



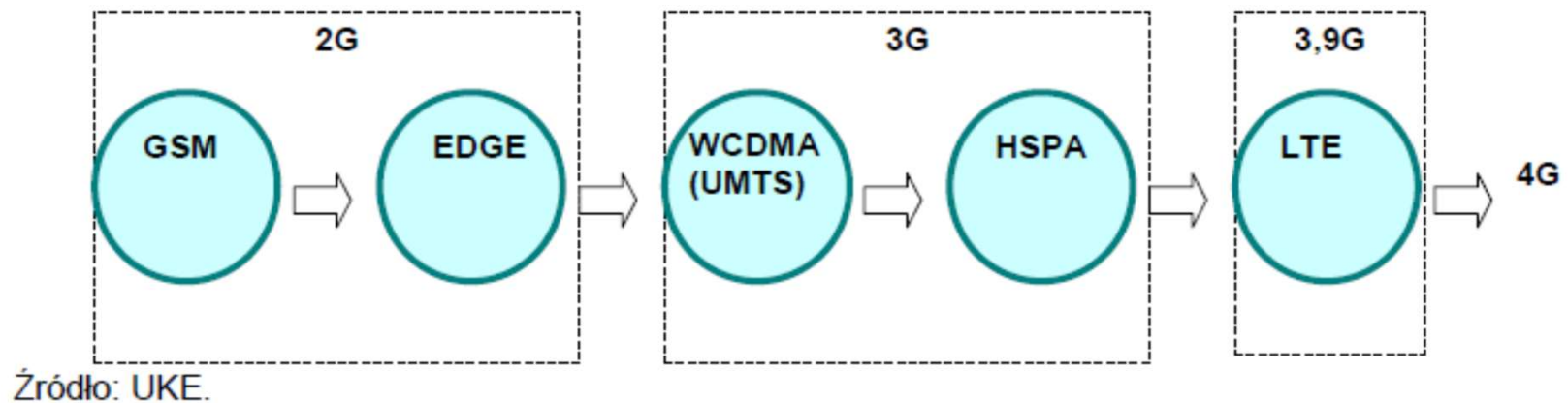
SiST



Dr inż. Małgorzata Langer

Architektura LTE/SAE (*System Architecture Evolution*)

► Ewolucja systemów 3GPP



► Kierunki:

- uproszczenie, zmniejszenie opóźnień
- oparcie się o IP, zmniejszenie kosztów
- rozdzielenie płaszczyzn sterowania i użytkownika
(połączone są stacje, nie sterowniki RNC) - wszystkie funkcje radiowe są tylko w stacjach bazowych
- bardzo szybkie adaptacje do kolejnych wersji i rozbudowy

Kierunki zmiany architektury

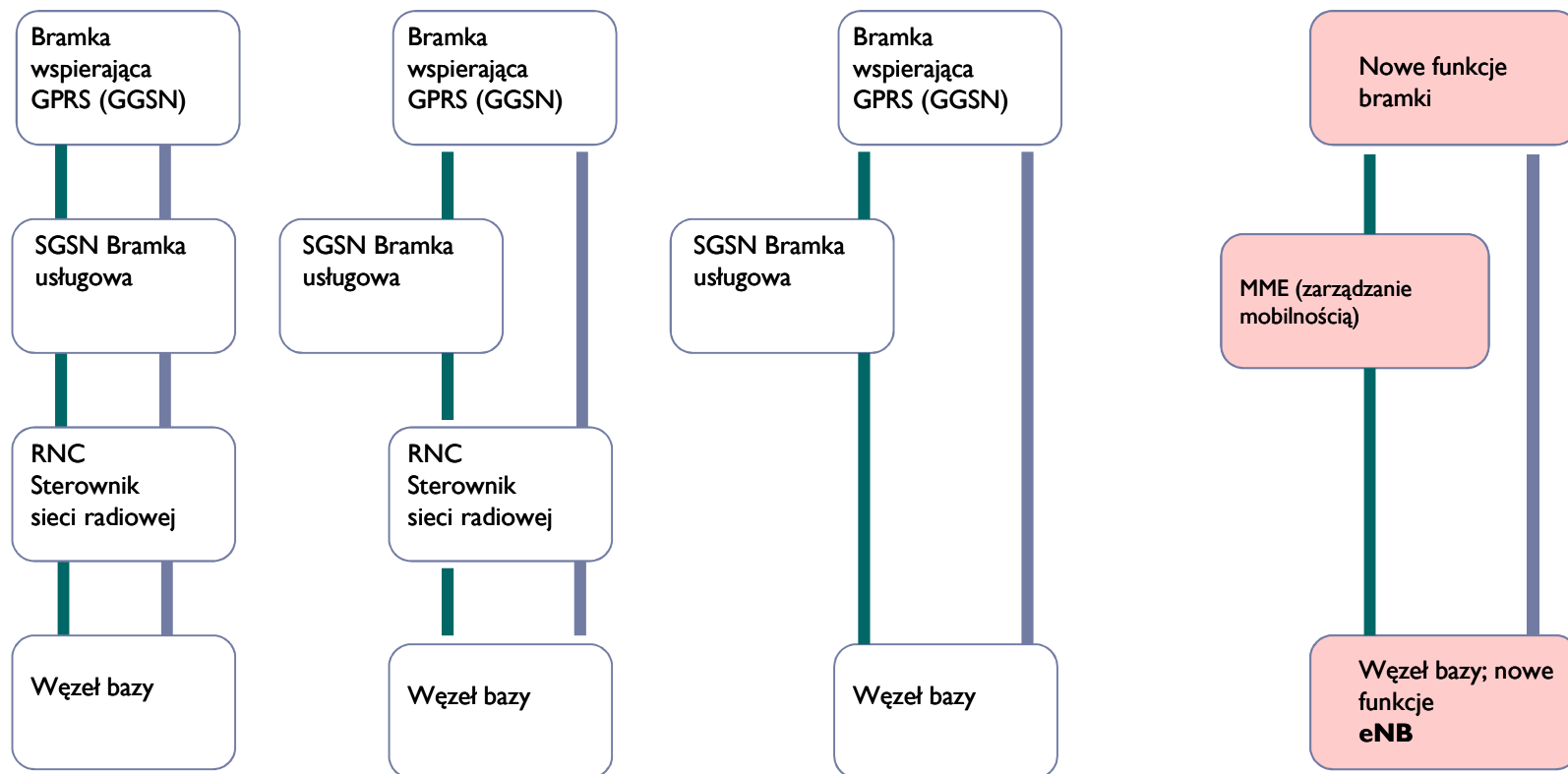
interfejsy sterowania interfejsy użytkownika

UMTS

HSPA (tunel 3G)

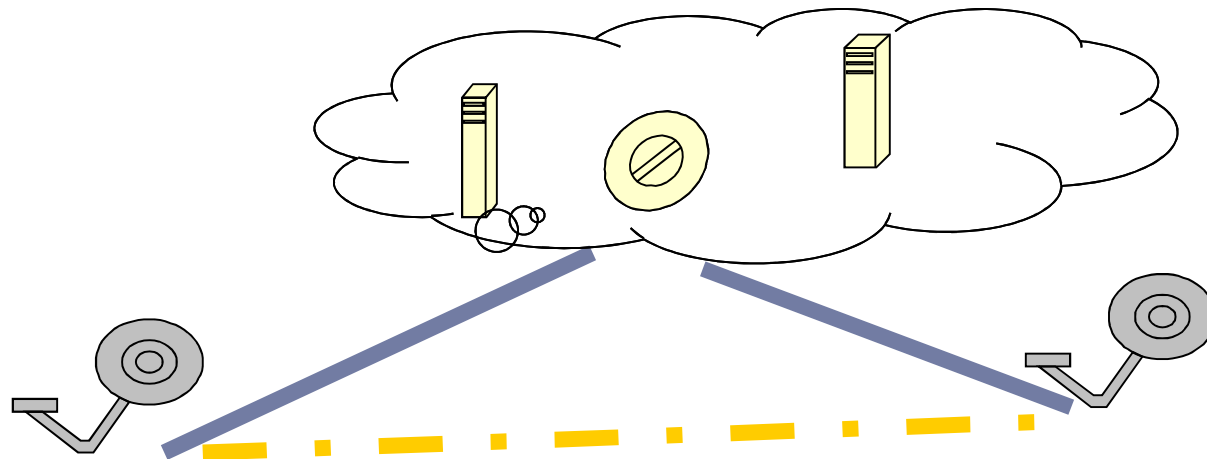
HSPA (Rel. 8)

