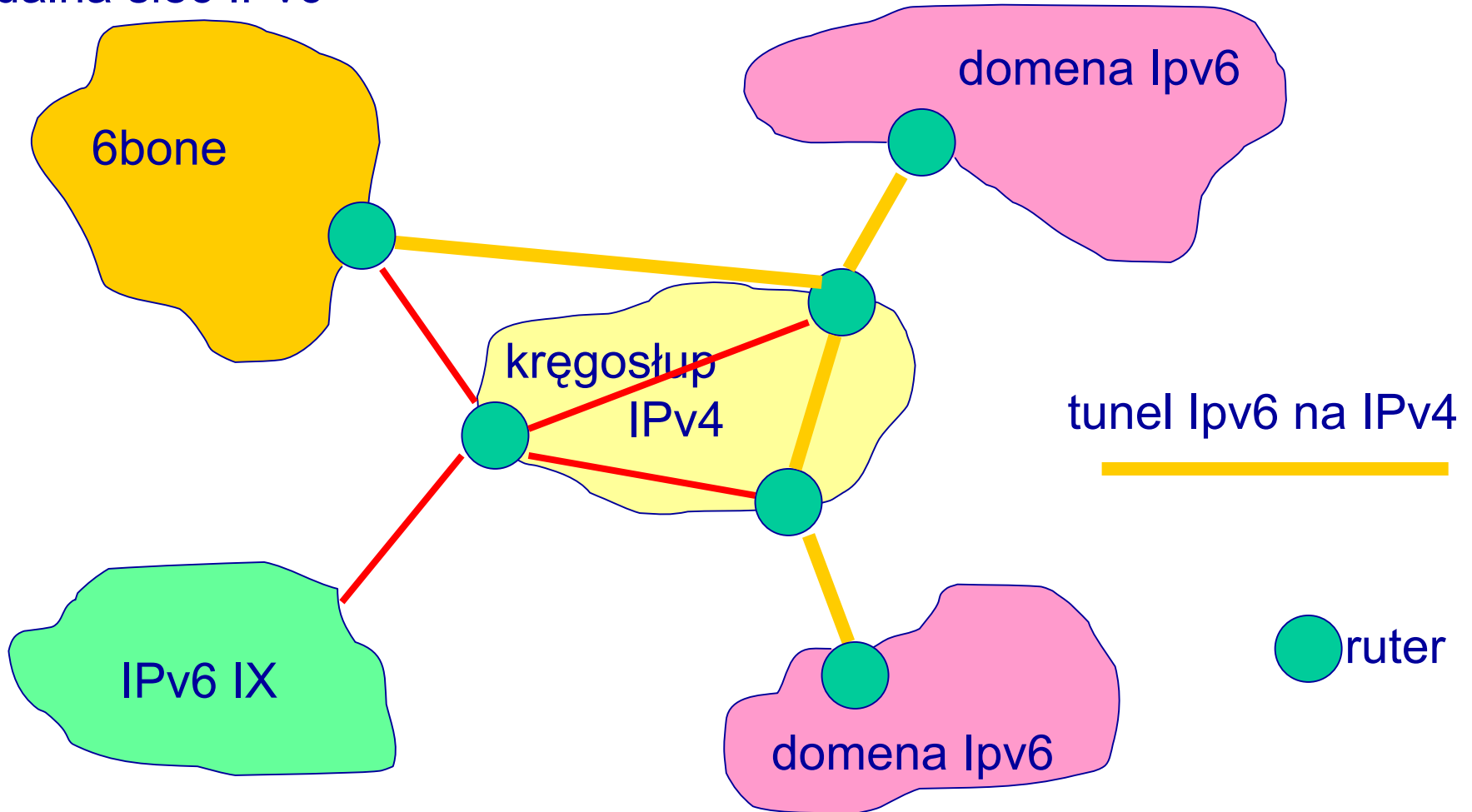
- kapsułkowanie pośrednie datagramu IPv6 w datagramie IPv4
- tunel między:
- ruterem a ruterem: routery IPv6/IPv4, połączone między sobą przez sieć IPv4, wymieniają datagramy
- komputerem i ruterem: komputer IPv6/IPv4 tuneluje datagram IPv6 do routera IPv6/IPv4, osiągalny pod adresem IPv4
- komputerem a komputerem: komputery IPv6/IPv4 tunelują datagramy między sobą przez sieć IPv4
- ruterem a komputerem: router IPv6/IPv4 tuneluje datagramy do komputera IPv6/IPv4

konfiguracja tuneli

- ręczna, tworzy się dojdzie przez IPv4 do sieci IPv6, np.. 6bone, jako „domyślne wyjście”, jest nim ruter brzegowy IPv6/IPv4, którego adres IPv4 jest znany
- automatyczna, adres IPv6 przeznaczenia jest adresem kompatybilny z IPv4, najmniej znaczące 32 bity adresu IPv6 są zamieniane na adres IPv4 tunelu
- za pomocą trzeciej strony (tunnel broker)
- ...

