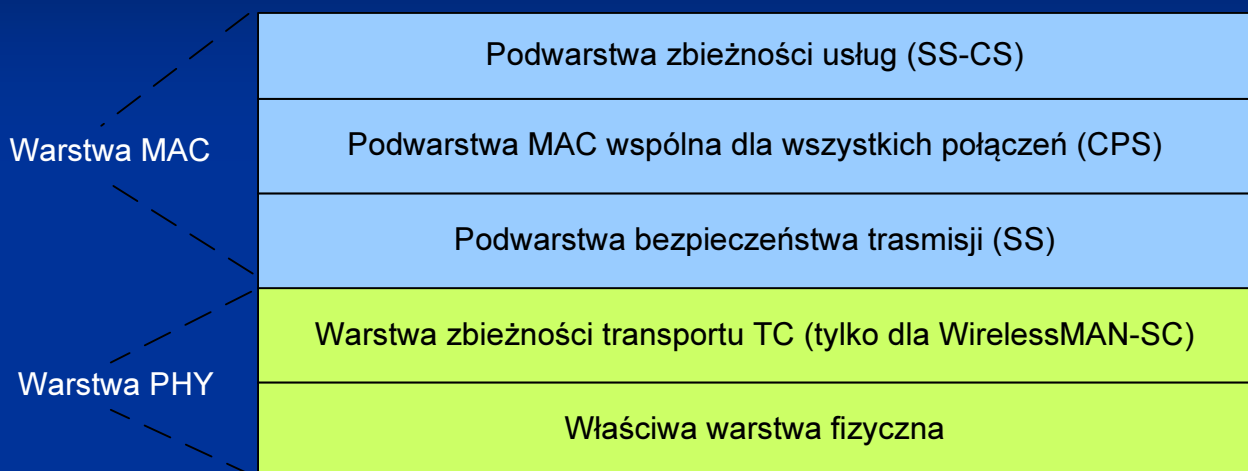


Warstwa MAC

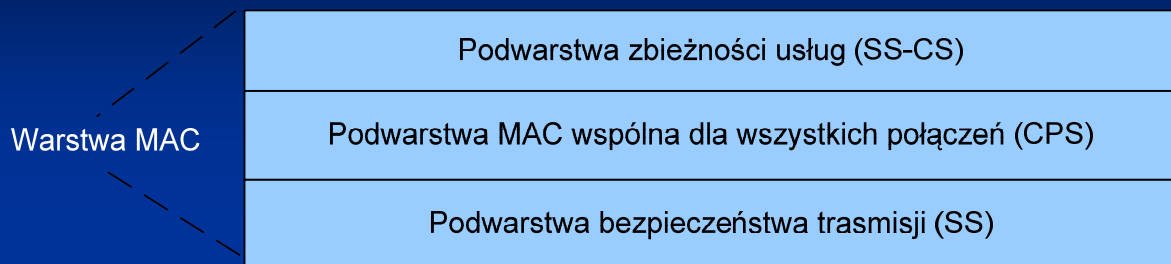
standardu IEEE 802.16

Architektura 802.16



MAC - Medium Access Control Layer
SS-CS - Service Specific Coverage Sublayer
PS - Privacy Sublayer
TC - Transmission Convergence Sublayer
PHY - Physical Layer

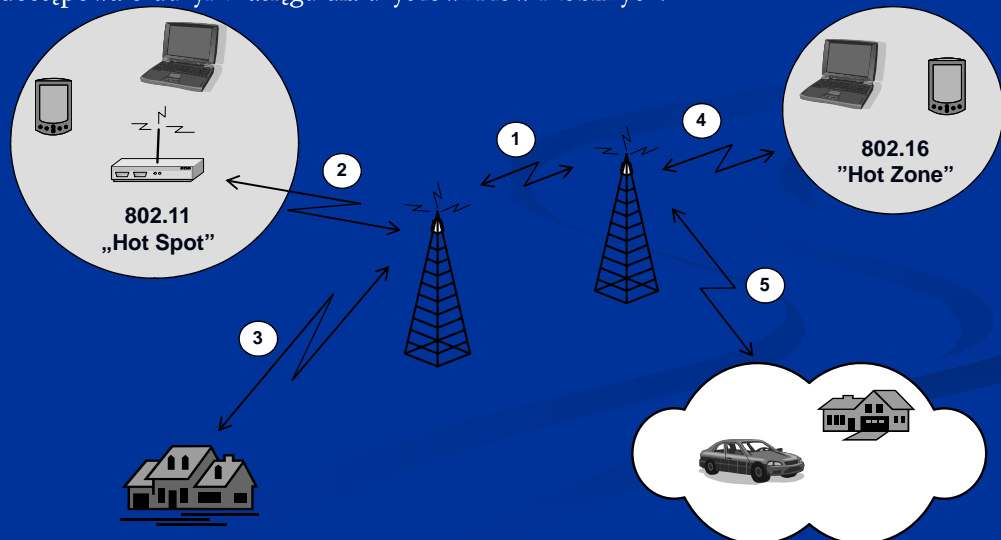
802.16 Medium Access Control



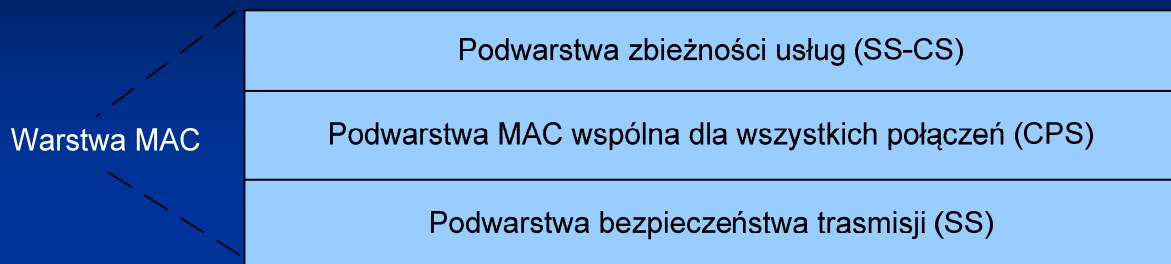
- Głównym zadaniem jest warstwy MAC jest zapewnienie, niezależnego od medium, dostępu do zasobów warstwy fizycznej (PHY). Musi zarządzać zasobami PHY w efektywny sposób.
- Pracuje **POŁĄCZENIOWO** w trybach:
 - Point-to-Point,
 - Point-to-MultiPoint,
 - Mesh.
- W najpopularniejszym trybie PMP wyróżniamy:
 - Stację bazową (BS – Base Station)
 - Terminal kliencki (SS – Subscriber Station)

Scenariusze wykorzystania

1. **PtP:** Szybkie bezprzewodowe łącze między węzłami sieci (ok. 35 x E1), przy czym niekoniecznie wymagana jest bezpośrednia widoczność między węzłami.
2. **PtMP:** Bezprzewodowe łącze pomiędzy punktami dostępowymi sieci (np. połączenie Hot-Spotów 802.11).
3. **PtMP:** Bezprzewodowe łącze ostatniej mili (zamiast DSL).
4. **PtMP:** Obszary publicznego dostępu do Internetu - Hot-Zones (zamiast wielu punktów dostępowych 802.11).
5. **Mobile:** Sieć dostępowa o dużym zasięgu dla użytkowników mobilnych.



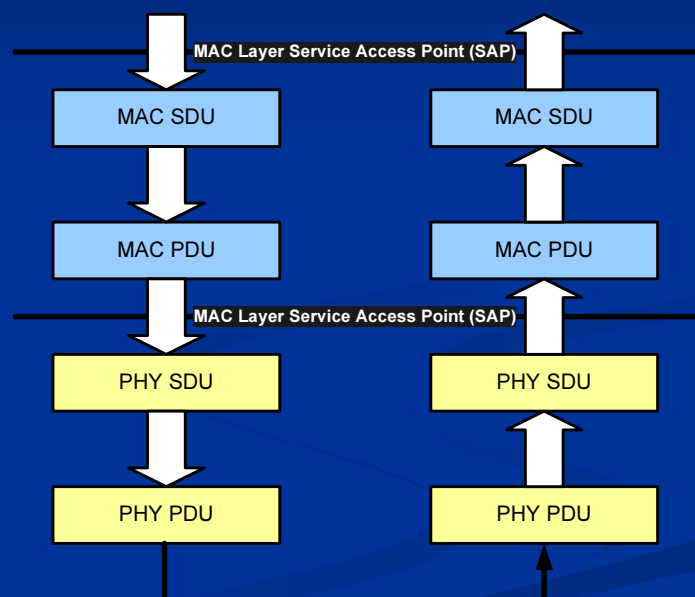
802.16 Medium Access Control



- Obsługuje:
 - Zarządzanie stacjami (podłączenie, odłączenie, kontrola)
 - Tworzenie jednostek danych (PDU – Protocol Data Unit) do transmisji przez warstwę PHY.
- Posiada mechanizmy:
 - Zachowania jakości obsługi (QoS – Quality of Service)
 - Niezawodnej transmisji (ARQ – Automatic Retransmission Request)
- Zawiera podwarstwę zbieżności (SS-CS) współpracującą z:
 - sieciami typu Asynchronous Transfer Mode (ATM cell-based Networks)
 - sieciami pakietowymi (IPv4, IPv6, Ethernet, VLAN...).

Transmisja danych

- **Maksymalna wielkość pakietu warstwy MAC** (MAC PDU) to 2048 bajtów, wraz z polami kontrolnymi.
- **Fragmentacja** - wspólna podwarstwa MAC dokonuje fragmentacji i składania jednostek danych warstw wyższych (MAC SDU).
- **Pakowanie** - jeśli MAC SDU są mniejsze od 2048 bajtów, kilka z nich umieszczanych jest w jednym MAC PDU.
- **Podwarstwa SS-CS** usuwa nadmiarowe informacje zawarte w nagłówkach MAC SDU (Payload header suppression & reconstruction).



802.16 PtMP MAC

■ Transmisja z BS do SS

(DL – downlink)

- Tryb rozgłoszeniowy

■ Transmisja z SS do BS

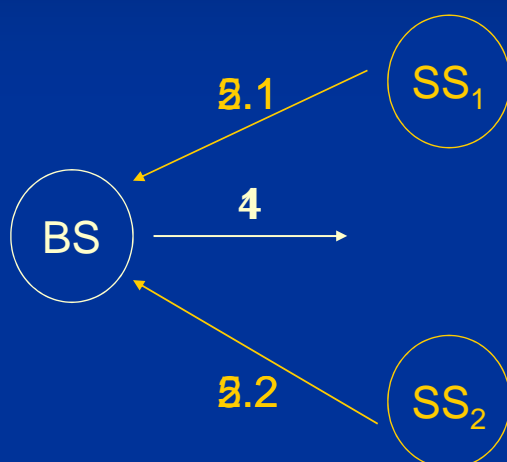
(UL – uplink)

- podział pasma:
 - czasowy (Time Division Duplex),
 - częstotliwościowy (Frequency Division Duplex).
- wielodostęp w trybie Demand Assigned Multiple Access (DAMA).

■ Opcjonalnie:

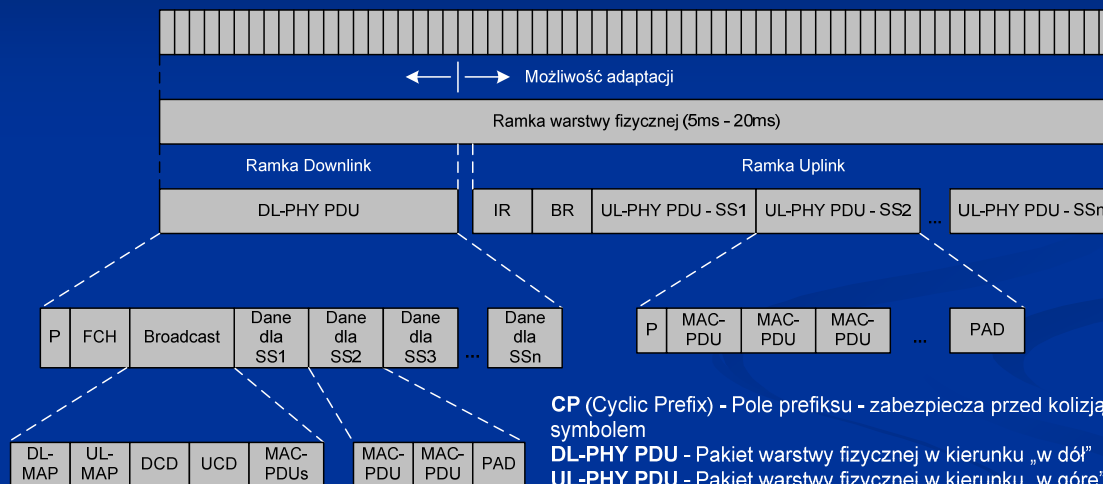
- DL Transmit Diversity,
- anteny adaptacyjne (AAS) i Spatial Division Multiple Access (SDMA).