LTE



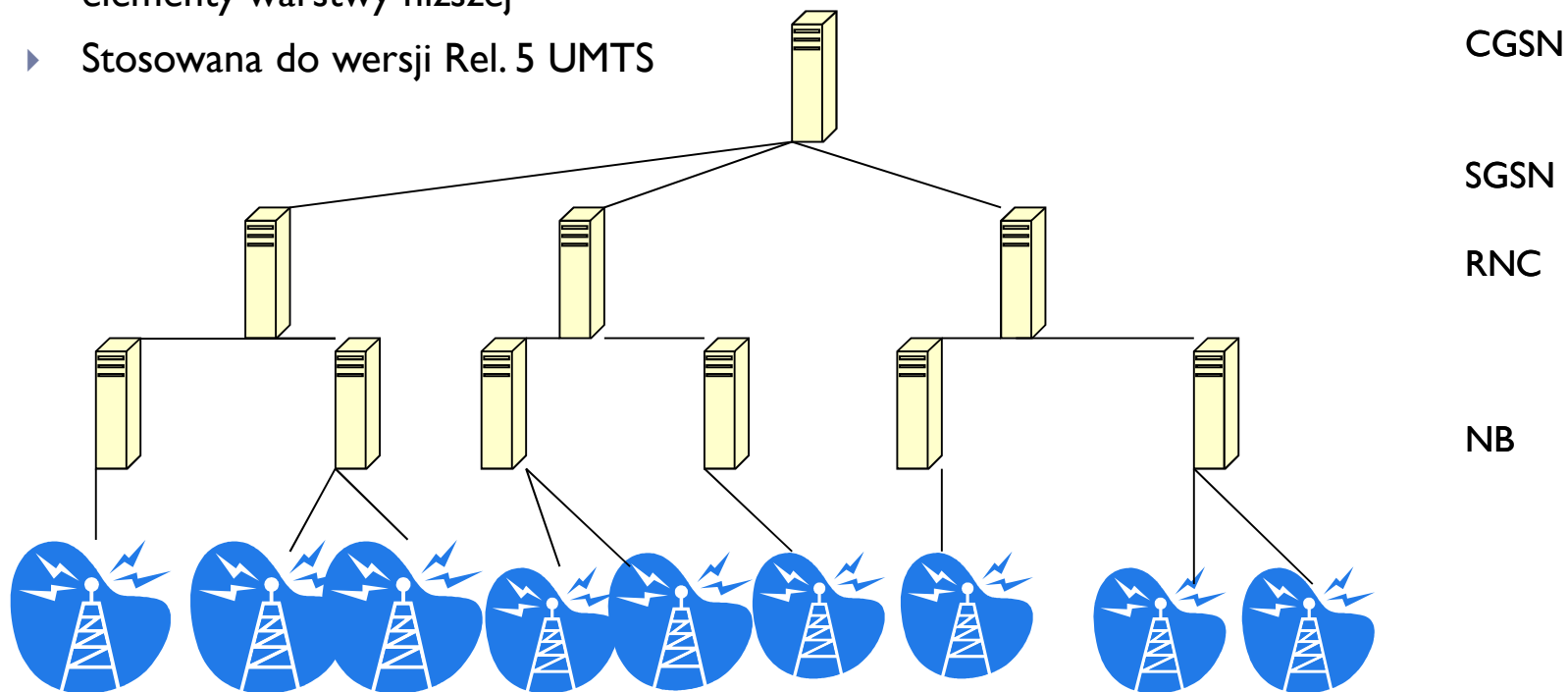
Interfejs logiczny i fizyczny

- ▶ Interfejs **X2**, łączący stacje bazowe, opiera się na połączeniach logicznych. Ścieżka fizyczna może być zupełnie odmienna.



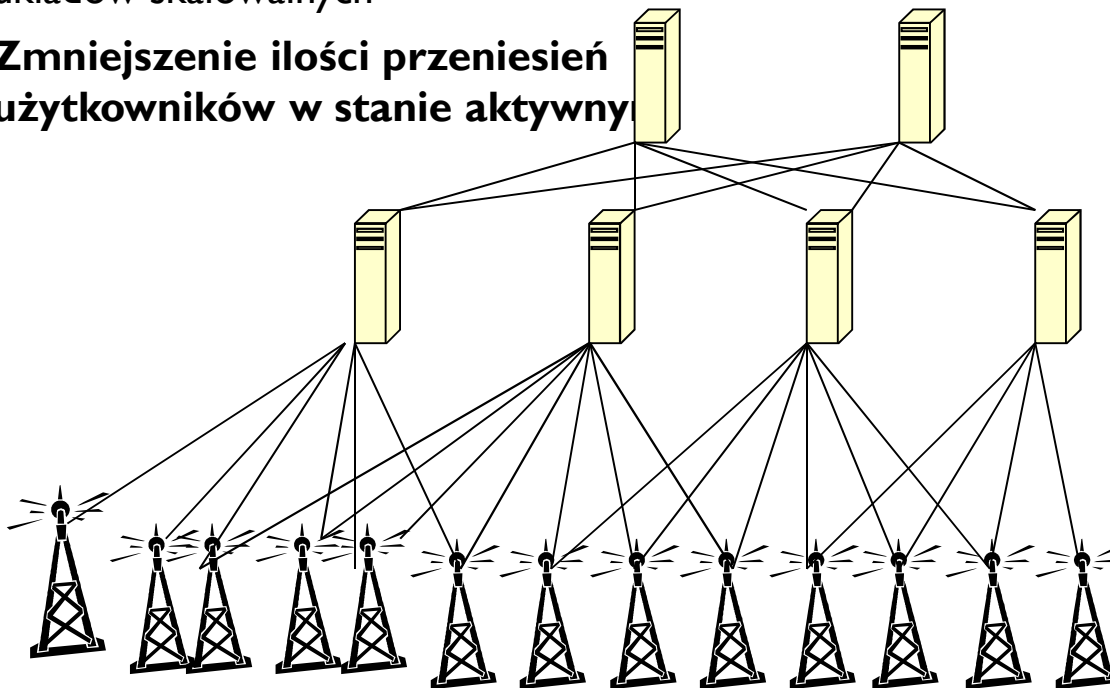
Klasyczna, hierarchiczna (drzewo) topologia 2G/3G

- ▶ Element warstwy wyższej ma jednoznacznie określone podległe elementy warstwy niższej
- ▶ Stosowana do wersji Rel. 5 UMTS



Elastyczna topologia – 4G

- ▶ Pojedyncza awaria elementu nie powoduje awarii całej ścieżki lub systemu
- ▶ Łatwość zrównoważenia obciążenia i układów skalowalnych
- ▶ **Zmniejszenie ilości przemieszczeń użytkowników w stanie aktywny**



