

# Integracja technik transmisji IP i WDM – adaptacja IP dla WDM

Istnieje wiele podstawowych metod enkapsulacji IP które mogą być wykorzystywane w sieciach WDM. Chcemy tu porównać różne techniki transmisji pod względem efektywności aby wskazać potencjalny kierunek rozwoju sieci. Istnieje wiele typów transmisji IP poprzez ATM np. klasyczny IP poprzez WDM, emulacja LAN, MPOA itp. Porównanie to obejmuje w tym przypadku jedynie zestandaryzowane elementy czyli klasyczne IP poprzez ATM. Dla długodystansowej transmisji poprzez WDM najlepiej udokumentowanym formatem transmisji jest SDH. Stos protokołów dla transmisji IP poprzez ATM poprzez SDH poprzez WDM przedstawimy w tabeli 11. Na rysunku 14 jest przedstawiona jedna z możliwych architektur sieci IP / WDM, która wykorzystuje do transmisji IP poprzez ATM poprzez enkapsulację SDH.

W tym przypadku, pakiety IP są w postaci segmentów upakowane w komórkach ATM i przypisane różnym VC (*Virtual Connections*) połączeniom wirtualnym poprzez karty liniowe wyposażone w interfejsy SDH/ATM umieszczone w ruterach IP. Komórki ATM są pakowane do ramki SDH, która może zostać przesłana poprzez przełącznik ATM lub bezpośrednio do transpondera WDM. Obecnie jedyną drogą zagwarantowania jakości usługi QoS dla transmisji IP jest zapewnienie ustalonego pasma pomiędzy parą ruterów odpowiadającą poszczególnym klientom (zarządzanie QoS w warstwie 2). ATM daje tę możliwość poprzez udostępnienie stałych kanałów wirtualnych (*PVC – Permanent Virtual Channels*) korzystając z systemu zarządzania ATM lub kierowanych tymczasowych kanałów wirtualnych (*SVC Switched Virtual Channels*) zestawianych dynamicznie, wszystko w obrębie ścieżki wirtualnej VP. Dodatkowo ATM może wykorzystywać statystyczne multipleksowanie aby udostępnić użytkownikowi dostęp do

dodatkowego pasma w krótkich okresach. Może to pomóc zagwarantować ściśle określone pasmo zaczynając od pojedynczych Mb/s do setek Mb/s dla wielu różnych użytkowników. Dodatkowo tak duża ziarnistość daje możliwość zgrupowania routerów IP w logiczną sieć co z kolei minimalizuje opóźnienia wynikające z przechodzenia poprzez routery pośredniczące. Kolejnym istotnym atutem techniki ATM jest możliwość użycia zróżnicowanych kontraktów ruchowych, oferujących zróżnicowaną jakość usługi w zależności od wymagań aplikacji. Dla ruchu IP, który jest z założenia bezpołączeniowy, kontrakt ruchowy UBR jest głównie stosowany w obrębie sieci ATM. Jeśli aplikacja wymaga szczególnego QoS, w przypadkach transmisji w czasie rzeczywistym możliwe jest wykorzystanie ATC (*ATM Transfer Capability*) jako usługi CBR lub VBR – rt (*Variable Bit Rate – real time*). Odwzorowanie pakietów IP o zmiennej długości do stałej wielkości komórek ATM, nakłada dodatkowy nagłówek w przypadku gdy konieczna jest fragmentacja pakietów. Różnica w wielkości pakietu może również wynikać z konieczności wypełniania pustych przestrzeni w komórkach co wprowadza dodatkowy nagłówek. Jedynym rozwiązaniem pozwalającym uniknąć wypełniania jest umieszczanie pakietów jeden za drugim, co oznacza jednak potencjalne niebezpieczeństwo utraty dwóch kolejnych pakietów w przypadku straty komórki. Transmisja IP poprzez ATM może również być użyta jako implementacja protokołu MPLS. W tym przypadku kanały PVC nie są tworzone przez system zarządzania ATM, lecz poprzez protokół MPLS.