Demand Assigned Multiple Access



- 4: BS przydziela pasmo SS dla transmisji danych na podstawie pozwalające na przesłanie żądań zgłoszonych żądań. Ponadto przydzielone zostają zasoby pozwalające na dalsze żądania.
- 2.1 SS₁ przesyła żądania pasma.
- 2.2 SS₂ przesyła żądania pasma.
- 5.1 SS₁ transmituje dane i/lub żądania pasma.
- 5.2 SS₂ transmituje dane i/lub żądania pasma.

Format ramki (TDM)



CP (Cyclic Prefix) - Pole prefiksu - zabezpiecza przed kolizją z innym symbolem

DL-PHY PDU - Pakiet warstwy fizycznej w kierunku „w dół”

UL-PHY PDU - Pakiet warstwy fizycznej w kierunku „w górę”

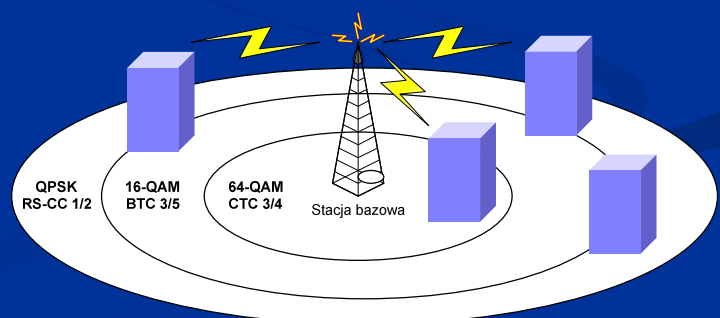
IR (Initial Ranging) - Wstępne określenie zasięgu (dostęp rywalizacyjny)

BR (Bandwidth Request) - Żądanie pasma (dostęp rywalizacyjny)

RLC – Radio Link Control

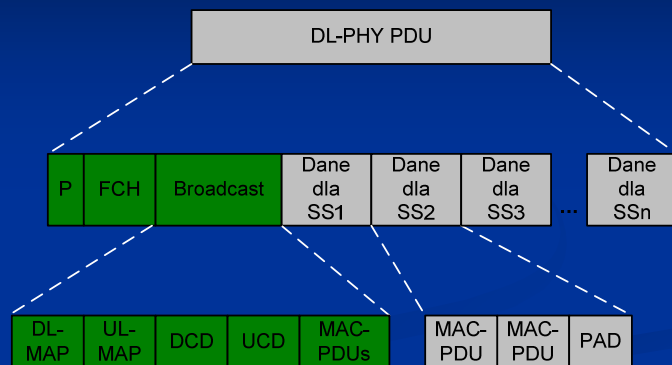
Profil ruchu = typ kodowania + typ modulacji + moc nadajnika

- Możliwa jest dynamiczna zmiana profilu ruchu wraz ze zmianami w jakości kanału.
- Wybór profilu:
 - decyzja pomiędzy dobrą efektywnością wykorzystania pasma, a odpornością transmisji na błędy,
 - zarówno dla DL, jak i UL jest przeprowadzany przez stację bazową,



Downlink

- **FCH (Frame Control Header)** - Opis profilu ruchu dla paczek *Broadcast*
- **DL-MAP / UL-MAP** – definicja wykorzystania pasma (Request, IR, Data Grant, Gap, End of map).
- **DCD / UCD (Downlink/Uplink Coding Descriptor)** – opis używanych profili ruchu
- Do transmisji DL-MAP i UL-MAP używa się najsilniejszego profilu.

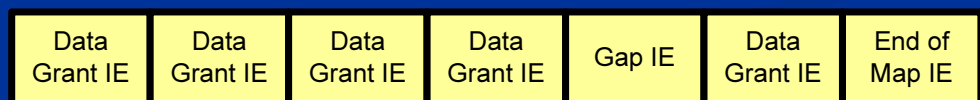


- **DL-PHY PDU** - Pakiet warstwy fizycznej w kierunku „w dół”
- **P (Preamble)** - sekwencja synchronizacji
- **Broadcast** – Paczki danych do wszystkich SS
- **MAC-PDU_s** - paczki danych do konkretnych SS
- **PAD (Padding)** – Wypełnienie (**stuff-byte** lub **MAC-PDU z Padding CID**)

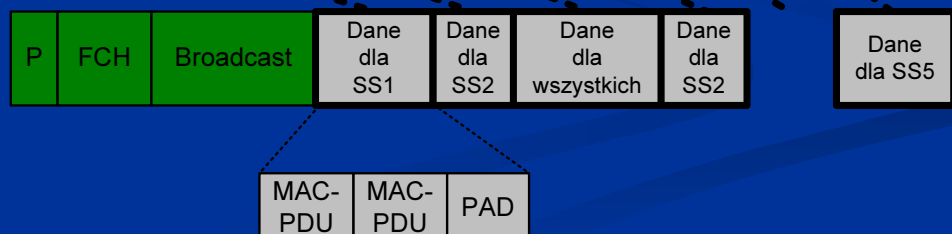
Pola UL/DL-MAP

- Określa strukturę ramki.
- Składa się z elementów IE (Information Element).
- Może dotyczyć dowolnej ramki (nie tylko obecnej).
- Wykorzystuje definicje profili ruchu z pól DCD/UCD.

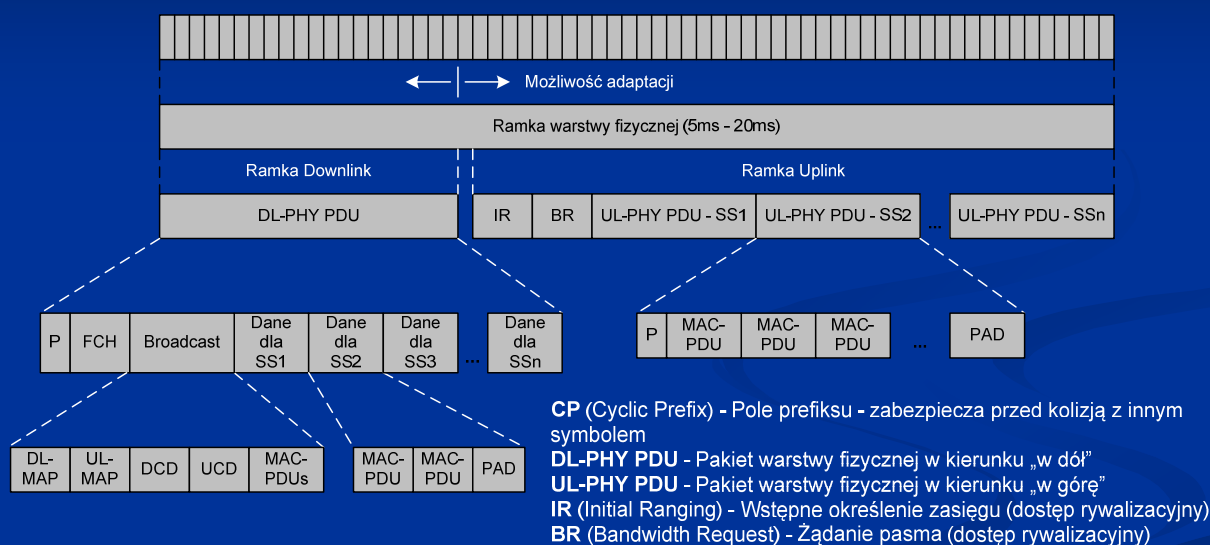
DL-MAP



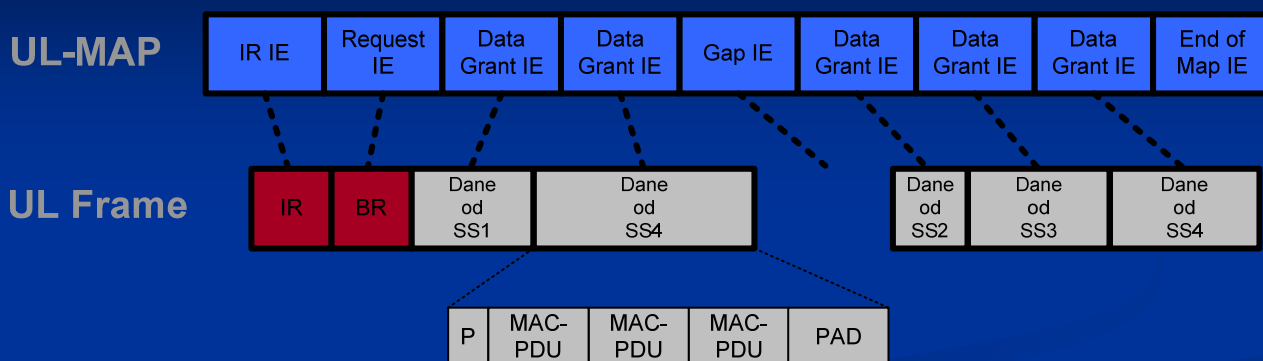
DL Frame



Format ramki (TDM)



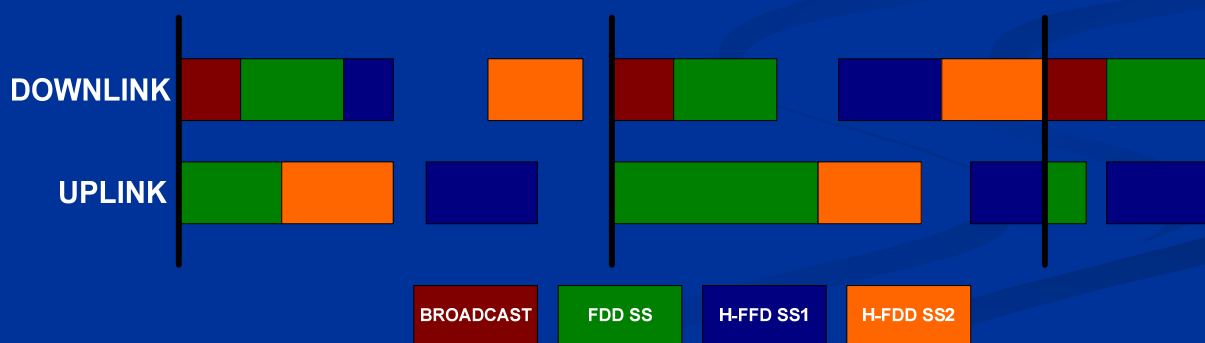
Uplink



- Struktura opisana polem **UL-MAP** oraz **UCD**.
- Każda z paczek danych może być nadawana innym profilem ruchu.
- **IR** (Initial Ranging) - Wstępne określenie zasięgu (dostęp rywalizacyjny)
- **BR** (Bandwidth Request) - Żądanie pasma (dostęp rywalizacyjny)
- Niewykorzystany czas transmisji jest wypełniany.

Frequency Division Duplexing

- W systemach FDD ramki UL i DL są transmitowane na innych częstotliwościach.
- Możliwa jest praca w 2 trybach:
 - H-FDD – half-duplex FDD
 - FDD – full-duplex FDD
- BS wyznacza terminalom H-FDD okresy nadawania rozłączne z okresami odbioru.



Proces wejścia SS do sieci



Proces wejścia SS do sieci

■ Synchronizacja

- przeszukiwanie listy częstotliwości,
- synchronizacja na poziomie PHY – detekcja pola **Preamble**,
- odczyt informacji **DCD** i **DL-MAP**.
- odczyt informacji **UCD** i **UL-MAP**.

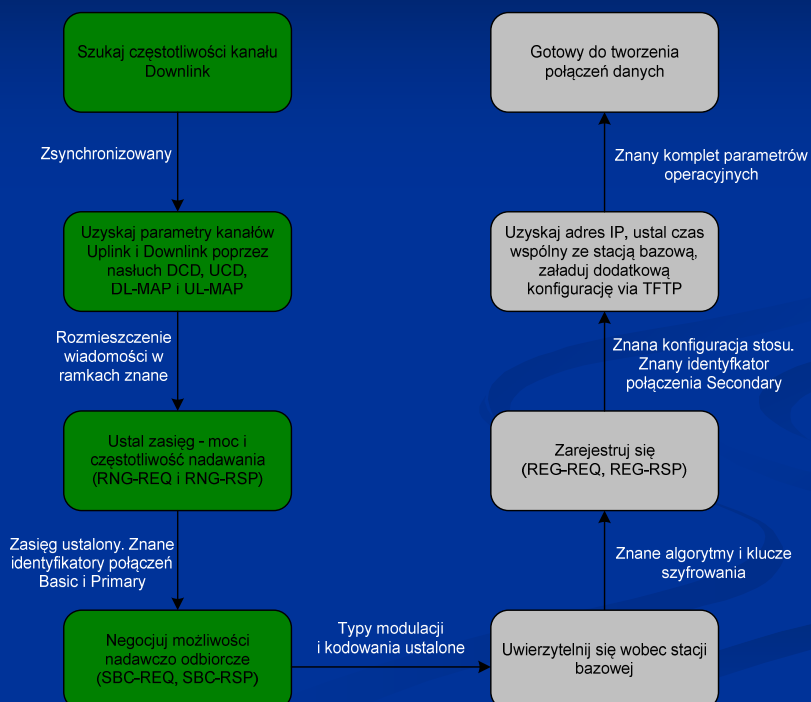
■ Ranging

- wysyłanie wiadomości **RNG-REQ**,
- stopniowe zwiększanie mocy nadawania SS, aż do otrzymania odpowiedzi **RNG-RSP**,
- poprawki mocy i synchronizacji na podstawie **RNG-RSP**.
- Następuje nawiązanie połączeń kontrolnych typu **Basic** i **Primary**.