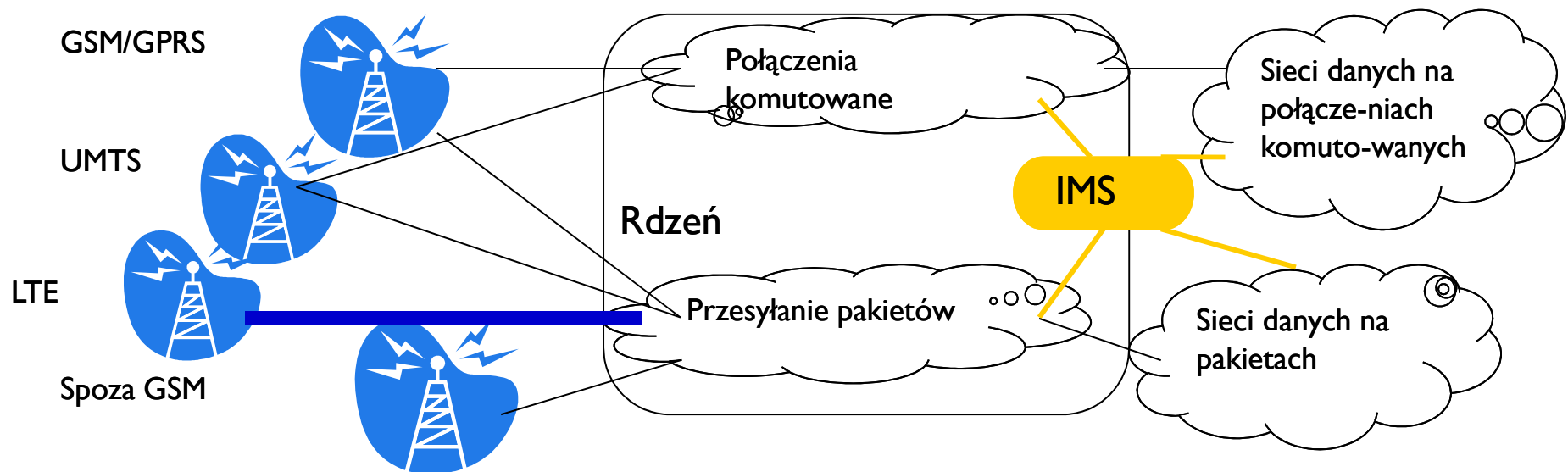
PDN GW

Usługowa GW MME


eNB

Transmisja danych – transmisja głosu – stan obecny

- ▶ LTE przeznaczona jest wyłącznie do pakietów, nie ma planów rozwoju rdzenia połączeń komutowanych (obwodów przełączalnych)
- ▶ Rdzeń 3GPP w przypadku rozmowy telefonicznej przerzuca połączenie do technologii spoza 3GPP
- ▶ Integralną częścią rdzenia pakietowego jest (ma być) IMS (IP Multimedia Subsystem) oparty na protokole Inicjalizacji Sesji (SIP), który będzie realizował VoIP



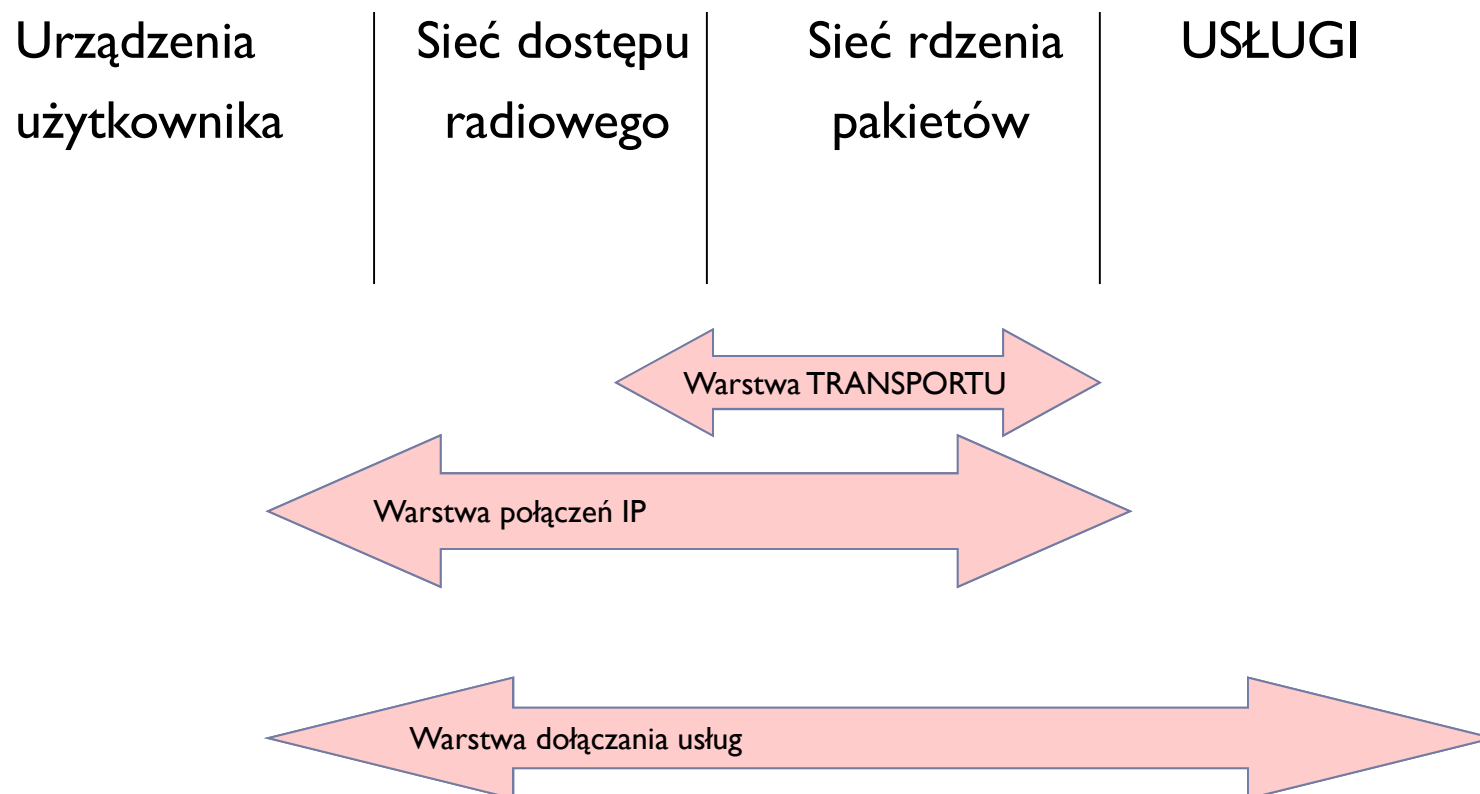
Współpraca z innymi technologiami dostępu

- ▶ Absolutnie konieczne jest zachowanie płynnej współpracy z GSM/GPRS oraz UMTS - zachowanie niezauważalnego przenoszenia
- ▶ Powinno być możliwe współdziałanie z innymi technologiami (zwłaszcza CDMA 2000)
- ▶ Przejście LTE → UMTS i inne powinno odbyć się w 50  10 ms
- ▶ „Seamless mobility” – użytkownik nie powinien zauważać zmiany stacji bazowej
- ▶ Jedynym punktem przechowującym pojedynczy IP powinna być bramka

Przejście z zasięgu UMTS do LTE

- ▶ Sieci są niezależne; zostaje nadany nowy adres IP – połączenie IP musi zostać ustanowione od początku
- ▶ Możliwe, że nastąpi restart aplikacji
- ▶ Przy przełączaniu nastąpi długie zakłócenie w świadczeniu usługi

