

Systemy komórkowe

Architektura GSM

Technologie mobilne

wykład 4

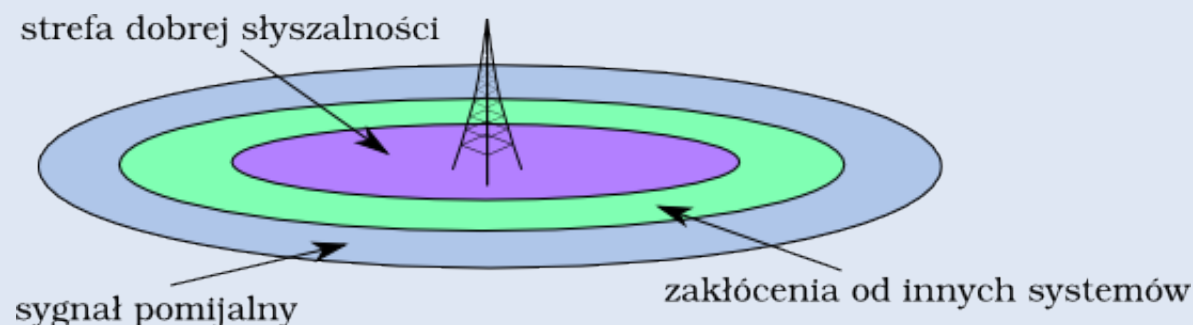
Klasyczne podejście

- Jeden nadajnik dużego zasięgu – zbliżone do systemów dyspozytorskich
- Wady takiego podejścia:
 - duża moc emitowana przez nadajnik
 - duża moc terminali, a co za tym idzie: duży rozmiar, szybkie zużywanie baterii, większy wpływ na zdrowie człowieka,
 - awaria nadajnika – brak sieci na dużym obszarze (potrzebne nadajniki nadmiarowe)
 - mała pojemność systemu – pasmo jest ograniczone, ograniczona liczba kanałów
- *Zapotrzebowanie np. w mieście jest zdecydowanie większe niż możliwości takiego systemu*



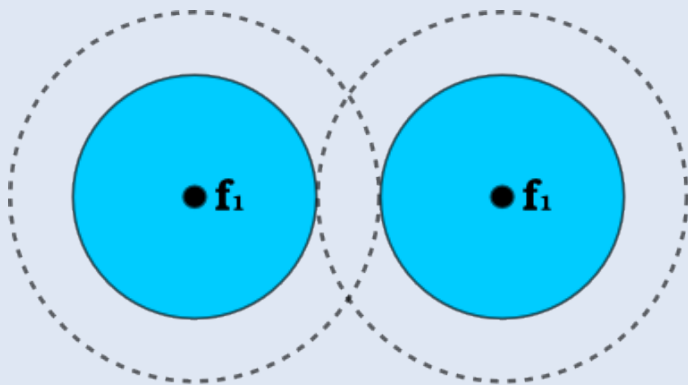
Strefy pokrycia radiowego

- Wokół nadajnika można wyróżnić trzy strefy:
 - obszar dobrej słyszalności – określony graniczną wartością sygnału przy odpowiedniej jakości transmisji
 - obszar zakłóceń dla innych systemów pracujących na tych samych częstotliwościach – wyznaczany badaniem wpływu zakłóceń na transmisję w innych komórkach
 - obszar, w którym sygnał jest pomijalnie mały
- *Wielkość obszarów nie jest ściśle określona*



Używanie tych samych częstotliwości

- Dzieląc obszar na mniejsze części (komórki) można używać nadajników o mniejszej mocy
- W odległych komórkach można używać tych samych częstotliwości (ang. frequency reuse) – najważniejsza zaleta systemów komórkowych
- Frequency reuse pozwala na tym samym obszarze geograficznym zwiększyć liczbę jednoczesnych połączeń
- Te same częstotliwości nie mogą być wykorzystywane w sąsiednich komórkach - problem interferencji współkanałowych
- Występowanie interferencji zależy od stosunku odległości pomiędzy stacjami nadającymi na tych samych częstotliwościach