■ Negocjacja parametrów

- przedstawienie możliwości transmisyjnych SS z pomocą **SBC-REQ**,
- przyjęcie lub odrzucenie SS przez BS (**SBC-RSP**).

Proces wejścia SS do sieci



Proces wejścia SS do sieci

■ Uwierzytelnienie

- SS dysponuje certyfikatem X.509 wystawionym przez producenta
- uzgodnione zostają algorytmy szyfrowania oraz wymieniony materiał kryptograficzny,

■ Rejestracja

- wymiana wiadomości REG-REQ/REG-RSP
- uzgodnione zostają: parametry ARQ, obsługa CRC, kontrola przepływu, wersja IP, zarządzanie SS, itp.
- może zostać zestawione połączenie Secondary Management.

■ Konfiguracja IP (dla zarządzalnych SS)

- SS otrzymuje adres IP z DHCP,
- ustala czas z użyciem Time of Day Protocol,
- pobiera konfigurację korzystając z TFTP.

Rodzaje połączeń 802.16

■ Połączenia kontrolne (dwukierunkowe):

- Basic Management Connection – krótkie i wrażliwe na opóźnienia wiadomości kontrolne MAC (np. polling, żądania pasma, ranging requests).
- Primary Management Connection – uwierzytelnianie i nawiązywanie połączeń danych.
- Secondary Management Connection – niewielkie wymagania czasowe (DHCP, ToD, TFTP, SNMP).

■ Połączenia dodatkowe:

- Initial Ranging Connection – wykorzystywane przy włączaniu się SS do sieci
- Broadcast Connection – dane dla wszystkich SS
- Multicast Connection – wykorzystywane przy „multicast polling”

■ Połączenia danych (jednokierunkowe)

Jakość obsługi

Quality of Service (QoS)

Zadania mechanizmów QoS

■ Podstawowe cele

- Zapewnić gwarancje dostępnego pasma i maksymalnego opóźnienia dla różnego typu aplikacji.
- Zapewnić **sprawiedliwy podział** pasma pomiędzy strumienie.
- Zachować wysokie **efektywne wykorzystanie** pasma.

■ Zadania cząstkowe

- Mechanizmy **konfiguracji** obsługi strumieni danych i ich parametrów.
- **Protokół sygnalizacyjny**, służący dynamicznemu tworzeniu strumieni o określonych parametrach.
- Mechanizmy kontroli realizujące **transmisje** z zachowaniem podanych parametrów QoS.
- Stworzenie z wyżej wymienionych elementów **klas obsługi**, aby elementy wyższych warstw mogły wykorzystać ich możliwości w zunifikowanych sposób.

Mechanizmy QoS standardu 802.16

- **Integralna część standardu** (różnica w porównaniu np. z 802.11).
- Mechanizmy QoS są kluczowym elementem dla projektowania/działania systemów 802.16.
- **Połączeniowość** warstwy MAC.
- **Tryb DAMA** – Przydział, na żądanie, grantów transmisyjnych, rozumianych jako wydzielony czas transmisji w ramce.
- **Dwuetapowy proces** aktywowania połączeń.

Koncepcja klas usług i strumieni danych

- **Service Flow (SF)** – Jednokierunkowy strumień pakietów MAC o określonych parametrach QoS.
- **QoS Parameter Set** – zbiór parametrów QoS powiązanych z określonym połączeniem.
- **Service Class (SC)** – Klasa obsługi identyfikowana przez zestaw parametrów QoS
- **Authorization Module** – funkcja zatwierdzająca zmianę parametrów danego SF (admission control).

Parametry QoS

- **Minimum Reserved Traffic Rate (MRTR)**
 - minimalna, gwarantowana przepływność dla danego strumienia,
- **Maximum Sustained Traffic Rate (MSTR)**
 - maksymalna dopuszczalna przepływność strumienia,
- **Maximum Traffic Burst (MTB)**
 - maksymalny dopuszczalny wybuch ruchu przy zachowaniu przydzielonych zasobów,
- **Minimum Tolerable Traffic Rate (MTTR)**
 - pozwala na wykrycie nieaktywnych połączeń,
- **Maximum Latency (ML)**
 - maksymalne opóźnienie transmisji,
- **Tolerated Jitter (TJ)**
 - maksymalna zmienność opóźnienia transmisji,
- **Traffic Priority (TP)**
 - ma znaczenie tylko w przypadku strumieni o identycznych pozostałych parametrach,
- **Request/Transmission Policy (R/TP)**
 - określa możliwe sposoby żądań pasma, sposoby pracy podwarstwy SS-CS, oraz tworzenia MAC-PDU.

Koncepcja klas usług i strumieni danych

- **Wcześniejsze przygotowanie/zdefiniowanie połączenia** (Preprovisioned Service Flows) – połączenia tworzone zaraz po wejściu SS do sieci, inicjowane przez BS.
- **Dynamiczne tworzenie strumieni** – stroną inicjującą może być SS bądź BS:
 - Tworzenie połączenia dynamicznego: DSA-REQ, DSA-RSP (Dynamic Service Addition Request/Response)
 - Zakończenie połączenia dynamicznego: DSD-REQ, DSD-RSP (Dynamic Service Deletion Request/Response)
 - Możliwość renegocjacji parametrów QoS w trakcie trwania połączenia.

Tryby SS (Transmisja UL)

- SS zawsze żąda kredytów na każde połączenie osobno (Per Connection)– nie zbiorczo.
- **GPC (Grant Per Connection)**
 - BS przydziela kredyty każdemu połączeniu osobno.
 - Mechanizm scentralizowany.
 - Zwalnia SS z obsługi skomplikowanego algorytmu.
 - Słabo skalowalny.
 - Duży ruch kontrolny.
- **GPSS (Grant Per SS)**
 - BS przydziela kredyty SS, który wie jak rozdzielić je pomiędzy obsługiwane połączenia.
 - Szybsza reakcja SS na zmieniające się warunki transmisji.
- Im bardziej wymagający jest zastosowany typ PHY, tym bardziej rekomendowany jest tryb GPSS.

Klasy połączeń

- **CG (Continuous Grant) / UGS (Unsolicited Grant Service)**
 - Usługi wymagające transmisji paczek danych o stałej wielkości, co określony przedział czasu.
 - Stała charakterystyka ruchu.
 - Regularny przydział kredytów.
 - Przykłady: ATM CBR, E1/T1, VoIP bez redukcji ciszy
 - Parametry QoS: MRTR, ML, TJ, R/TP.
- **rtPS (real-time Polling Service)**
 - Zmienna intensywność ruchu, ale wymagana obsługa real-time.
 - Regularny przydział czasu, w którym połączenie może żądać kredytów.
 - Przykłady: strumień MPEG, VoIP z redukcją ciszy
 - Parametry QoS: MRTR, MSTR, ML, R/TP.
- **nrtPS (non-real-time Polling Service)**
 - Tolerancja na opóźnienia.
 - Zapewniana jest minimalna i maksymalna przepływność.
 - Połączenia same „ubiegają się” o możliwości transmisyjne.
 - Pilne przekazy danych.
 - Parametry QoS: MRTR, MSTR, TP, R/TP.
- **Best Effort**
 - Parametry QoS: MSTR, TP, R/TP.

Unsolicited Grant Service

- BS przydziela elementy transmisyjne w ramce UL co określony czas.
- Wielkość elementów pozwala na przeniesienie zadeklarowanego ruchu + **GMSH** (może być większa).
- **Grant Management SubHeader:**
 - **Slip Indicator (SI)** – wskazuje na przekroczenie długości kolejki.
 - **Poll-me (PM)** – pozwala na otrzymanie zapytania o przydział pasma dla połączenia innego typu.

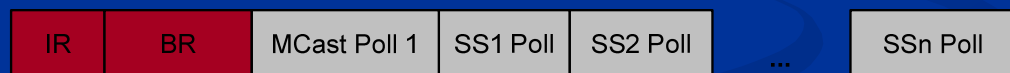
Dynamiczny przydział pasma

- **Polling** – przydzielanie pasma dla zgłaszania żądań pasma (unicastowy / multicastowy / broadcastowy).
- **Grant Management SH** – piggy-backing lub Poll-me.
- **Zgłoszenie rywalizacyjne** podczas BW. W efekcie SS otrzymuje przydział pasma na przesłanie żądania.

Downlink

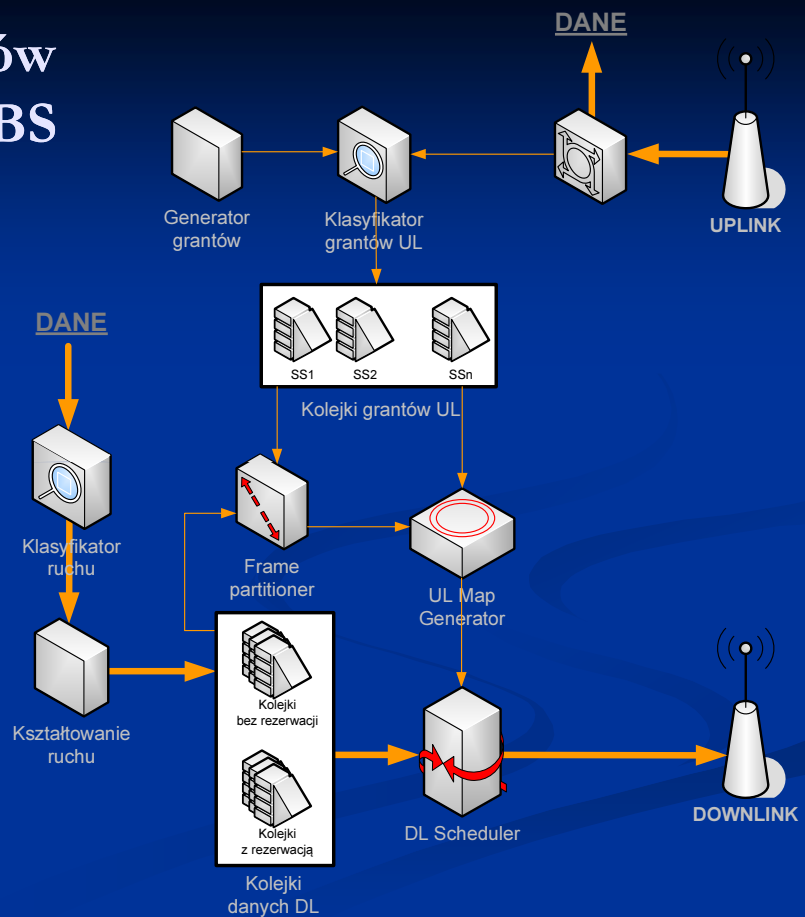


Uplink



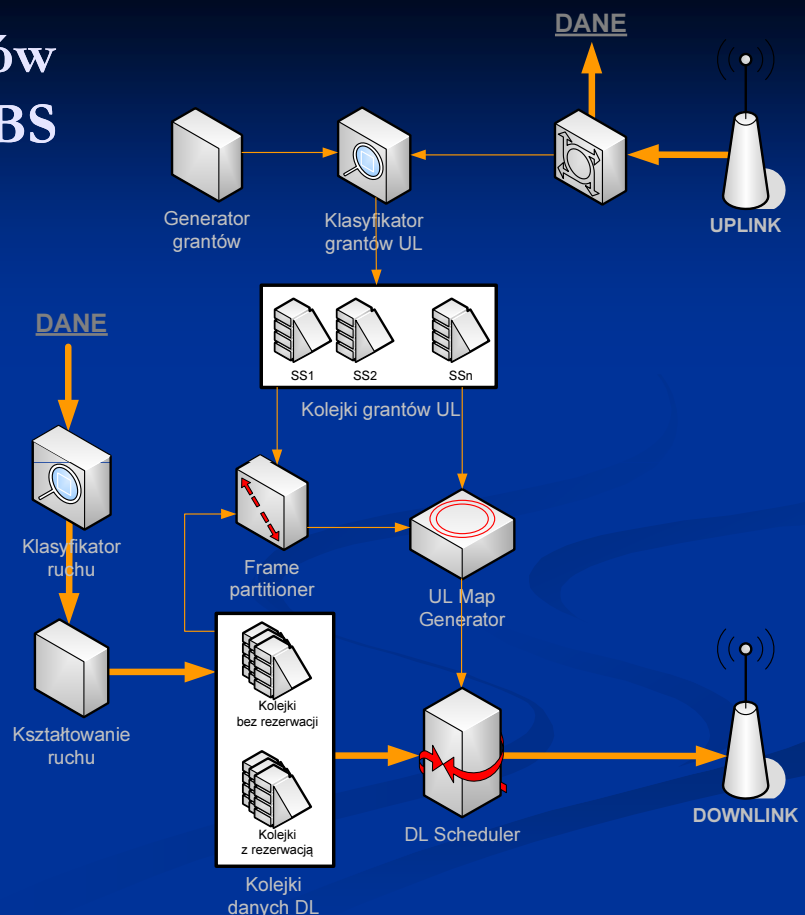
Schemat elementów systemu QoS dla BS

- **Klasyfikator ruchu** – przydziela pakiet do odpowiedniego połączenia
- **Kształtowanie ruchu** – kontrola i zmiana char. ruchu
- **Generator grantów** – generuje granty transmisyjne, zgodnie ze stanem łącza RF.
- **Klasyfikator grantów UL** – przydziela granty do konkretnych SS