#### Odwzorowanie komórek ATM w kontenery hierarchii SDH

Komórki ATM mogą być odwzorowywane w pola użytkowe kilku typów kontenerów. Najczęściej jednak są spotykane rozwiązania systemów ATM, wykorzystujące kontenery VC-4. Ponieważ komórka ATM składa się z 53 bajtów, a pole użytkowe kontenera wirtualnego VC-4 ma 2340 bajtów, to nie mieści się w nim całkowita liczba komórek ATM. Dokładniej w polu użytkowym mogą być umieszczone 44 pełne komórki ATM. Pojawia się zatem

konieczność przenoszenia części komórki do następnego kontenera wirtualnego. Powoduje to zmianę położenia kolejno odwzorowywanych komórek względem kontenera wirtualnego. Czyli komórki ATM nie będą zajmowały stałego miejsca w polu użytkowym kontenera:

Początek komórki musi być prawidłowo identyfikowany na wyjściu z sieci transmisyjnej SDH. Można to zrobić dwoma sposobami. Pierwszy z nich opiera się na mechanizmach dostępnych w SDH i polega na przesyłaniu w nagłówku kontenera wirtualnego VC-4 adresu początkowego komórki ATM. Inny sposób identyfikacji początku komórek jest związany nie z systemami SDH, a wynika ze struktury i przeznaczenia nagłówka komórki ATM. W pięciobajtowym nagłówku komórki ATM jeden bajt jest poświęcony kontroli i korekcji błędów. Bajt ten jest wyznaczany jako reszta cyklicznego kodu nadmiarowego dla informacji zawartej w pierwszych czterech bajtach nagłówka komórki. Bajty nagłówka znajdują się zawsze na początku komórki. Jeżeli transmisja nie wprowadziła błędów, to na podstawie czterech pierwszych bajtów nagłówka można dokładnie wyznaczyć jego piąty bajt. W tym celu dla każdego z czterech kolejnych bajtów odbieranego strumienia informacji wyznacza się resztę cyklicznego kodu nadmiarowego i porównuje ją z następnym bajtem w sekwencji. W przypadku braku zgodności obliczonej reszty z wartością bajtu operację powtarza się wprowadzając przesunięcie o jeden bajt przy wyborze sekwencji analizowanej. Operację powtarza się tak długo, aż natrafi się na początek komórki. Taki sposób wyznaczania początku komórki jest nazywany delineacją.

Dokładniejsza analiza obu metod dowodzi, że w przypadku dużej bitowej stopy błędów, wprowadzanej w transmisji synchronicznej SDH, delineacja pozwala na skuteczniejsze identyfikowanie początku komórki niż w przypadku, gdy stosuje się adresowanie położenia komórek za pomocą bajtu H4 nagłówka kontenera wirtualnego. Należy zwrócić uwagę, że pole informacyjne komórek ATM – przed jego odwzorowywaniem w kontenerze wirtualnym powinno być poddane operacji skramblowania, a po

stronie odbiorczej, tj. przed wprowadzeniem komórek do warstwy ATM, operacji odwrotnej. Operacja skramblowania nie obejmuje nagłówka komórki. operacja skramblowania opiera się na wielomianie generatora  $x^{43} + 1$  i jest skramblowaniem samosynchronizującym. Odwzorowanie komórek ATM w kontener VC-4 jest dopuszczalne również w przypadku kontenera wirtualnego łączonego VC-4-xc:

We wszystkich przypadkach komórki ATM zajmują całe pole użytkowe kontenera. Nie ma, więc potrzeby zapewniania pola dodatkową bezużyteczną informacją. W tabeli poniżej podano, jaka liczba komórek ATM może być odwzorowana w kontenery.