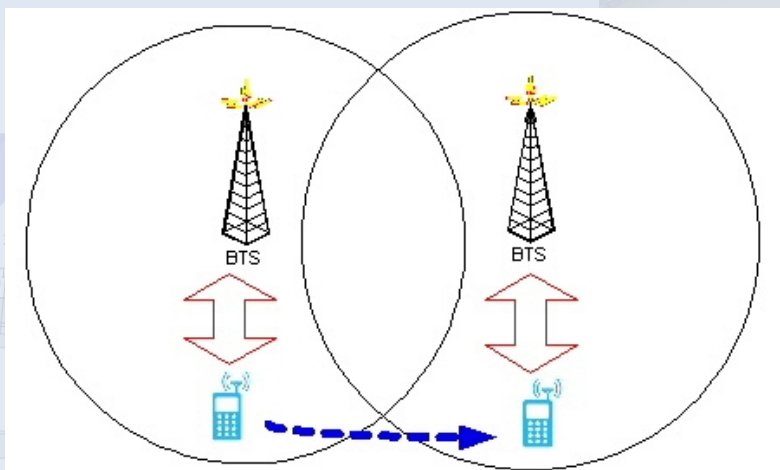
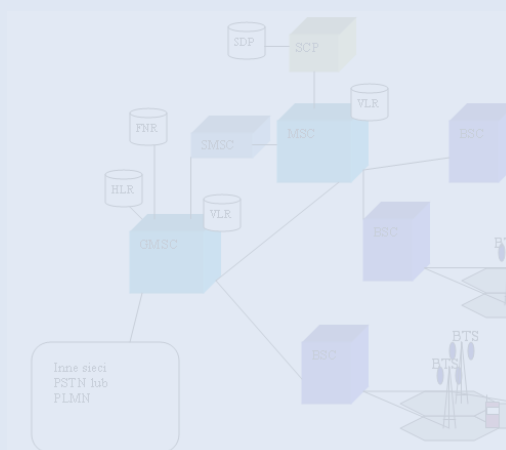
prawidłowe rozmieszczenie stacji bazowych



nieprawidłowe rozmieszczenie stacji bazowych

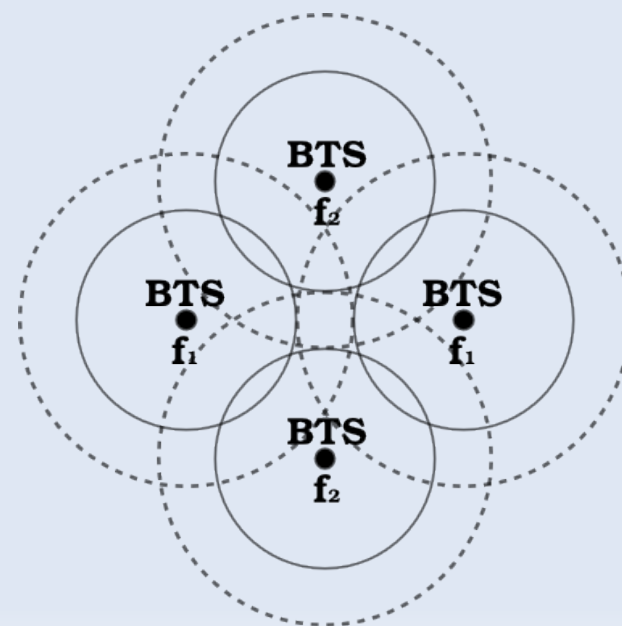
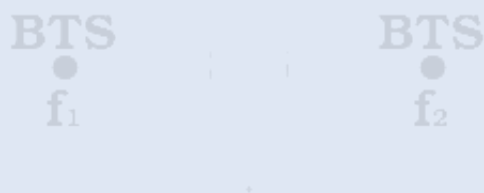
Architektura komórkowa