Schemat elementów systemu QoS dla BS

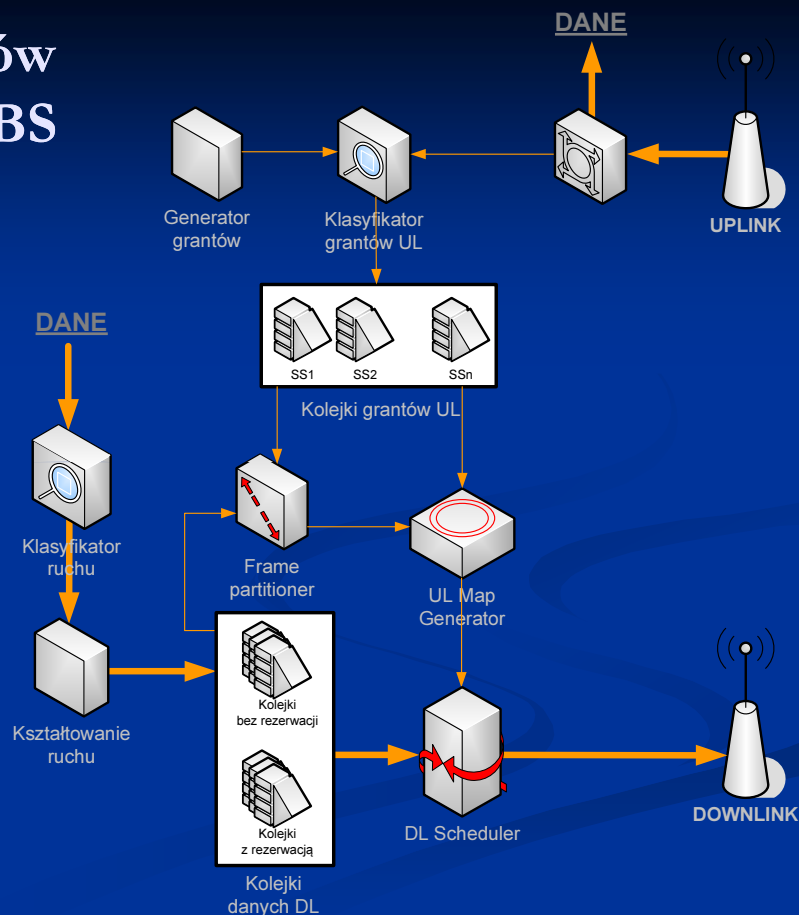
- **Frame partitioner** – dzieli pasmo pomiędzy Uplink i Downlink.
- **UL Map Generator** – przydziela pasmo poszczególnym SS
 - zapewnia sprawiedliwy podział pomiędzy SS,
 - kolejność transmisji zależy od wymagań czasowych usług CG.



Schemat elementów systemu QoS dla BS

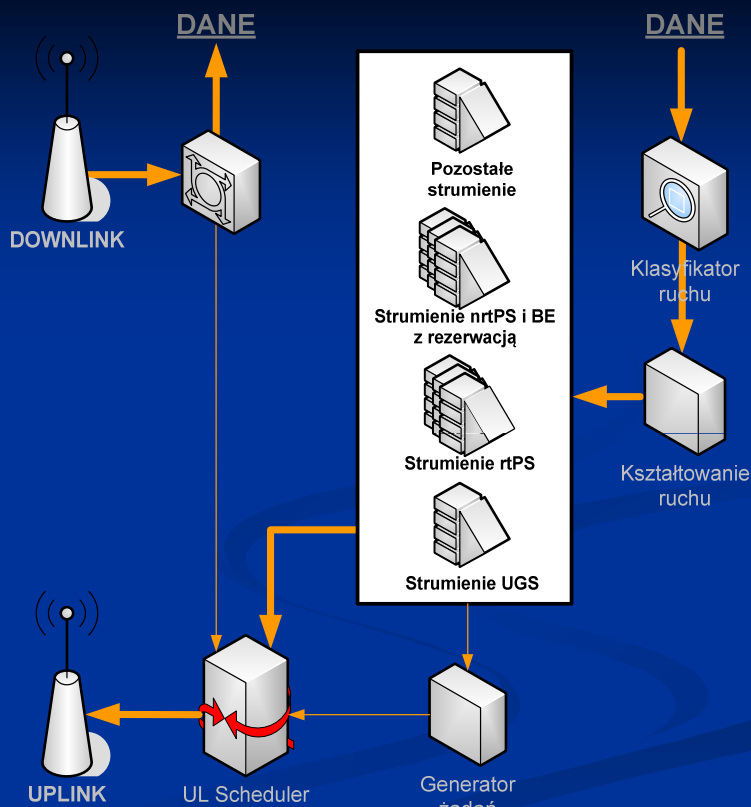
- **DL Scheduler** – kieruje dane do transmisji, zgodnie z otrzymanymi grantami

- strumienie z rezerwacjami są obsługiwane z pomocą WFQ,
- niewykorzystane pasmo przydzielane jest pozostałym strumieniom.



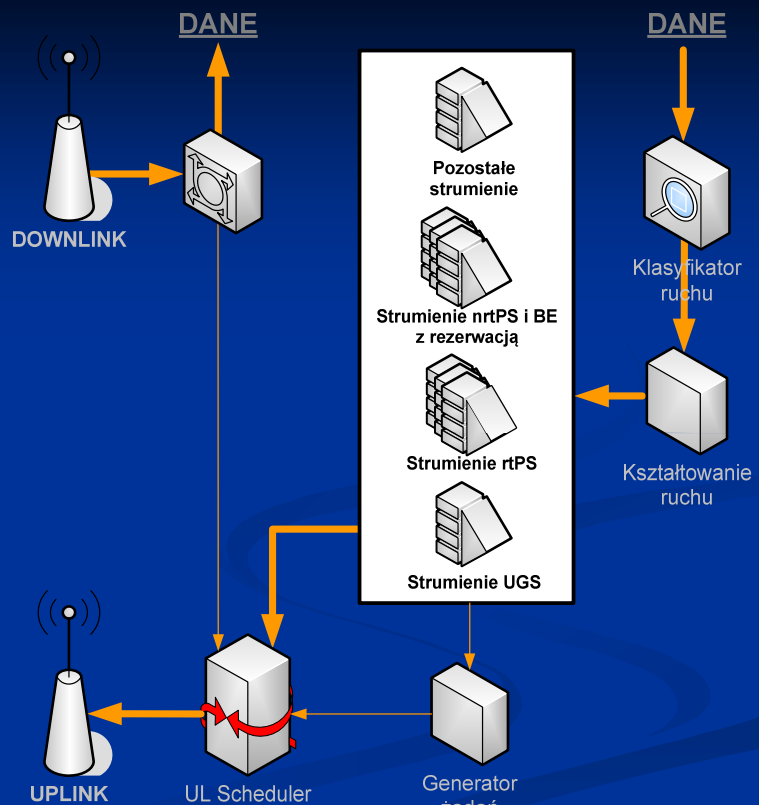
Schemat elementów systemu QoS dla SS

- **Klasyfikator ruchu** – przydziela pakiet do odpowiedniego połączenia
- **Kształtowanie ruchu** – kontrola i zmiana char. ruchu
- **Generator żądań** – generuje żądania pasma, bazując na długości kolejek.



Schemat elementów systemu QoS dla SS

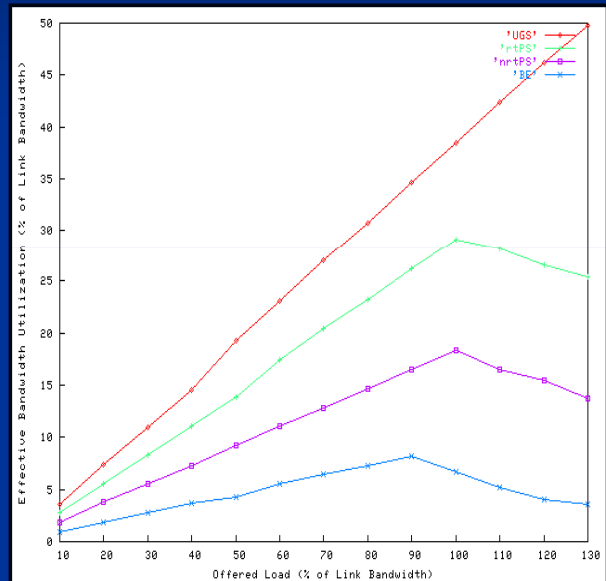
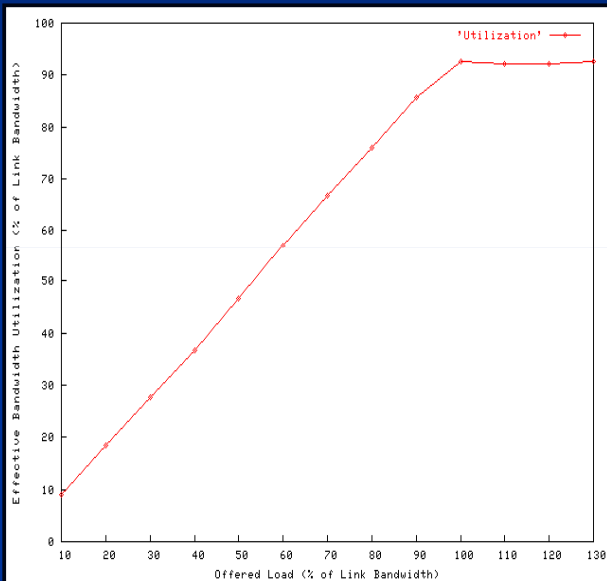
- **Uplink Scheduler** – kieruje dane do transmisji
 - osobna kolejka dla każdego strumienia poza BE nrtPS (bez rezerwacji),
 - kolejki podzielone na 4 kategorie,
 - najpierw obsługiwane są strumienie UGS,
 - następnie, z użyciem WFQ, strumienie rtPS i nrtPS z rezerwacją,
 - niewykorzystane pasmo przydzielane jest pozostałym strumieniom.