Warto zaznaczyć, że odwzorowanie w kontener łączony VC-2mc ma bardzo ograniczony zakres. Wynika to z przyjętej w SDH koncepcji łączenia kontenerów VC-2mc. W europejskiej strukturze zwielokrotniania kontenery te mogą być łączone tylko w procesie tzw. łączenia wirtualnego. Oznacza to, że każdy kontener wchodzący w skład kontenera połączonego jest transportowany oddzielnie, inaczej niż w przypadku łączenia ciągłego, w którym pole użytkowe połączonych kontenerów stanowi jedną całość (w sposób ciągły jest tworzony kontener łączony VC-4xc). We wskaźnikach jednostek składowych TU, przenoszących poszczególne kontenery VC-2, nie ma żadnych danych o łączeniu, a prawidłowość utworzenia ciągu komórek przenoszonych w różnych kontenerach zależy od sprzętu zainstalowanego w węzłach sieci SDH. Muszą to być urządzenia wyposażone w odpowiednie protokoły umożliwiające wirtualne łączenie kontenerów. Ponieważ na razie nie instaluje się takich urządzeń, nie ma możliwości transmisji komórek ATM w kontenerach VC-2mc, łączonych wirtualnie.

W przypadku wykorzystywania sieci SDH do transmisji komórek ATM zegary w węźle ATM i w węźle SDH mogą, ale nie muszą, być zsynchronizowane. Brak synchronizmu oznacza potrzebę stosowania mechanizmów dopełniania przez wskaźnik.

Protokół „Classical IP over ATM” jest prosty koncepcyjnie i

łatwy w implementacji. Może on funkcjonować zarówno w sieciach ATM ze stałymi połączeniami wirtualnymi (PVC), jak i komutowanymi (SVC), pozwalając na realizację połączeń w obrębie tzw. logicznych sieci IP ustawionych w sieci ATM (ang. LIS – *Logical IP Subnetwork*). Aby efektywnie realizować bezpołączeniowy transfer pakietów (datagramów) protokołu IP, poprzez zorientowane połączeniowo sieci ATM, konieczne staje się odwzorowywanie adresów IP stacji w adresy ATM bądź identyfikatory ID połączeń wirtualnych w sieci ATM (obejmujące identyfikatory ścieżki i kanału logiczno-wirtualnego). Dokument RFC 1577 definiuje też zasady enkapsulacji, bądź „wkładania”, pakietów IP w struktury danych ATM oraz opisuje mechanizmy zestawiania i uaktualniania połączeń między stacjami bądź systemami. Zasadnicza część specyfikacji IPoATM dotyczy transferu danych w obrębie jednej logicznej sieci LIS. Połączenia między równymi podsieciami LIS muszą odbywać się poprzez routery, nawet wtedy, gdy pomiędzy tymi podsieciami istnieje fizyczne połączenie ATM.

#### Enkapsulacja pakietów LLC/SNAP

IPoATM umożliwia przesyłanie różnego typu pakietów warstwy sieciowej i transportowej, przy wykorzystaniu jednego połączenia w sieci ATM. Dzięki temu ograniczona została liczba utrzymywanych połączeń oraz usunięte opóźnienia związane z każdorazowym nawiązywaniem połączenia.

Aby taka multipleksowana transmisja była możliwa, stacja docelowa musi rozróżniać typy otrzymywanych pakietów. Dlatego każdy pakiet poprzedzany jest polem identyfikacyjnym. W specyfikacji IPoATM przyjęto enkapsulację LLC/SNAP (ang. *Logical Link Control/Subnetwork Acces Protocol*). Multipleksacja pakietów następuje w podwarstwie LLC. RFC 1577 dopuszcza także inne metody enkapsulacji.

Pakiety IP są dostarczane do warstwy adaptacji ATM AAL i obsługiwane tam zgodnie z protokołem AAL5, opracowanym z myślą o transferze ruchu o zmiennej szybkości bitowej VBR i

asynchronicznego UBR. Jednostki danych tego protokołu (AAL5 PDU) oprócz nagłówka LLC/SNAP, identyfikującego typ pakietu, zawierają oraz pole danych oraz informacje sterujące AAL5 (pole długości jednostki PDU i sumę kontrolną CRC).