Warstwowa struktura LTE umożliwia niezależny rozwój poszczególnych dziedzin



Dwa rozwiązania mobilnego IP

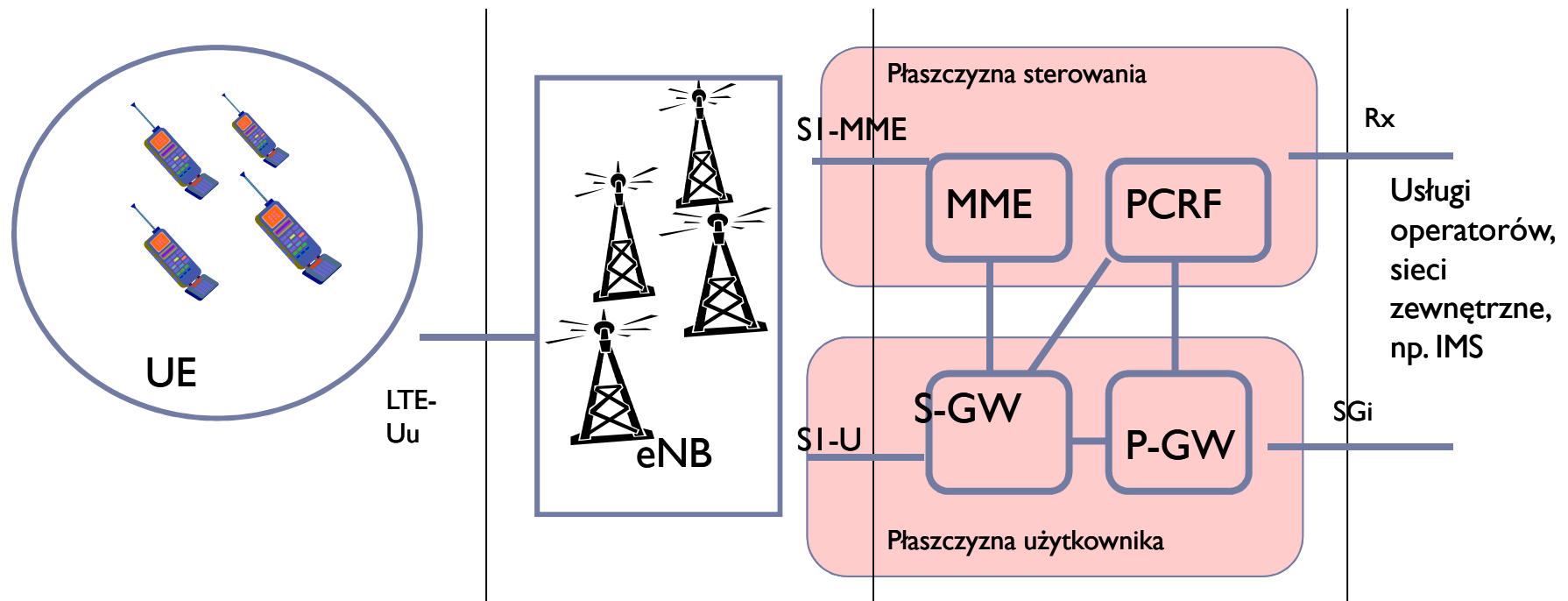
▶ 1.W oparciu o klienta

- Klient pozostaje w terminalu
- IP tuneluje pomiędzy terminalem i P-GW
- Działa ten sam w dowolnej sieci
- Zmiana sieci jest dla IP przeźroczysta
- Rozwiązanie upraszcza sieć

▶ 2.W oparciu o sieć

- Funkcje pozostają w sieci dostępu
- Wsparciem ruchu będzie przełączenie tunelu
- Możliwe dodatkowe funkcje w sieci
- Sieć utrzymuje kontrolę
- Rozwiązanie upraszcza terminal

Wyraźne rozdzielenie płaszczyzny sterowania i użytkownika



BRAMKA PAKIETÓW – P-GW (*Packet Data Network Gateway*)

- ▶ Brzegowy router w płaszczyźnie użytkownika, pomiędzy rdzeniem pakietów a zewnętrznymi sieciami pakietów danych
- ▶ Najwyższy poziom dla strumieni usług IP
- ▶ Uwaga: już w P-GW może nastąpić odrzucanie pakietów (*drop*), aby nie zapychać ścieżki; „zasadnicze” odrzucanie następuje w eB
- ▶ **Funkcje:**
 - alokacja i routing IP
 - głęboka kontrola pakietów – filtr pakietów dla pojedynczych użytkowników
 - obciążanie za poziom usługi
 - zwiększanie prędkości we wiązce DL



Jednostka zarządzająca mobilnością - **MME** (Mobility Management Entity) – płaszczyzna sterowania

- ▶ Zawiera protokół NAS (*Non Access Stratum*) – sygnały kontrolne, nie przenoszące danych (te ostatnie w warstwie Access)
- ▶ Najważniejsze **funkcje**:
 - Autentyfikacja i rejestracje
 - obsługa funkcji bezpieczeństwa, sterowanie zabezpieczeniem Access Stratum
 - zarządzanie listą Tracking Area List (spis wszystkich użytkowników w stanie nieaktywnym (idle), wyborem MME lub SGSN (*Serving GPRS Support Node*) przy przeniesieniu do następnej komórki (*handover*)
 - sterowanie fizycznym doręczycielem (*bearer*) pakietów
 - zarządzanie profilem abonenta i przyłączaniem usług

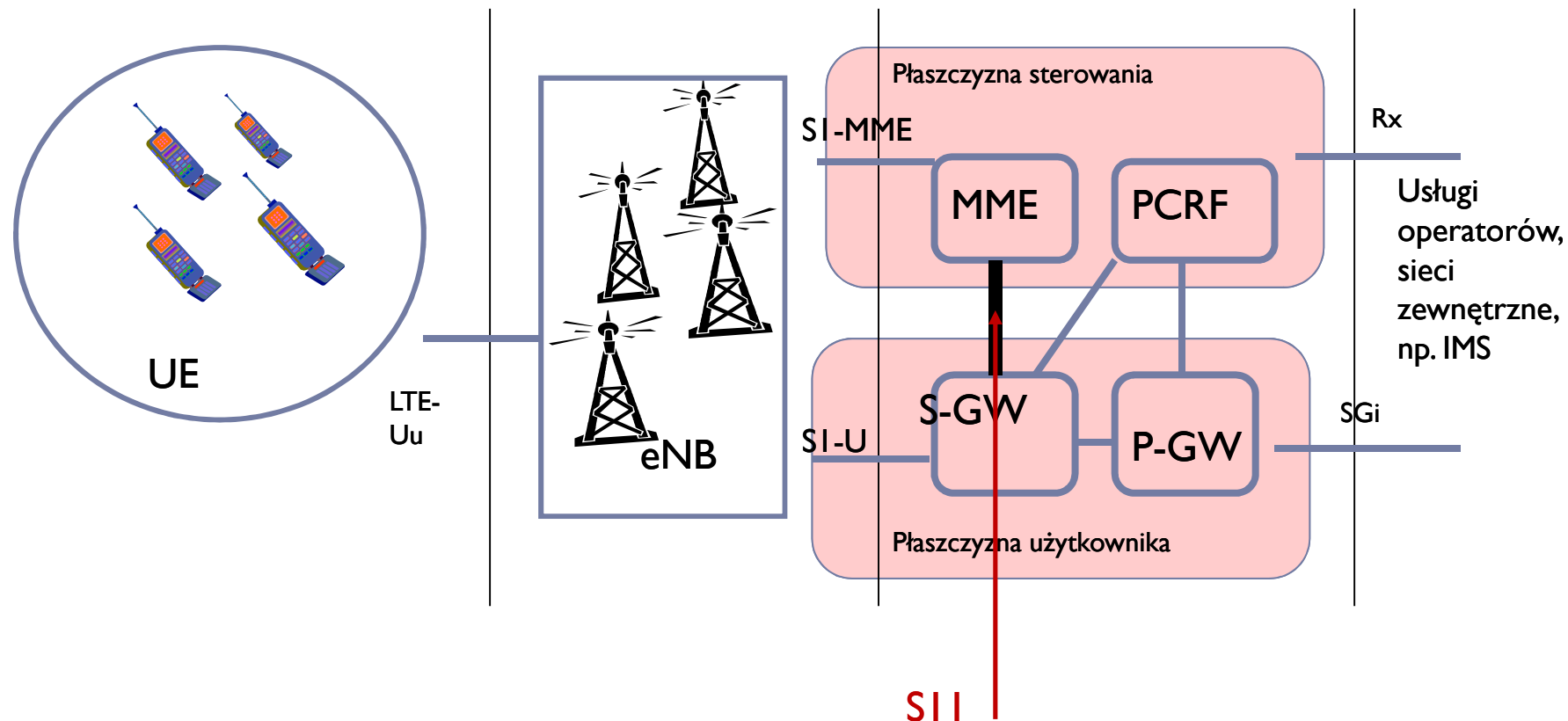
Płaszczyzna użytkownika – S-GW (*Serving Gateway*) – bramka przekazująca

- ▶ Pojedyncza bramka zarządzająca przenoszącym tunelem i przełączająca niektóre funkcje sterujące
- ▶ Możliwe są dwa rozwiązania: GTP lub Proxy Mobile IP
- ▶ **Funkcje:**
 - kotwica dla urządzeń mobilnych wewnątrz 3GPP (użytkownik zachowuje to samo IP po przejściu do następnej komórki, może nie zauważyć przełączenia)
 - wyznaczanie trasy (*routing*) i kierowanie (*forwarding*) pakietów (włącznie z legalnym wstrzymaniem)
 - naliczanie kosztów na pojedynczych użytkowników za UL/DL, wg klas jakości, na poszczególne sieci pakietów (PDN)

RDZEŃ PAKIETÓW – PCRF (Policy & Charging Resource Function)