Oszacowanie efektywności przyjętych rozwiązań

Efektywne pasmo (obciążenie)

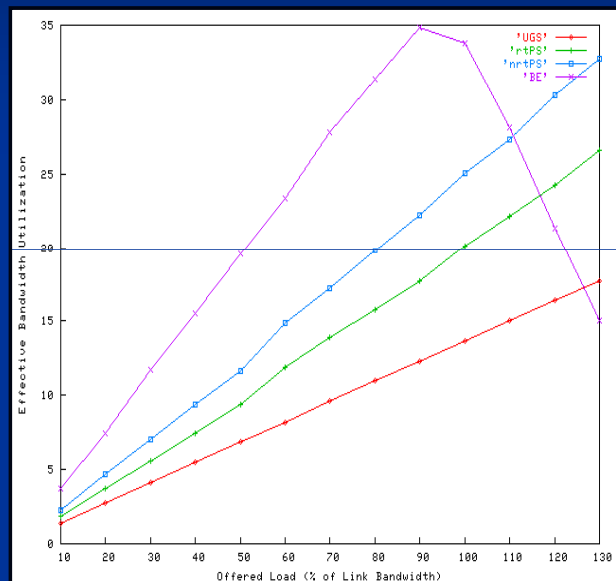
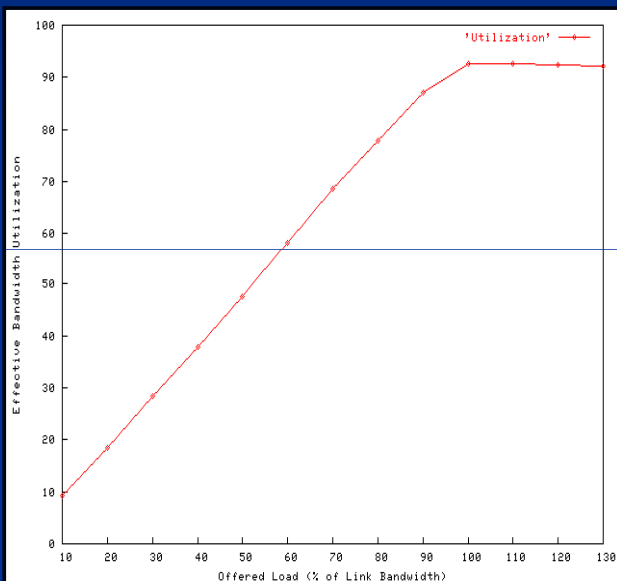
UGS > rtPS > nrtPS > BE



Maksymalne, efektywne wykorzystanie pasma ~ 93%

Efektywne pasmo (obciążenie)

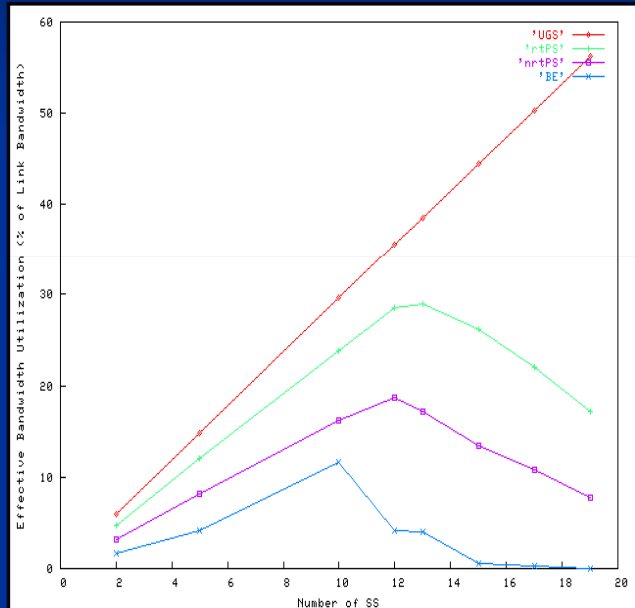
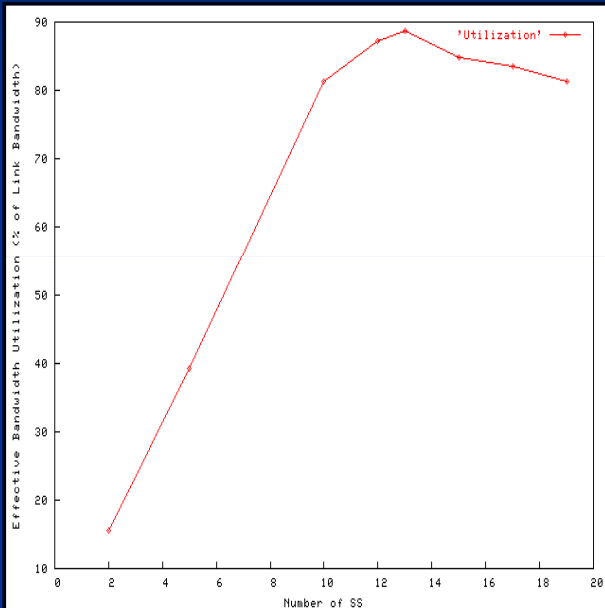
UGS < rtPS < nrtPS < BE



Maksymalne, efektywne wykorzystanie pasma ~93%

Efektywne pasmo (liczba SS)

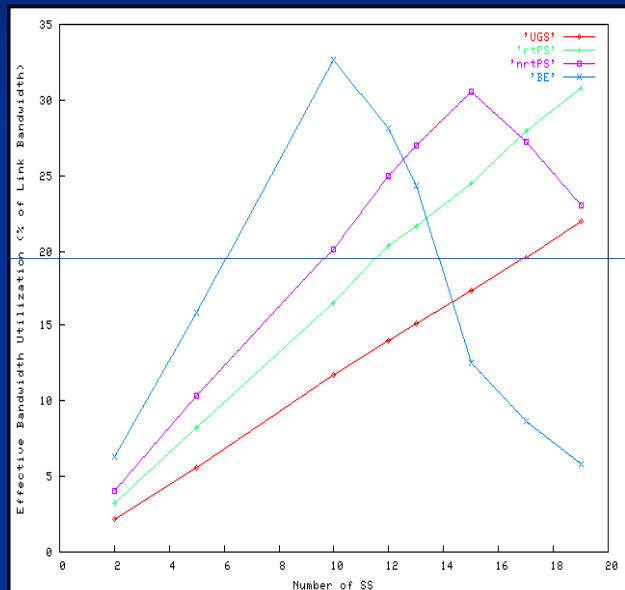
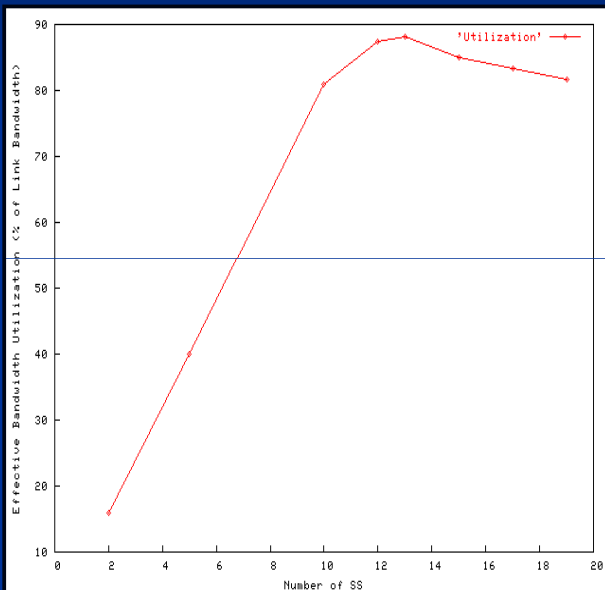
UGS > rtPS > nrtPS > BE



Maksymalne, efektywne wykorzystanie pasma ~ 88%

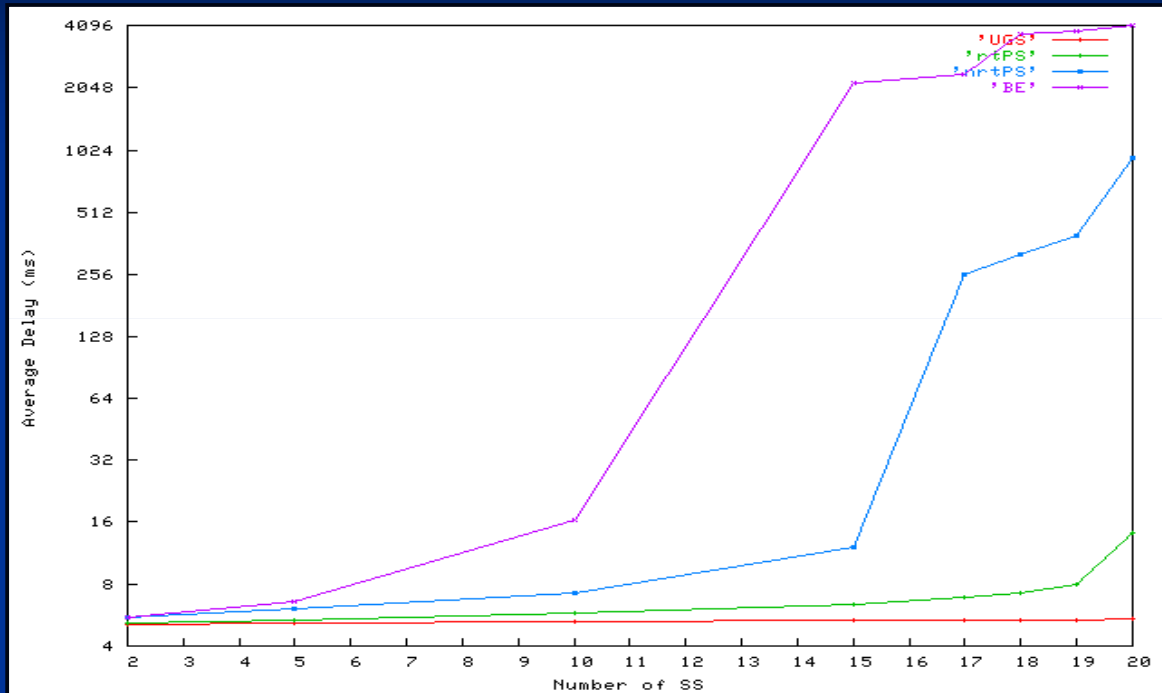
Efektywne pasmo (liczba SS)

UGS < rtPS < nrtPS < BE



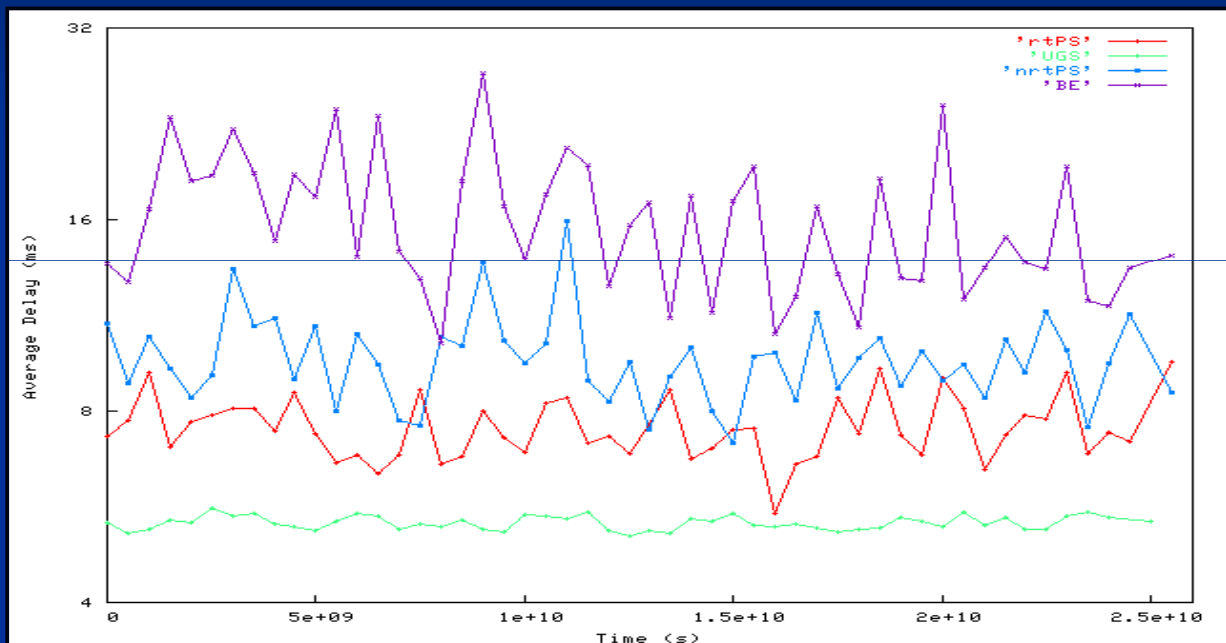
Maksymalne, efektywne wykorzystanie pasma ~ 88%

Średnie opóźnienie (liczba SS)