Dla protokołu IPoATM przyjęto standardową długość pakietów IP równą 9180 bajtów, pozwalająca na obsługę ramek o maksymalnych długościach stosowanych w sieciach Ethernet, Token Ring, FDDI bez konieczności ich podziału. Jednocześnie IPoATM dopuszcza, zgodnie ze specyfikacją protokołu AAL5, obsługę pakietów o długościach do 64-kilobajtów – wymaga to jednak skonfigurowania wszystkich stacji podsieci LIS tak, aby obsługiwały pakiety o tej samej długości. Zauważmy, że jest to również maksymalny rozmiar pakietów w sieci IP.

W zależności od typu stosowanych połączeń (PVC lub SVC) występują różnice w sposobie odwzorowywania adresów.

#### Połączenia typu PVC

W sieciach ATM, ze stałymi połączeniami wirtualnymi (PVC), adresy IP są odwzorowywane w identyfikatory połączeń wirtualnych (ścieżki VPI i kanału VCI) w sposób manualny. Oznacza to, że użytkownik każdej stacji jest odpowiedzialny za konfigurację własnej tablicy adresowej, poprzez umieszczenie w niej par: adres IP stacji docelowej i identyfikator połączenia wirtualnego. Tego typu uproszczona konwersja adresowa może być efektywna jedynie w przypadku małych sieci (często jednak bywa jedynym rozwiązaniem).

#### Połączenia typu SVC

W przypadku realizacji w sieci ATM komutowanych połączeń wirtualnych (SVC), stacje końcowe muszą dokonywać odwzorowywania adresów IP na adresy ATM i identyfikatory połączeń wirtualnych w sposób automatyczny, tj. na żądanie. Nieodzownymi elementami protokołu IPoATM stają się wówczas algorytm ATMARP i serwer adresowy ATMARP. Serwer ten staje się centralnym elementem każdej wirtualnej podsieci LIS. Utrzymuje

on bazę danych (tablice adresową) odwzorowującą adresy IP w adresy ATM wszystkich stacji w LIS. Kierowane są do niego prośby stacji końcowych, bądź urządzeń brzegowych sieci ATM, o wskazanie nieznanego adresu ATM, odpowiadającego znanemu adresowi IP stacji docelowej.????????????????

W obrębie jednej podsieci LIS stacje komunikują się za pośrednictwem wirtualnych połączeń typu punkt-punkt. Pakiety IP są umieszczane w jednostkach PDU protokołu AAL5 w urządzeniach brzegowych sieci ATM. Komórki ATM tworzone z jednostek PDU są następnie przesyłane przez węzły i przełączniki sieci ATM do miejsca ich przeznaczenia lub urządzenia brzegowego sieci ATM. Tam następuje złożenie komórek w jednostki PDU i utworzenie pakietu IP.

Z punktu widzenia warstwy sieciowej (protokołu IP) transmisja przez sieć ATM jest jednoetapowa, bez względu na liczbę przełączników uczestniczących w przekazywaniu komórek ATM.

Rozszerzenia standardu RFC 1577

„Wąskim gardłem” klasycznego IPoATM jest brak możliwości bezpośredniej transmisji między różnymi podsieciami LIS. Problem jest poważny, gdyż routery nie są w stanie realizować funkcji decydujących o atrakcyjności ATM, tj. zarządzania jakością (QoS), minimalnego opóźnienia i dużej przepustowości.

Prowadzone są badania nad bardziej zaawansowanymi implementacjami IPoATM. Grupa MPOA, związana z ATM Forum, pracuje nad osadzeniem takich protokołów jak IP, IPX/SPX czy Appletalk na sieci ATM z pominięciem routerów.

Oddzielnym obszarem prac jest przygotowanie wersji protokołu wykorzystującego mechanizm rozgłaszania komunikatów w sieci ATM (*IP multicast over ATM*).

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.