- *Bardzo złożona budowa systemu*
- *Bardzo kosztowna infrastruktura*
- *Bardzo kosztowne utrzymanie sieci*
- *Problem mobilności użytkowników*
 - *zapewnienie uaktualniania informacji o pozycji użytkownika*
 - *odpowiednia częstość odświeżania informacji o sieci – duża w przypadku mniejszych komórek (np. w miastach)*
 - *konieczność stosowania odpowiednich mechanizmów zachowania ciągłości połączenia przy zmianie komórek*



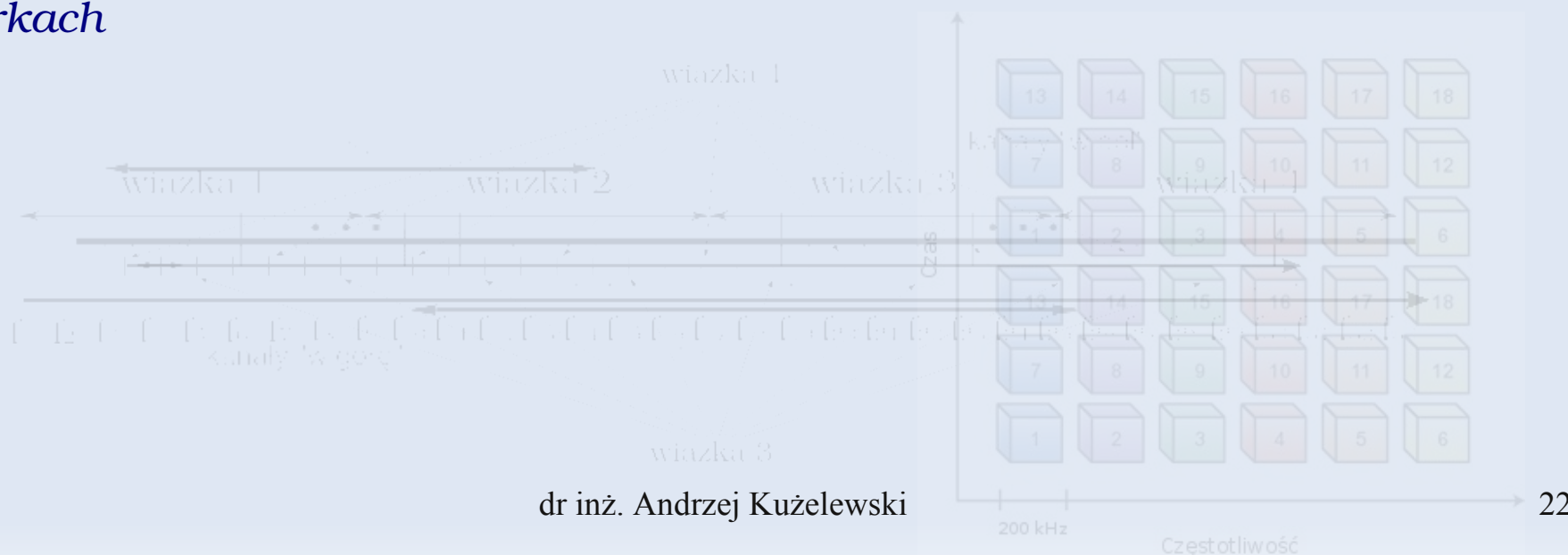
Rozmieszczenie stacji bazowych

- Dwa nadajniki sąsiednich stacji bazowych muszą być tak umiejscowione, by obszar zakłóceń jednej stacji nie nakładał się na obszar dobrej słyszalności drugiej stacji – problem interferencji współkanałowych w strefie pokrycia
- Zachowanie ciągłości obszaru komórkowego pomiędzy nadajnikami pracującymi na częstotliwości f_1 - należy umieścić jeden lub więcej nadajników pracujących na innych częstotliwościach - brak interferencji współkanałowych i uzyskana oczekiwana jakość transmisji we wszystkich komórkach



Wiązki kanałów częstotliwościowych

- Pasma przydzielone systemowi komórkowemu jest dzielone na kanały częstotliwościowe
- Kanały są podzielone na szczeliny czasowe (połączenie FDMA i TDMA)
- Kanały częstotliwościowe łączone są w wiązki kanałów - jedna stacja bazowa pracuje na kilku częstotliwościach
- Do wiązki kanałów wybierane są częstotliwości odległe od siebie - w ramach jednej stacji bazowej unika się interferencji współkanałowych
- Ta sama wiązka może być wykorzystana w odpowiednio oddalonych od siebie komórkach