Maksymalna liczba stacji ~ 15

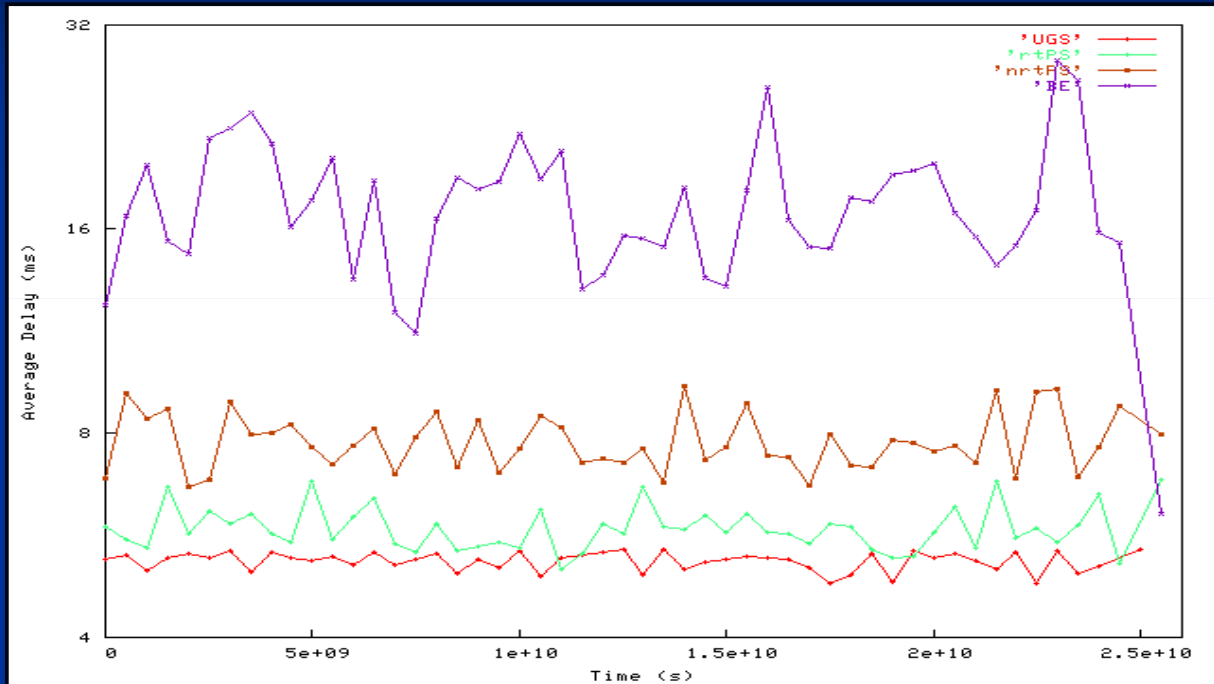
Średnie opóźnienie UGS > rtPS > nrtPS > BE



UGS oraz rtPS – niskie opóźnienia

Średnie opóźnienie

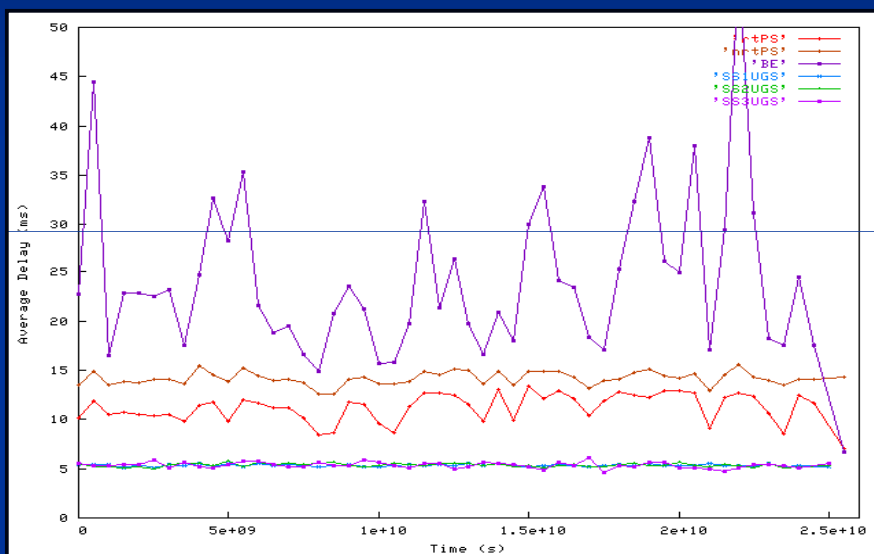
UGS < rtPS < nrtPS < BE



UGS oraz rtPS – niskie opóźnienia.

Średnie opóźnienie

Trzy stacje wykorzystujące różne profile QoS.



SS₁ – UGS, rtPS

SS₂ – UGS, nrtPS

SS₃ – UGS, BE

Zachowany zostaje sprawiedliwy podział zasobów pomiędzy SS.

Usługi w sieciach standardu 802.16

Scenariusze wykorzystania

■ Sieci prywatne

- szkielet sieci komórkowej,
- szkielet bezprzewodowej sieci dostępowej,
- sieci wewnętrzne MAN,
- bezpieczeństwo publiczne,
- komunikacja przybrzeżna,
- sieci tymczasowe MAN.

■ Sieci publiczne

- bezprzewodowa sieć dostępowa,
- komunikacja na terenach bez infrastruktury.

Usługi

	Flexible Architecture	High Security	WiMAX QoS	Quick Deployment	Multi-Level Service	Interoperability	Portability	Mobility	Cost-Effective	Wider Coverage	NLOS	High Capacity
Cellular Backhaul				X					X			X
WSP Backhaul				X					X			X
Banking Networks	X	X	X						X		X	
Education Networks	X		X						X	X		
Public Safety	X	X	X	X			X	X			X	
Offshore Communications	X		X				X	X		X	X	
Campus Connectivity	X	X	X									X
Temporary Construction			X	X			X				X	
Theme Parks	X		X				X	X			X	
WSP Access Network		X	X		X	X			X		X	X
Rural Connectivity			X			X			X	X		
Military Battlefield	X	X		X			X	X				

Usługi warstwy aplikacji

Class Description	Real Time?	Application Type	Bandwidth
Interactive Gaming	Yes	Interactive Gaming	50 - 85 kbps
VoIP, Video Conference	Yes	VoIP	4 - 64 kbps
		Video Phone	32 - 384 kbps
Streaming Media	Yes	Music/Speech	5 - 128 kbps
		Video Clips	20 - 384 kbps
		Movies Streaming	> 2 Mbps
Information Technology	No	Instant Messaging	< 250 byte messages
		Web Browsing	> 500 kbps
		Email (with attachments)	> 500 kbps
Media Content Download (Store and Forward)	No	Bulk Data, Movie Download	> 1 Mbps
		Peer-to-Peer	> 500 kbps

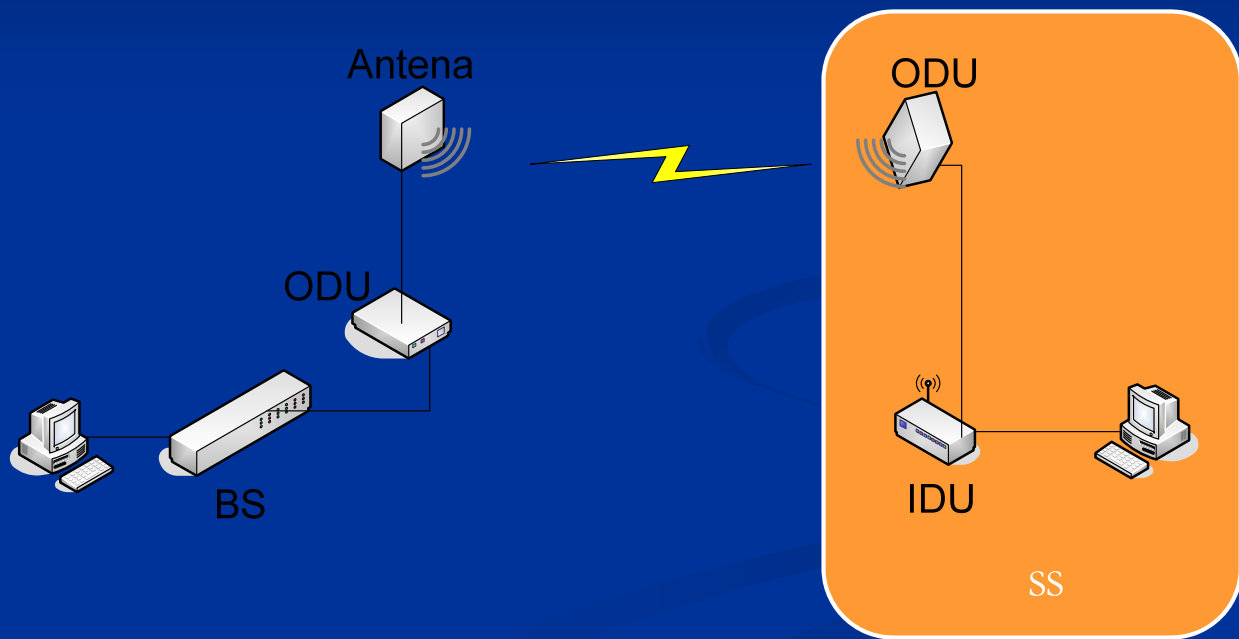
Instalacja WiMax na PG

Instalacja pilotażowa WETI

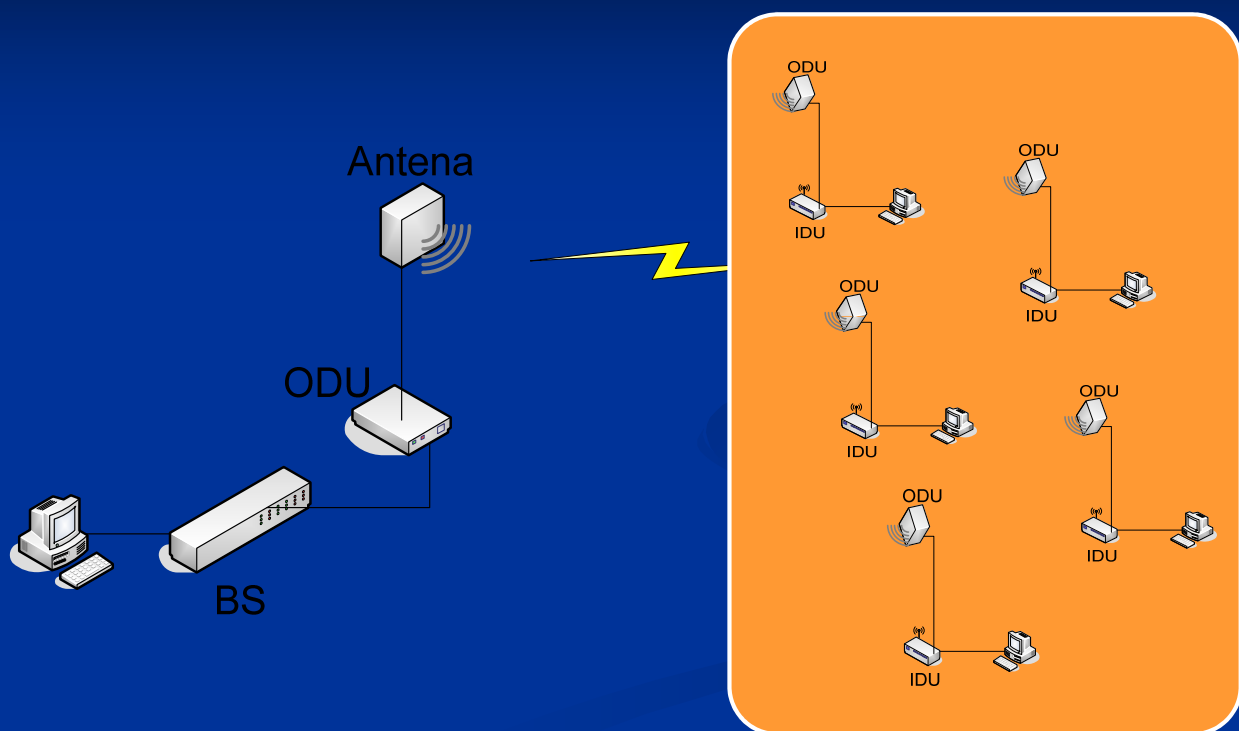
- Oparta o sprzęt firmy Alvarion:
 - Stacja bazowa BreezeMAX w wersji micro (1-2 sektorów),
 - 5 terminali klienckich wraz z routerami dostępowymi, wyposażonymi w interfejsy WiFi.