- ▶ Serwer – jako część centrum łączeniowego operatora
- ▶ **Funkcje** – prowadzenia polityki i sterowania obciążeniami
- ▶ Nadawanie reguł wymuszających działania bramek
- ▶ Decyzje o realizacji funkcji QoS w sieci

Wyraźne rozdzielenie płaszczyzny sterowania i użytkownika

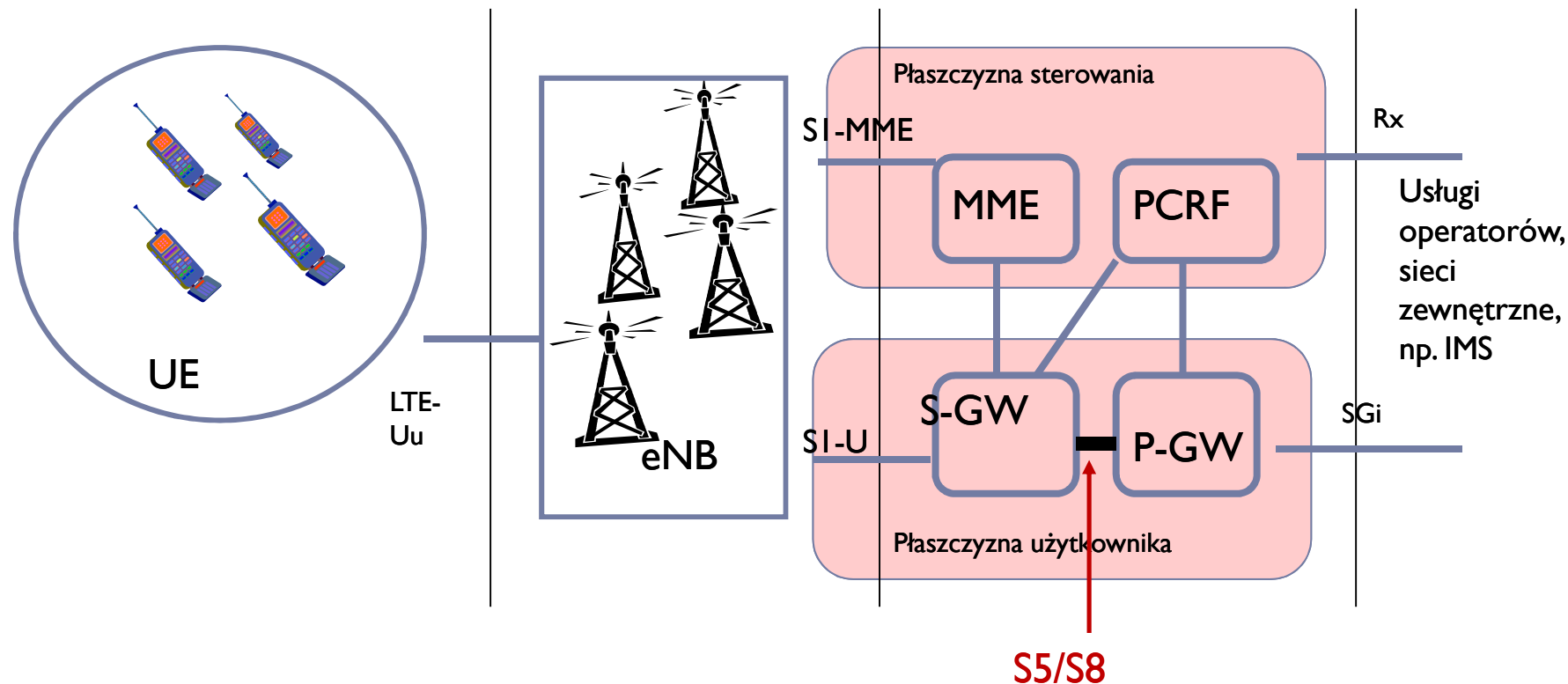


Interfejs S11

- ▶ Łączy MME i S-GW
- ▶ Tworzy i zarządza sesjami
- ▶ Relokuje S-GW przy przełączeniu komórek
- ▶ Komunikaty wywoływane są zazwyczaj wydarzeniami w MME (sygnały NAS pomiędzy UE i MME, podłączenie, rozłączenie użytkownika, komunikat o przełączeniu komórek, zarządzanie sesjami)



Wyraźne rozdzielenie płaszczyzny sterowania i użytkownika

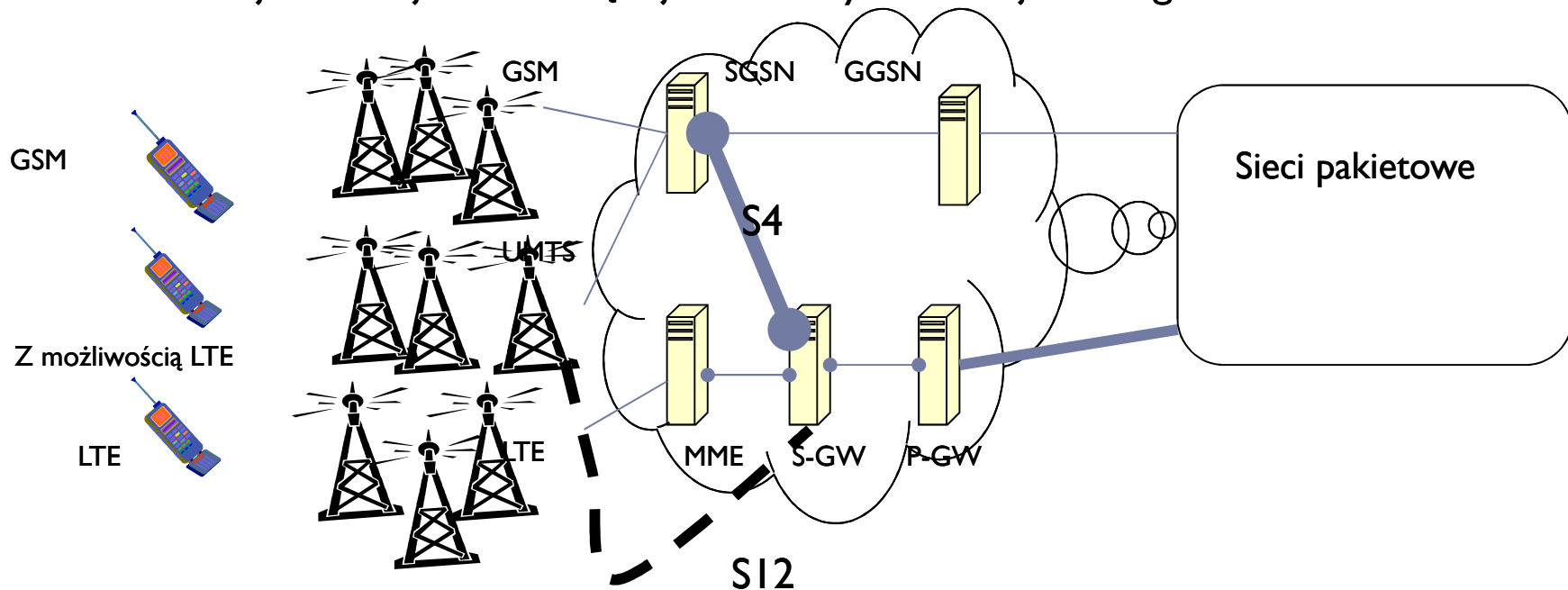


Interfejs S5/S8

- ▶ Łączy bramki S-GW i P-GW
- ▶ **S8 używane tylko przy roamingu** (GW znajduje się w zewnętrznej sieci)
- ▶ **S5 zarówno** przy roamingu, jak i w tej samej sieci taryfowej, gdy zarówno S-GW, jak i PDN-GW są w sieci zewnętrznej
- ▶ Dla usług IP powstaje tu stos dla płaszczyzny sterującej (Proxy Mobile IP), jak i tunel na płaszczyźnie użytkownika GRE – (*Generic Routing Encapsulation*)

RDZEŃ PAKIETÓW – SGSN (Serving GRPS Support Node)

- ▶ Dla użytkownika SGSN wybiera przy przyłączeniu GW LTE
- ▶ W dłuższym czasie GGSN przestanie istnieć
- ▶ Subskrypcja użytkownika zawiera nazwę punktu dostępu (*Access Point Name*)
- ▶ Na dzisiaj nie ma jeszcze więcej określonych funkcji dla tego bloku