Grupy komórek

- Obszar działania systemu jest podzielony na heksagonalne obszary odpowiadające komórkom (komórki wykorzystujące te same wiązki kanałów częstotliwościowych zostały opisane odpowiednimi numerami)
- Komórki łączy się w grupy w celu uproszczenia procesu projektowania i analizy systemu
- Znaczenie liczności grupy komórek (N):
 - determinuje odległość pomiędzy komórkami wykorzystującymi tą samą wiązkę kanałów
 - dla dużej wartości N stacje bazowe są odległe od siebie – zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia interferencji współkanałowych
 - dla dużej wartości N maleje liczba kanałów częstotliwościowych przypadających na jedną komórkę ($N \times \text{liczba_kanałów} = \text{const}$)
- *Prawidłowy dobór wartości N jest wynikiem kompromisu - jego odpowiedni dobór jest bardzo ważny na etapie projektowania systemu*

Pojemność systemu komórkowego

- Sumaryczna liczba kanałów rozmownych przypadających na jednostkę powierzchni nazywana jest pojemnością systemu komórkowego
- Wzrost liczby abonentów pociąga za sobą konieczność zwiększania pojemności systemu
- Sposoby zwiększania pojemności systemu:
 - pożyczanie kanałów od komórek sąsiednich – dokonywane jest statycznie (na etapie planowania) lub dynamicznie - zmiana zależna od obciążenia poszczególnych elementów systemu
 - przydział nowego pasma częstotliwości – rzadko stosowane ze względu na koszty i często brak takiej możliwości (skończona liczba kanałów częstotliwościowych)
 - podział komórek na sektory - w każdym z nich stosowana jest pula kanałów używana w innym sektorze tej komórki - multiplikacja kanałów rozmownych
 - kanały częstotliwościowe dzielone są na szereg szczelin czasowych (TDMA) – multiplikacja kanałów rozmownych w komórce (zastosowanie CDMA powoduje jeszcze większy wzrost liczby kanałów rozmownych)
 - zmniejszenie wielkości komórki – najczęściej wykorzystywane, powoduje ponowne wykorzystanie tych samych częstotliwości na danym obszarze

Pojemność systemu komórkowego

- Wielkość komórki jest bardzo elastycznym parametrem – od kilkudziesięciu kilometrów do kilkudziesięciu metrów
- Duże komórki stosowane są na terenach wiejskich - liczba kanałów rozmownych jest wystarczająca
- Rozmiar komórki jest zmniejszany wraz z przybliżaniem się do terenów miejskich (gęsto zaludnionych) - do mikrokomórek rzędu kilkuset-kilkudziesięciu metrów w centrach miast
- *Bardzo elastyczne podejście - duże znaczenie mają bieżące pomiary ruchu, obserwacje kierunku rozbudowy aglomeracji miejskich, uruchomienie nowego biurowca w centrum miasta czy otwarcie nowego osiedla mieszkaniowego*

Pojemność systemu komórkowego

- *Zalety zmniejszania wielkości komórki:*
 - zwiększenie pojemności systemu – nieduża zajętość systemu, pewniejszy dostęp do zasobów, obniżenie cen usług (tzw. efekt skali)
 - zmniejszenie mocy nadajników (zarówno stacji bazowych, jak i urządzeń mobilnych) – zmniejszenie ich rozmiarów, mniejsze zużycie energii, mniejsza moc emitowana, zmniejszenie negatywnego wpływu fal elektromagnetycznych na zdrowie ludzkie
- *Wady zmniejszania wielkości komórki:*
 - wzrost liczby komórek - koszty związane z infrastrukturą (wzrost liczby stacji bazowych)
 - występowanie szybkich przemieszczeń (małe komórki) - zwiększenie liczby komunikatów sygnalizacyjnych, zwiększenie pojemności łączy komunikacyjnych (wzrost kosztów)