tunel IPv6 na IPv4

zdalna sieć IPv6



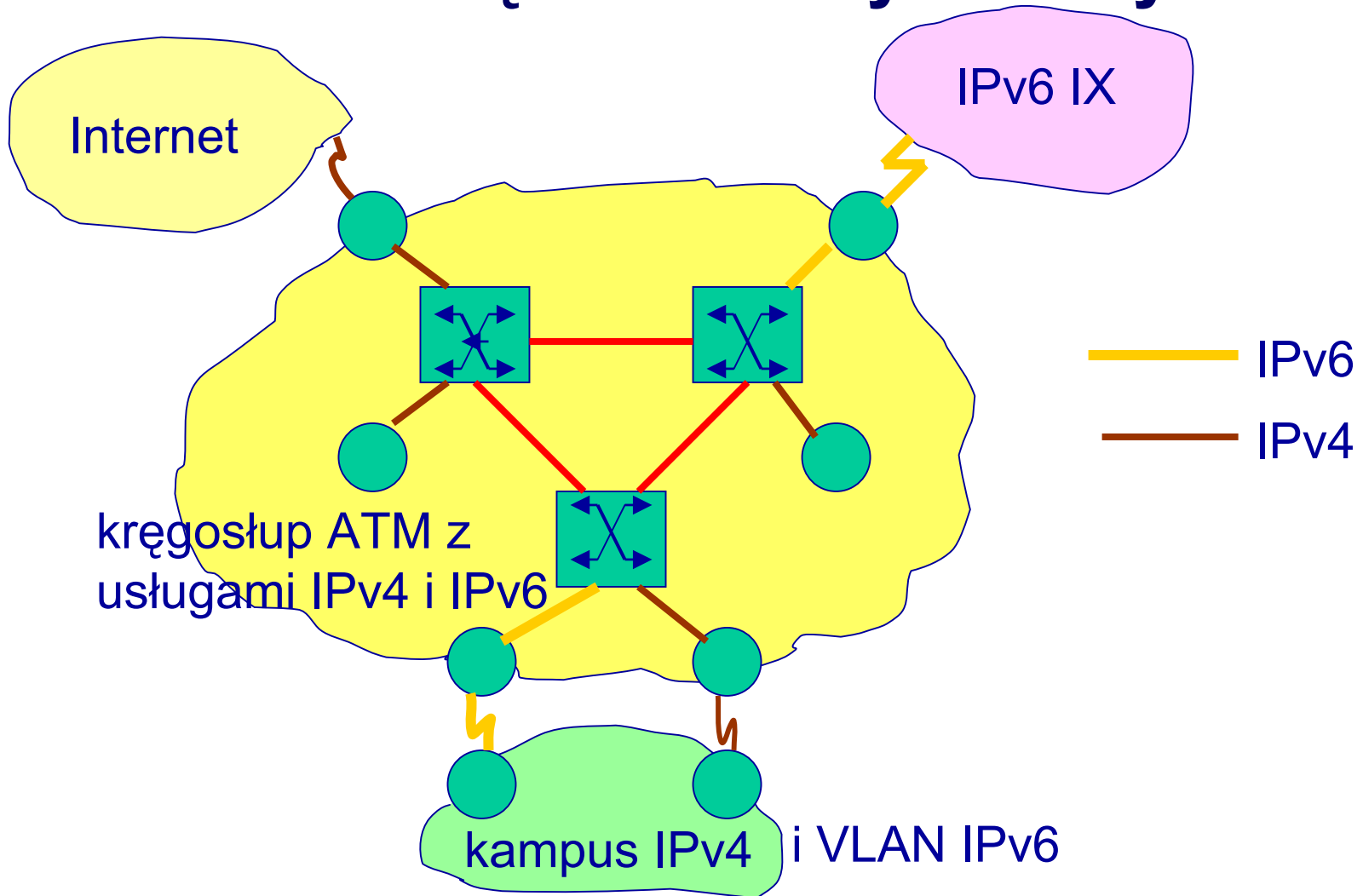
IPv6 na łączach dedykowanych

- **zastosowanie:** dostawca sieci WAN i MAN stosujących ATM, FR i dWDM
- **zalety:** protokół IPv6 nie wpływa na ruch IPv4
- **ograniczenia:** brak przyspieszenia i wspomagania zarządzania charakterystycznego dla urządzeń IPv6
- **wymagania:** dostęp do sieci WAN poprzez ruter o podwójnym stosie, z adresami IPv4 i IPv6, dostęp do IPv6 DNS

IPv6 na łączach dedykowanych

- ta sama infrastruktura warstwy łącza danych co w IPv4
- IPv6 stosuje wydzielone stałe kanały wirtualne (PVC) we Frame Relay i ATM, wydzielone łącza optyczne i multipleksację z podziałem długości fali dWDM
- bezpośrednio kapsułkowanie datagramu IPv6 w ramce łącza danych

IPv6 na łączach dedykowanych



IPv6 na kręgosłupach MPLS

- **zastosowanie:** przez usługodawców w sieciach mobilnych
- **zalety:** umieszcza IPv6 na MPLS, nie wymaga sprzętowych i programowych aktualizacji MPLS
- **ograniczenia:** wymagana realizacja zdolna uruchomić MPLS
- **wymagania:** minimalne zmiany w ruterach po stronie klienta i usługodawcy

IPv6 na kręgosłupach MPLS

- **MPLS** – Multiprotocol Label Switching Backbone
- warstwa 2 i 3
- etykietowanie i zarządzanie ruchem

IPv6 na kręgosłupach o podwójnym stosie

- **zastosowanie:** małe sieci firmowe
- **zalety:** łatwa implementacja w małych sieciach o wymieszanych aplikacjach IPv6 i IPv4
- **ograniczenia:** skomplikowane podwójne zarządzanie protokołami wyboru trasy, dla dużych sieci wymagane poważne aktualizacje
- **wymagania:** wszystkie routery posiadają podwójne stosy z adresami IPv4 i IPv6, dostęp do IPv6 DNS, pamięć wystarczająca dla tablic wyboru trasy