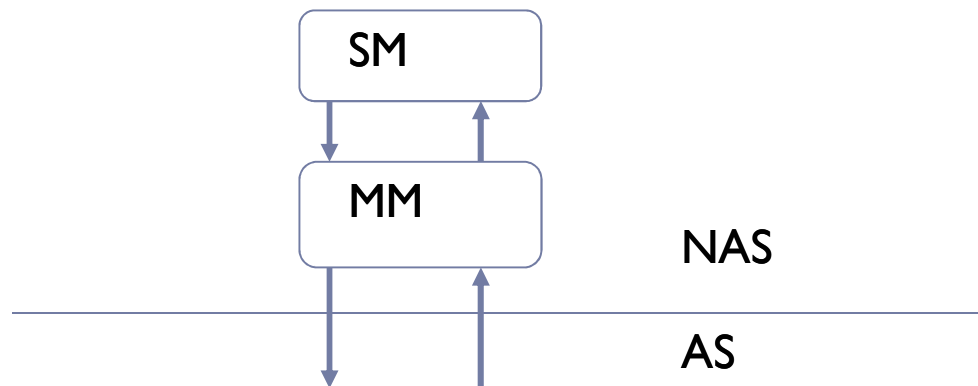


Ruch użytkownika GSM/UMTS – interfejs S4, interfejs S12

- ▶ Potrzebny jest dodatkowy skok w płaszczyźnie użytkownika (dla rozmów telefonicznych)
- ▶ Wprowadza to dodatkowe opóźnienie, szczytowe prędkości HSPA (*High Speed Packet Access*) mogą nie być osiągnięte
- ▶ Wprowadza się dodatkowy interfejs pomiędzy RNC (*Radio Network Controller*) a S-GW
- ▶ Zdefiniowano również dodatkowy (opcjonalny interfejs) od UMTS do S-GW, umożliwiający przełączanie w drugą stronę przy transmisji pakietów (S12) – bezpośredni tunel HSPA dla użytkownika. SGSN zachowuje funkcję sterowania

Warstwa sygnałów sterujących – Non Access Stratum

- ▶ NAS dla EPS (*Evolved Packet System*) jest wyspecyfikowana w TS24.301
- ▶ Zawiera:
 - zarządzanie sesją SM (*Session Management*)
 - zarządzanie ruchem użytkownika MM (*Mobility Management*)
- ▶ **SM:** procedury aktywacji, dezaktywacji, modyfikacji kontekstu doręczyciela
- ▶ **MM:** Dołączenie użytkownika (część rejestracji), aktualizacja położenia użytkownika, poufność identyfikacji użytkownika, usługi zarządzania w podsięci SM



Zarządzanie sesją

- ▶ Jest możliwe połączenie do wielu sieci pakietów (PDN) jednocześnie (*np. operator z usługą IMS, sieć korporacji, sieć publiczna...*), oddzielnie dołączając QoS i naliczanie dla każdej z nich.
- ▶ Jeżeli wszędzie będzie używany adres IP w jednej wersji (IPv4 lub IPv6), wystarczy jeden
- ▶ Podstawowe procedury MM żądane przez sieć:
 - **aktywacja/dezaktywacja kontekstu** podstawowego doręczyciela EPS
 - aktywacja/dezaktywacja kontekstu dedykowanego doręczyciela EPS
 - modyfikacja kontekstu doręczyciela EPS
- ▶ Podstawowe procedury MM żądane przez UE
 - **procedura połączenia/rozłączenia** PDN (ewentualnie ustanowienie podstawowego doręczyciela EPS)
 - procedura alokacji/ uwolnienia zasobów doręczyciela

Doręczyciel EPS

▶ PODSTAWOWY

Połączenia zawsze zgodnie z protokołem IP

Zawsze ustanowiony natychmiast po przyłączeniu

Natychmiast może być wykorzystany do sygnałów i pierwszych pakietów

Istnieje przez cały czas połączenia

▶ DEDYKOWANY

Opcjonalnie ustanowiony przez sieć

W dowolnym czasie można go zmodyfikować lub zwolnić

UE może zażądać od sieci dodatkowych zasobów

▶ Kontekst doręczyciela EPS zawiera stan ESM (stan zarządzania sesją), identyfikację doręczyciela EPS, TFT (traffic flow template), QoS, PTI (identyfikator procedury)

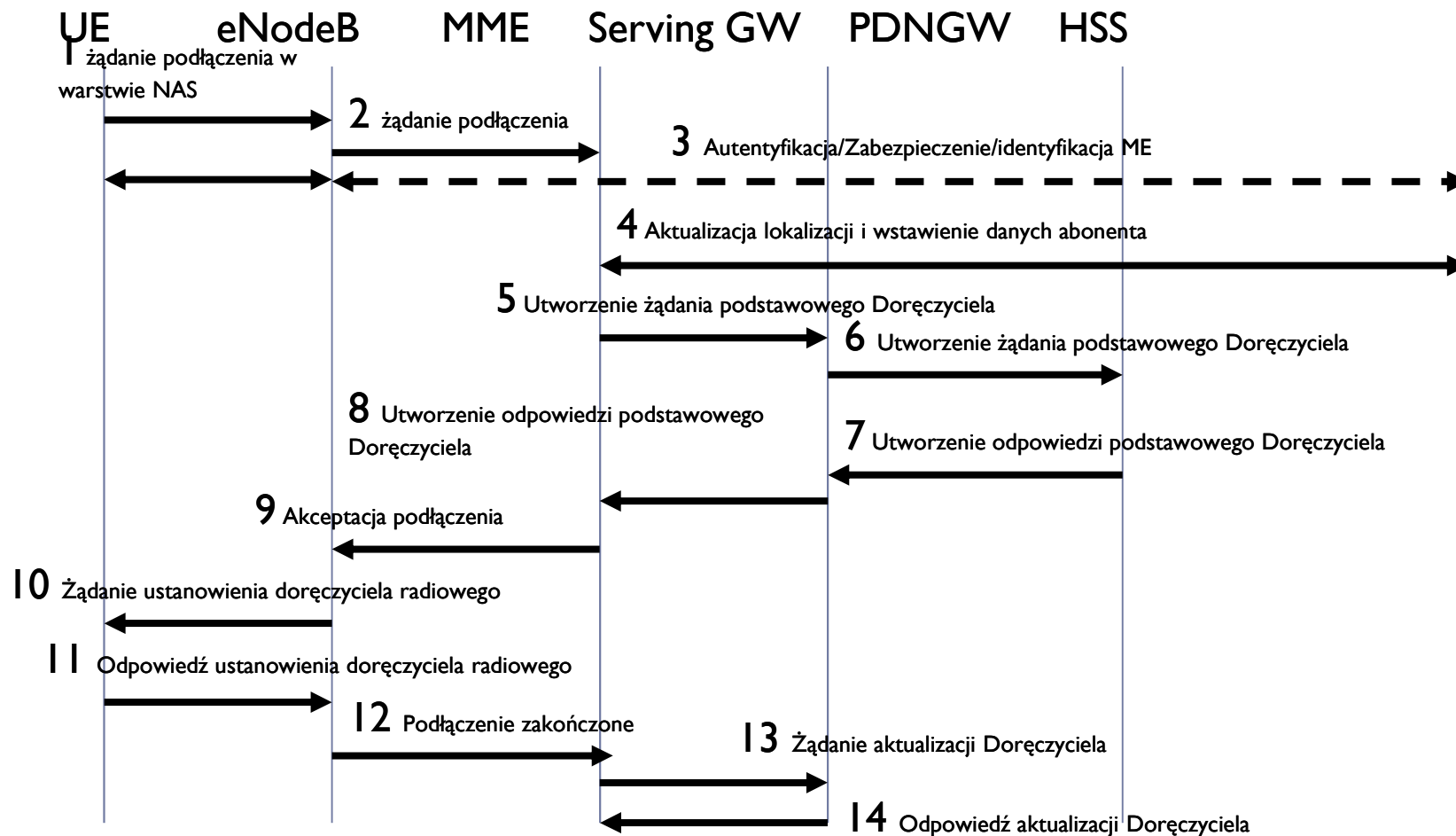
Kontekst sieci danych (PDN)