Systemy o architekturze komórkowej

GSM/UMTS

- Najbardziej znany i najszerzej na świecie używany standard telefonii komórkowej
- Klasyczna architektura komórkowa oparta o setki stacji bazowych
- Komórki różnej wielkości - od kilkudziesięciu metrów w centrach miast do kilkudziesięciu kilometrów poza miastem
- Występują charakterystyczne dla systemów komórkowych zjawiska: migracja między komórkami (roaming) i handover
- Ze względu na konieczność znajomości lokalizacji użytkownika przed zestawieniem połączenia - wykorzystywanie złożonych mechanizmów utrzymania i aktualizowania informacji pozycyjnej



Systemy o architekturze komórkowej

MOBITEX

- przeznaczony do wolnej transmisji danych na odległość do kilkudziesięciu kilometrów (ok 30 sieci na 5 kontynentach)
- stacje bazowe połączone są z centralą - lokalna lub główną
- sieć pakietowa – informacja dzielona jest na pakiety, przesyłana do stacji bazowej, następnie do adresata lub poprzez łącze stale do innej stacji bazowej i do adresata
- wykorzystywany jest algorytm ALOHA (podobny do kablowego ethernetu) i priorytety
- usługi świadczone w sieci:
 - transmisja danych (pakiety 512 bajtów)
 - możliwość tworzenia grup użytkowników
 - transmisja sygnału alarmowego
 - usługa „skrzynka pocztowa”
- występuje zjawisko roamingu, brak handover - sieć pakietowa bezpołączeniowa

Systemy o architekturze komórkowej

Wi-Fi/WLAN

- *Klasyczna architektura komórkowa - rozmieszczone w budynku lub na szerszej przestrzeni punkty dostępowe*
- *Punkt dostępowy tworzy obszar, w którym użytkownicy mobilni wyposażeni w odpowiednie interfejsy bezprzewodowe mogą łączyć się bezpośrednio ze sobą lub korzystać z zasobów sieci LAN i rozległej*
- *Użytkownicy mogą migrować łącząc się z kolejnymi punktami dostępowymi na trasie ruchu – występuje roaming*
- *Komórki mogą posiadać różne rozmiary - od kilkunastu metrów w pomieszczeniach do kilkunastu kilometrów w przestrzeni otwartej*

Systemy o architekturze komórkowej

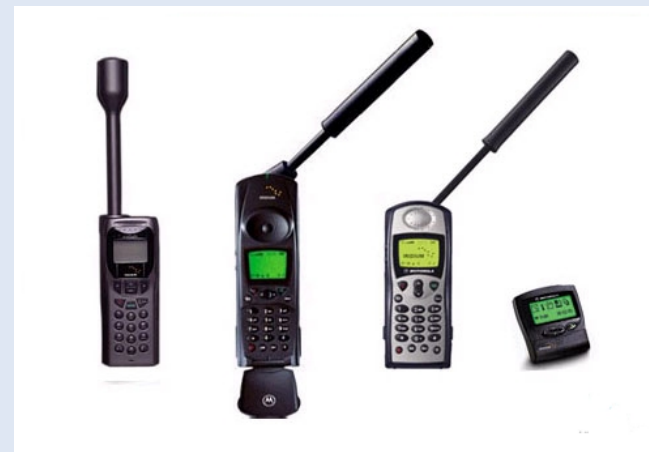
Bluetooth

- *Struktura hierarchiczna - małe komórki mogą się łączyć w większe struktury*
- *Najmniejsze pikokomórki obsługują do 8 urządzeń, nadajniki o małej mocy i zasięgu do 10 metrów*
- *Stosowanie odpowiednich urządzeń dostępowych umożliwia tworzenie hot-spotów - dostęp do sieci rozległych dla urządzeń przenośnych wyposażonych w interfejs BT*
- *Występuje zjawisko roamingu pomiędzy punktami dostępowymi*