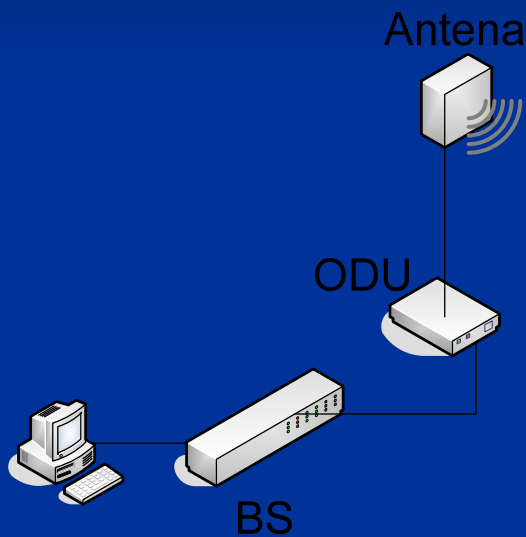
Elementy instalacji WiMax



Elementy instalacji WiMax



Stacja bazowa (BS)

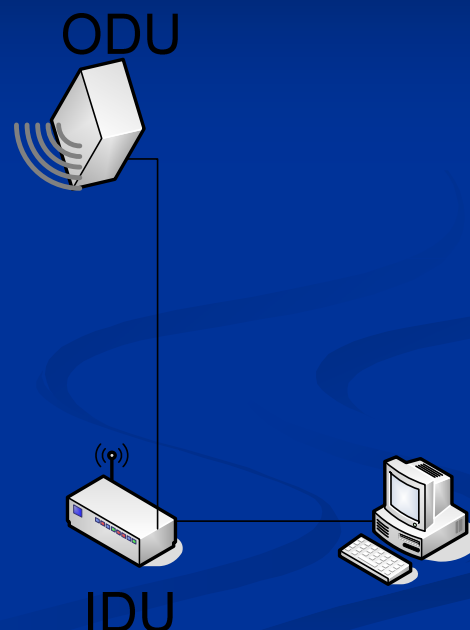


- Antena sektorowa, szerokość wiązki w płaszczyźnie poziomej 90°
- ODU – Outdoor Access Unit, pełni funkcję modemu radiowego, warstwa fizyczna
- BS – Micro Base Station, realizuje funkcje systemu WiMax, warstwa łącza danych i wyższe
- komputer pozwala zarządzać stacją bazową oraz może pełnić funkcję generatora/analizatora ruchu IP

CITCOM-PW 2007

Stacja kliencka (SS)

- SS – stacja kliencka – ang. Subscriber Station
- ODU – Outdoor Access Unit, pełni funkcję modemu radiowego, warstwa fizyczna
- IDU – Indoor Access Unit, realizuje funkcje systemu WiMax, warstwa łącza danych i wyższe
- komputer pozwala zarządzać stacją kliencką oraz może pełnić funkcję generatora/analizatora ruchu IP



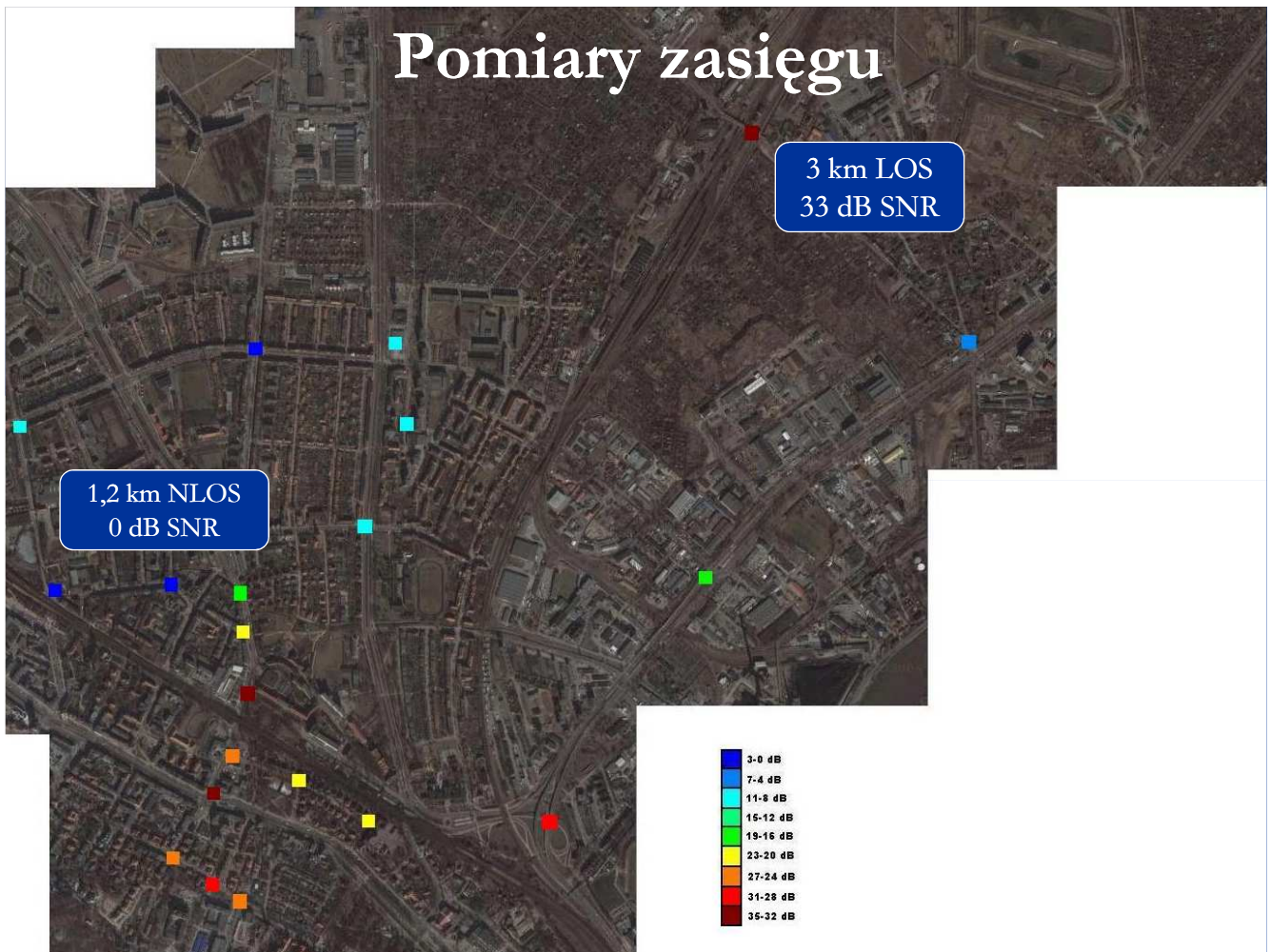
Zasięg w bezpośrednim sąsiedztwie



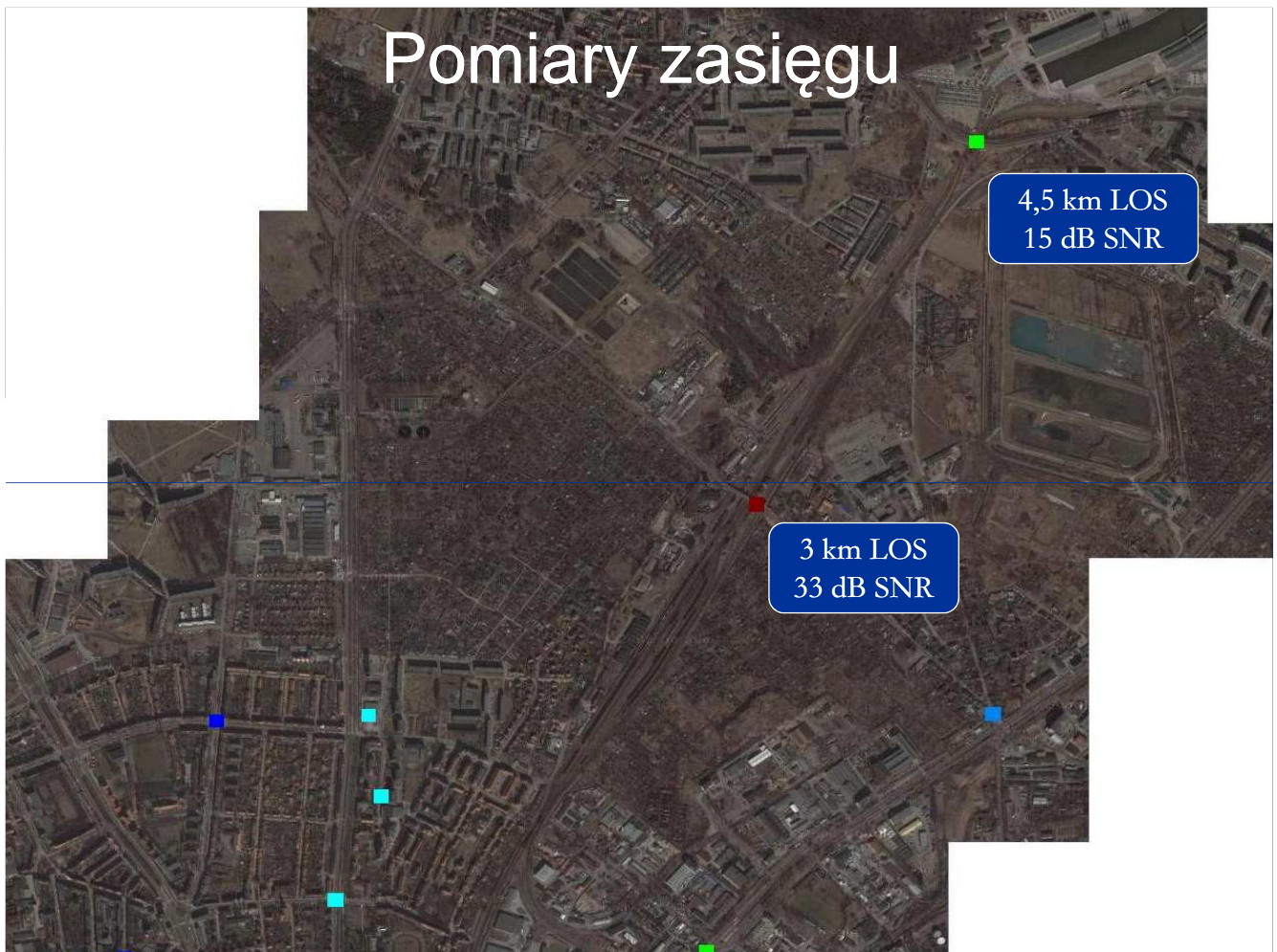
Zasięg bliski



Pomiary zasięgu



Pomiary zasięgu



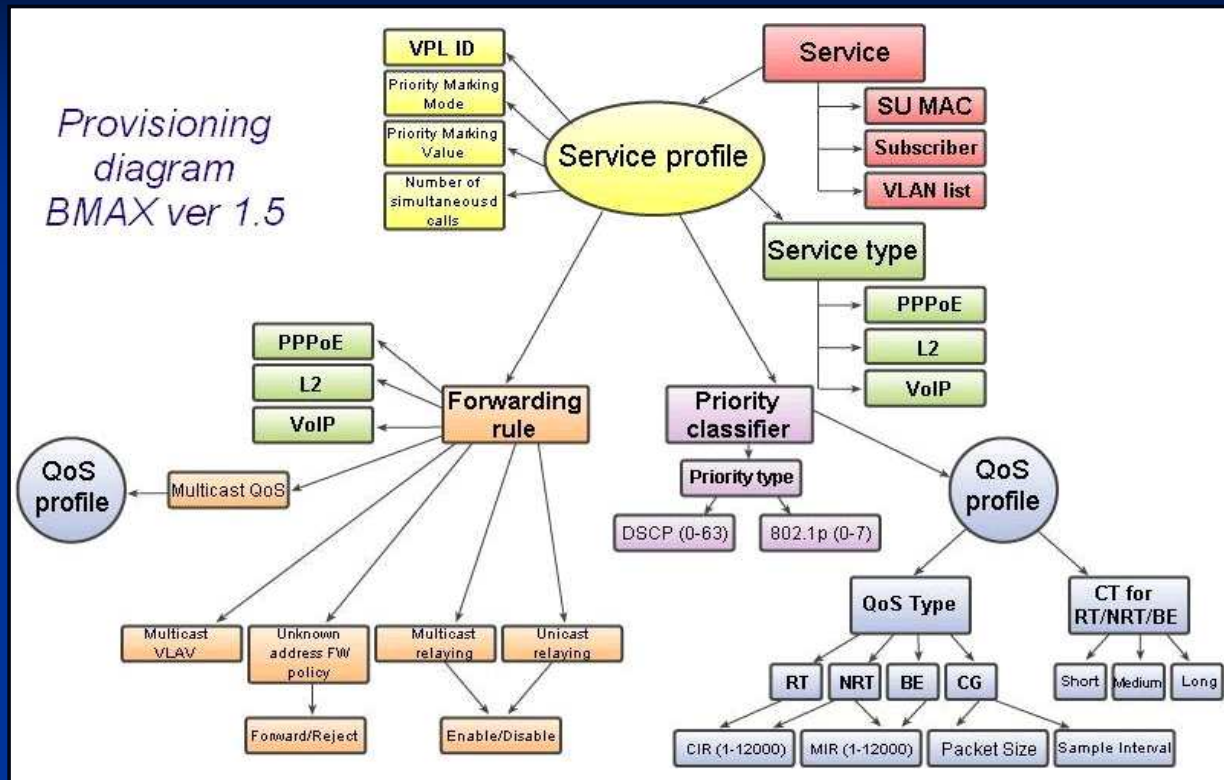
Pomiary zasięgu



System BreezeMAX

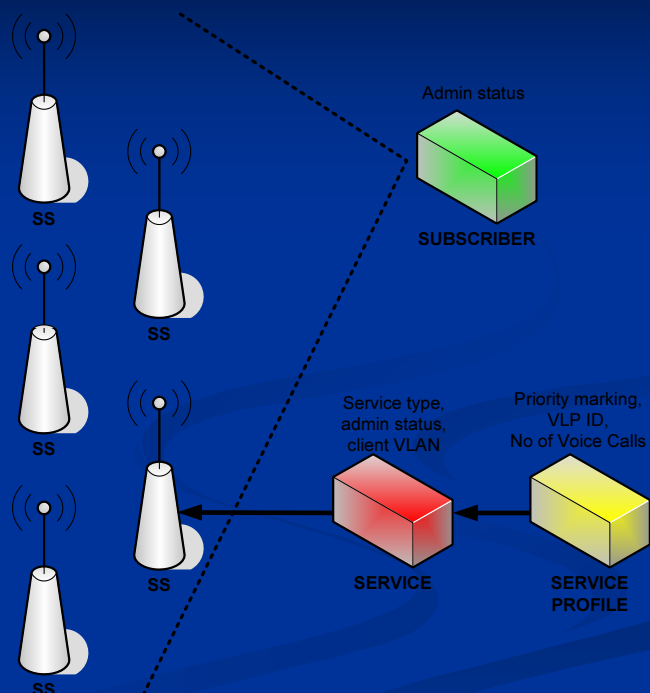
firmy Alvarion

BreezeMAX QoS



BreezeMAX QoS

- **Klient (Subscriber)** – posiada grupę terminali (SU).
- **Subscriber unit (SU)** – fizyczny terminal użytkownika.
- **Usługa (Service)** – komunikacja pomiędzy terminalem klienta, a zasobem sieciowym. Składa się z 1-4 połączeń w UL i DL.
- **Profil usługi (Service profile)**
 - klasyfikator (Priority based Classifier),
 - reguły przekazywania (Forwarding rules),
 - VLAN ID/ VPL ID.