- ▶ Kontekst PDN grupuje kontekst podstawowego doręczyciela EPS i konteksty doręczycieli dedykowanych.
- ▶ Ponieważ UE może symultanicznie być podłączony do więcej niż jednej PDN, więc ma więcej niż jeden kontekst PDN
- ▶ Kontekst PDN zawiera
 - adres (adresy) PDN
 - APN (*access point name*) – punkt dostępu do sieci
 - kontekst (konteksty) doręczyciela EPS

Porównanie protokołów zarządzania sesją (I)

	EPS (Evolved Packet System)	GPRS (General Packet Radio Service)
Zarządzanie sesją (SM)	ESM – zarządzanie sesją EPC	Zarządzanie sesją (również CS – kontrola sesji)
Zakończenie	Poprzez MME	Poprzez SGSN
Kontekst SM	Kontekst doręczyciela EPS	Kontekst PDP
Doręczyciel/ aktywacja kontekstu	Zorientowany na sieć	Zorientowany na UE
Koncepcja doręczyciela	Doręczyciel EPS to logiczna grupa jednego lub więcej usługowych strumieni danych	Doręczyciel usługi UMTS i oddzielnie ustanowiony doręczyciel dostępu radiowego
Koncepcja QoS	Gwarantowana i niegwarantowana prędkość bitów	Konwersacyjna, strumieniowa, interaktywna i w tle
Parametr QoS	Kilka	Wiele

Pierwsze połączenie

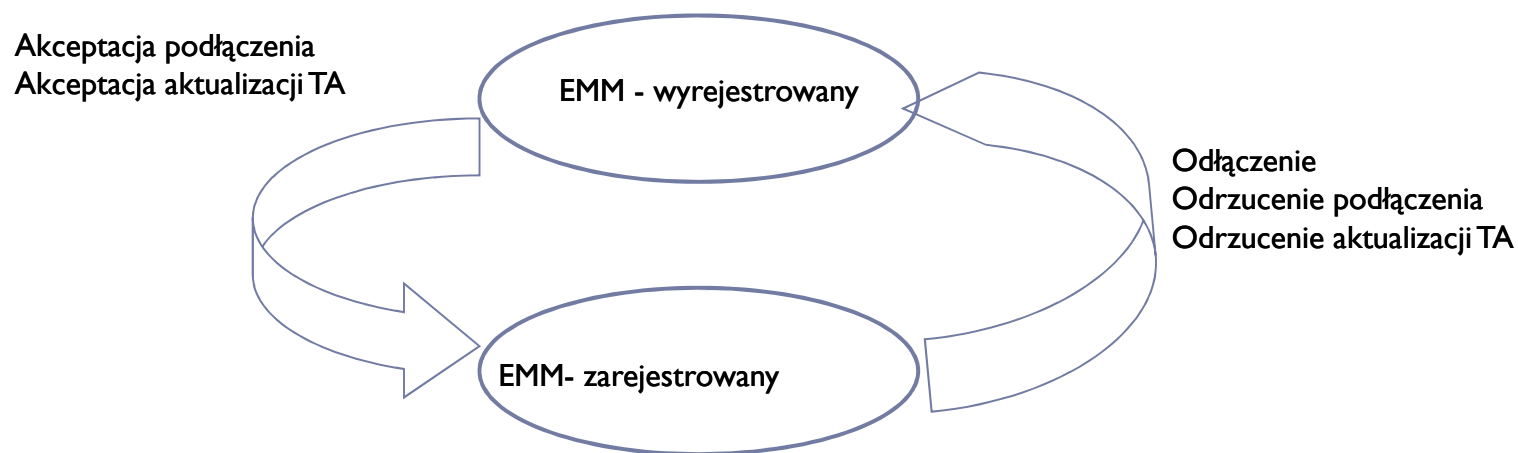


Koncepcja TA (*Tracking Area*) – Obszar śledzący lokalizację

- ▶ Lista TA utrzymuje lokalizację użytkownika, gdy pozostaje on w stanie „idle” – niepodłączony
- ▶ Po przyjściu np. rozmowy – zostanie ona skierowana do strony danego TA
- ▶ TA muszą być aktualizowane (użytkownicy poruszają się) – pociąga to za sobą duże obciążenie sygnałowe.
- ▶ Nowa koncepcja: użytkownik jest przypisany do wielu TA jednocześnie
- ▶ **OPTYMALIZACJA WIELKOŚCI TA**
 - **większy** TA – zwiększa się obciążenie strony, zmniejsza aktualizacja obecności
 - **mniejszy** TA – odwrotnie
- ▶ Dla użytkowników, którzy wielokrotnie nie wykazują mobilności – żądanie aktualizacji lokalizacji może być bardzo rzadkie (może to być automat z biletami, który nie zmienia miejsca położenia)
 - możliwość błędu (np. użytkownikowi wyczerpała się bateria, albo właściciel z różnych przyczyn wyłączył telefon – a jednocześnie przemieszcza się)

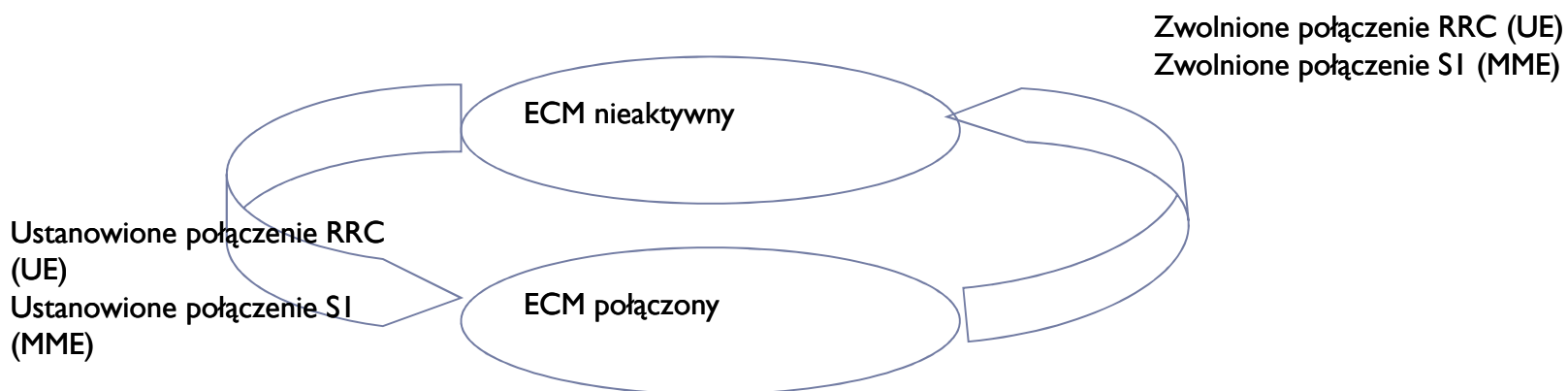
Dwuwymiarowy model stanu

- ▶ **EMM** (*EPS Mobility Management*)
 - zarejestrowany: Lokalizacja użytkownika jest MME znana (przynajmniej jego TA)
 - wyrejestrowany: Użytkownik nie jest osiągalny przez MME, jego lokalizacja nie jest znana; część kontekstu może być przechowywana w UE, co ułatwi jego podłączenie
- ▶ Mogą być obecne pewne stany pośrednie i sub-stany.



Dwuwymiarowy model stanu

- ▶ ECM (*EPS Connection Management*)
 - **połączony**: Lokalizacja UE jest znana z dokładnością ID komórki; wykonywana jest obsługa przekazywania UE w przypadku jego mobilności; istnieją połączenia i w warstwie NAS – RRC, jak i SI_MME
 - **nieaktywny** (idle): Nie ma żadnych sygnałów w NAS pomiędzy UE i siecią; UE musi dokonać wyboru/ ponownego wyboru komórki i PLMN; nie ma żadnego kontekstu UE ani sygnałów interfejsów SI_u lub SI_c,
- ▶ Mogą być obecne pewne stany pośrednie i sub-stany.