Typu usług (Service)

■ L2 (Layer 2) Data Service

- Zapewnia transport ramek sieci Ethernet pomiędzy sieciami operatora oraz klientów.

■ PPPoE Data Service

- Zapewnia połączenie pomiędzy urządzeniami PPPoE po stronie klienta, oraz koncentratorom tych połączeń (PPPoE Access Concentrator) po stronie operatora.
- Inny typ ruchu jest odrzucany.
- UL: Jedynym punktem docelowym ruchu jest PPPoE AC.
- DL: Broadcast dopuszczalny tylko w przypadku jeszcze nieznanymi adresów.

■ Voice Service

- Przeznaczony do obsługi systemów VoIP, wykorzystujących protokół DRAP (Dynamic Resource Allocation Protocol).
- System automatycznie obsługuje zestawianie połączeń wraz z zachowaniem QoS.

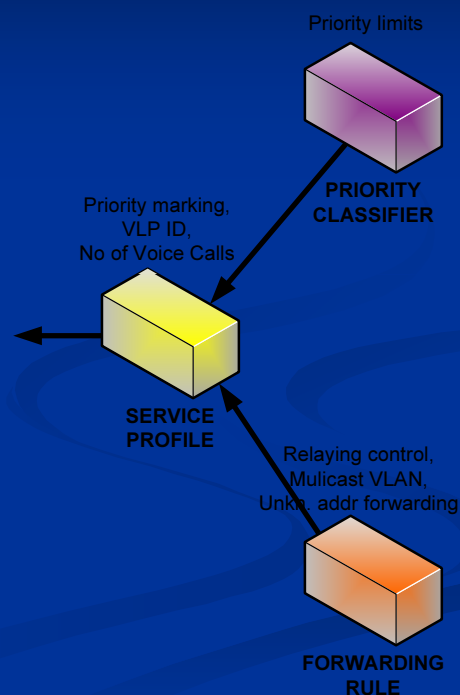
Klasyfikator i reguła przekazywania

■ Forwarding Rule – pozwala na:

- Unicast Relaying Control,
- Unicast Forwarding Control,
- Kontrolę ruchu multicast'owego:
 - kierowanie do osobnego VLANu,
 - przydzielenie profilu QoS.
- Ustalenie sposobu traktowania ruchu pod nieznane adresy.

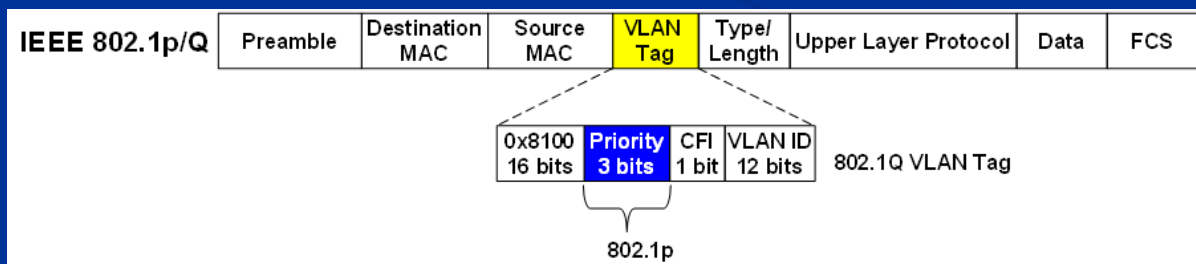
■ Priority classifier

- Pozwala na skierowanie ruchu danej usługi do jednego z 8 połączeń, o zróżnicowanym profilu QoS:
 - 4 połączeń Uplink,
 - 4 połączeń Downlink
- Klasyfikacja ruchu odbywa się z pomocą znaczników:
 - w warstwie 2: 802.1p
 - w warstwie 3: DSCP (Differentiated Services Code Point).



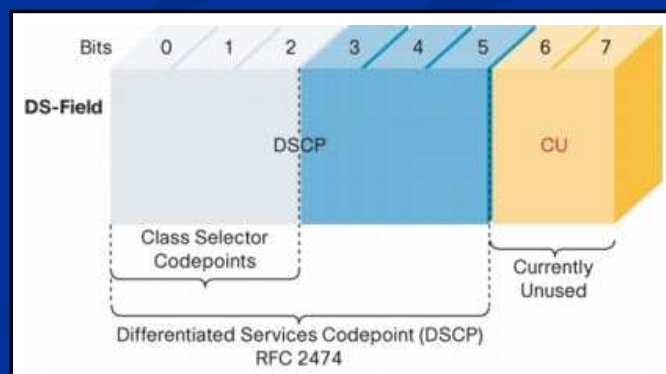
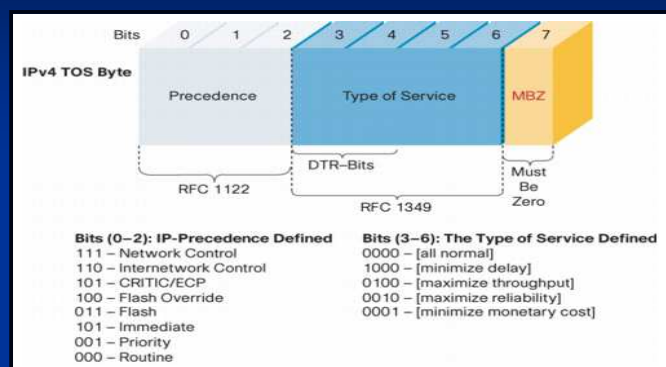
802.1p

- Warstwa 2 ISO-OSI: łączy danych.
- Wykorzystuje pole **Payload type**, dla umieszczenia dodatkowego pola w nagłówku.
- Zwiększa długość ramki o 16 bitów (maksymalna: 1522 bajtów).
- Znacznik ten pozwala na:
 - określenie przynależności ramki do sieci VLAN,
 - ustalenie priorytetu ramki w 8 stopniowej skali (0-7).
- Konieczność obsługi sprzętowej i ryzyko niestabilnej pracy przy niekompatybilnym sprzęcie.

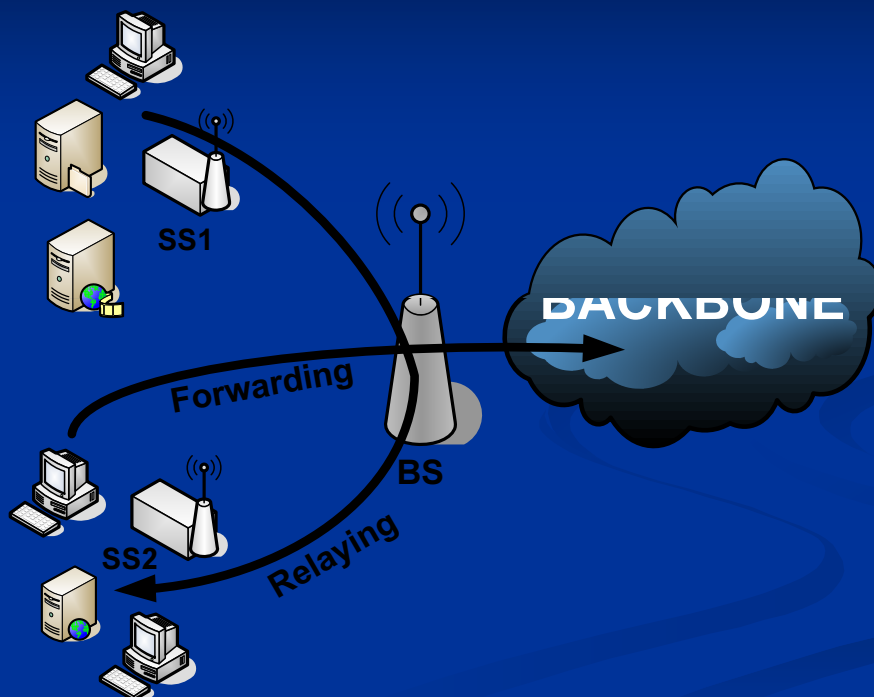


Differentiated Services Code Point (DSCP)

- Warstwa 3 ISO-OSI: sieciowa.
- Wykorzystuje fragment dawnego pola Type of Service (TOS) nagłówka IP.
- Umożliwia oznaczenie pakietu jedną z 64 wartości (0-63).
- Kompatybilne ze starym oznaczeniem ToS.



Forwarding / relaying

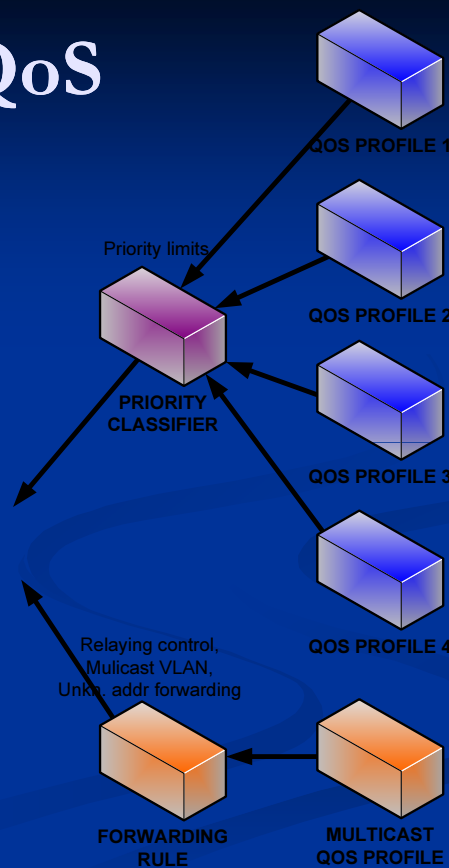


Profil QoS

- Zawiera definicję parametrów obsługi danego strumienia danych.

Klasę oraz jej parametry:

- **CG:** Packet Size, Sampling Interval.
- **rtVBR:** CT, CIR.
- **nrtVBR:** CT, CIR, MIR.
- **BE:** MIR.



Type: L2, PPPoE, VoIP
Parameters: CT, CIR, MIR, Packet Size, Sample Interval

Parametry QoS

- **Committed Time (CT)** [RT, NRT, BE]
 - Przedział czasu dla którego badana jest zgodność z kontraktem QoS (50 ms – 1 s).
- **Committed Information Rate (CIR)** [RT, NRT, BE]
 - Szybkość transmisji gwarantowana przez system.
- **Maximum Information Rate (MIR)** [RT, NRT, BE]
 - Maksymalna dopuszczana przez system szybkość transmisji .
- **Packet size** [CG], **Sampling Rate** [CG]
 - Ilość danych (packet size) oczekiwana co przedział czasu (sampling rate).

DRAP

- Dynamic Resource Allocation Protocol
- Protokół firmy Alvarion, służący **integracji usług Voice over IP z systemem WiMAX**.
- Automatycznie przydziela i likwiduje połączenia typu CG do obsługi połączeń VoIP.
- Pozwala na kontrolę liczby połączeń na sektor oraz SU (konfiguracja BS oraz Service Profile).
- Śledzi zmiany sposobów kodowania połączenia VoIP i dostosowuje przydział pasma.
- Integracja stanu systemu WiMAX z stanem stosu VoIP.
 - Sprawnie działające Admission control.
 - Efektywny i pozbawiony popularnych błędów billing VoIP.