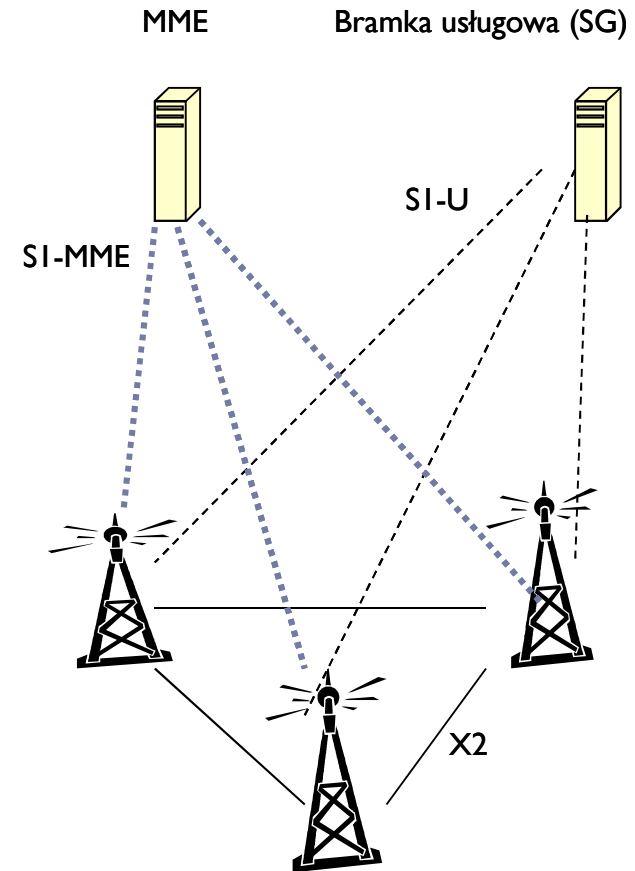


Porównanie protokołów zarządzania ruchem (część II)

	EPS (Evolved Packet System)	GPRS (General Packet Radio Service)
Zarządzanie ruchem (MM)	EMM – zarządzanie ruchem EPC	Zarządzanie ruchem GPRS (GMM)
Zakończenie	Poprzez MME	Poprzez SGSN
Obszar lokowania	Idea Tracking Area (obszar śledzący)	Idea Routing Area (obszar kierowania)
Procedura dołączania	Rejestracja i dołączenie do usług pakietowych, ustalenie podstawowego doręczyciela pomiędzy UE i PDN GW (zawsze łączność IP)	Rejestracja i dołączenie do usług pakietowych
Identyfikacja użytkownika User ID	GUTI (Globally Unique Temporary Identifier)	IMSI (International Mobile Subscriber)

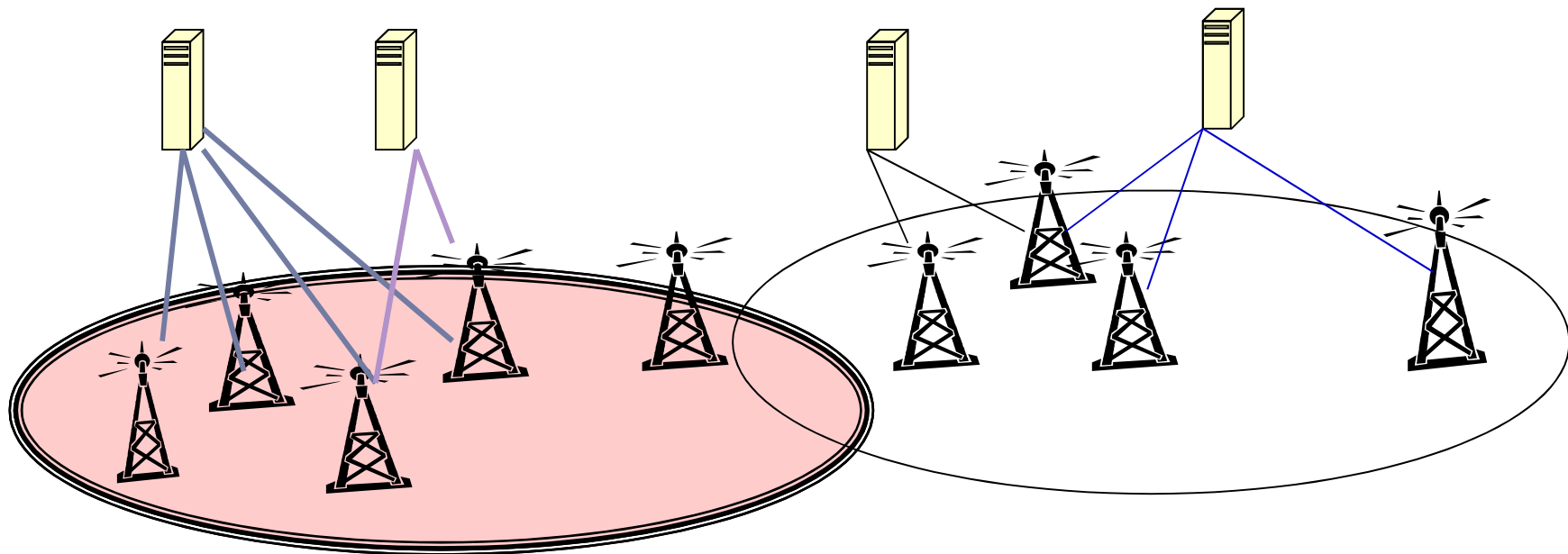
Obciążenie i wymiarowanie MME

- ▶ Liczba aktywnych użytkowników
- ▶ Liczba nieaktywnych użytkowników
- ▶ Liczba podłączonych stacji bazowych
- ▶ Liczba TA
- ▶ Obciążenie sygnałami poprzez SI-MME



Wybieranie (*POOLING*)

- ▶ Tworzy się wybrane grupy węzłów, aby zcentralizować sterowanie
- ▶ Wybór węzła do danej grupy dokonywany jest podczas rejestracji
- ▶ W każdym węźle znajduje się kontekst pojedynczego użytkownika
- ▶ Do jednego obszaru wybierania przypisane jest kilka MME



Zasady wyboru węzła

- ▶ Jedna stacja bazowa może być podłączona do wielu MME
- ▶ Jeden MME może być podłączony do kilku PDN GW
- ▶ **Ale terminal jest podłączony zawsze tylko do jednego węzła**
- ▶ Stacja bazowa wybiera MME przy podłączeniu użytkownika (TRYB ACTIVE MOBILITY)
- ▶ MME określa PDN GW oraz Serving GW przy ustawieniu doręczyciela; wspiera tryb aktywny, przejmuje tryb mobilności nieaktywny (TRYB IDLE MOBILITY)
- ▶ Zmiana MME lub GW konieczna jest tylko gdy użytkownik opuści obszar wyboru
- ▶ Obszary wyboru (pooling area) mogą nakładać się częściowo a nawet całkowicie



Zalety nakładania się obszarów

- ▶ Ochrona przed przeciążeniem i równoważenie obciążenia
- ▶ Możliwe jest aktywne równoważenie obciążenia pomiędzy węzłami
- ▶ Już przy wyborze węzła mają wpływ specyficzne wskaźniki wagowe
- ▶ Wsparcie mobilności użytkownika
- ▶ Użytkownik nie musi zmieniać CN węzła, dopóki znajduje się w ramach wybranej grupy
- ▶ Jedna stacja bazowa może należeć do wielu TA, co sprzyja ograniczeniu liczby aktualizacji TA



Możliwość współdzielenia sieci przez kilku operatorów

- ▶ Operatorzy mogą dzielić się kosztami jednej stacji bazowej
- ▶ PLMN (Public Land Mobile Network) – jej identyfikator należy do określonej sieci (nr Pool Area)
- ▶ Może być różna implementacja usług
- ▶ Funkcja wyboru MME wybiera prawidłowy MME

Podsumowanie

- ▶ Łączność zawsze zgodnie z IP
- ▶ Całkowicie rozdzielone sterowanie (MME) i płaszczyzna użytkownika (GW)
- ▶ Protokoły w warstwach NAS są podobne w EPS i GPRS
- ▶ Oddzielone jest zarządzanie sesją (MS) od zarządzania mobilnością (MM)
- ▶ Nowy protokół NAS pozwala na oddzielny tryb dla pojedynczych terminali i sieci
- ▶ Elastyczne opcje implementacji i rozdziału obciążenia pomiędzy elementami sieci.