Systemy o architekturze komórkowej

Iridium

- *Satelitarny system nie geostacjonarny*
- *Składa się z 66 małych satelitów orbitujących na wysokości 780 km*
- *Każdy satelita jest wyposażony w antenę wielowiązkową emitującą 48 wiązek*
- *Zapewnia pełne pokrycie całej Ziemi do wysokości 160 km - umożliwia łączność z samolotami*
- *Ze względu na koszty sprzętu i połączeń popularny wśród osób spędzających większość czasu w miejscach nie objętych GSM/UMTS (statki, podróżnicy, polarnicy itp.)*



Technologie mobilne

wykład 4

GSM

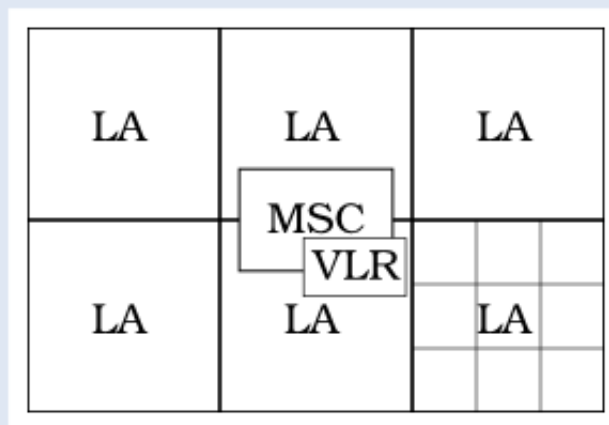
- *Historia powstania GSM na świecie*
 - początek lat 80-tych XX w. - analogowa telefonia bezprzewodowa (450 MHz)
 - 1982 r. - powołanie Groupe Spécial Mobile (GSM) w celu opracowania telefonii cyfrowej w paśmie 900 MHz wspólnej dla EWG
 - 1987 r. - dyrektywa Rady Europy zatwierdzająca rezerwację pasm 890–915 i 935–960 MHz dla potrzeb nowego komórkowego cyfrowego systemu łączności ruchomej
 - w tym czasie zmienia się też rozwinięcie akronimu GSM na Global System for Mobile Communications
 - 1990 r. - gotowa specyfikacja standardu – możliwość produkcji sprzętu
 - 1991 r. - pierwsza transmisja w standardzie GSM (Finlandia)
- *GSM w Polsce*
 - 18.10.1995 r. - ogłoszenie przetargu na budowę dwóch sieci GSM
 - 13.09.1996 r. - start pierwszej w Polsce sieci komórkowej – Era GSM
 - 1.10.1996 r. - start drugiej sieci – Plus GSM
 - 12.2006 r. - start pierwszego wirtualnego operatora mBank mobile

Bloki funkcjonalne systemu GSM

- Stacje ruchome (ang. Mobile Stations MS) – użytkownicy mobilni i bezprzewodowi przebywający w zasięgu stacji bazowych i komunikujący się za ich pośrednictwem z systemem GSM
- Zespół stacji bazowych (ang. Base Stations Subsystem BSS) – stanowi interfejs pomiędzy użytkownikami przebywającymi w terenie a systemem, zapewniają bezprzewodowy dostęp do zasobów
- Część komutacyjno-sieciowa (ang. Network and Switching Subsystem NSS) – centrale, centrale tranzytowe, rejestry systemu
- Zespół eksploatacji i utrzymania (ang. Operation and Maintenance Subsystem OMS) – taryfikacja, monitorowanie ruchu telekomunikacyjnego, zarządzanie w przypadku uszkodzeń sieci, zarządzanie rejestrem HLR

Struktura przestrzenna systemu GSM

- System GSM podzielony jest geograficznie na obszary centralowe, obsługiwane przez centrale MSC
- Obszary centralowe dzielą się na obszary przywołań LA oznaczone unikalnymi identyfikatorami LAI
- W obszarze przywołań funkcjonują komórki, których może być od kilkudziesięciu do kilkuset
- Z centralą MSC skojarzony jest rejestr stacji obcych VLR



Identyfikatory w systemie GSM

- Numery związane z abonentem
 - MSISDN - międzynarodowy numer abonenta, który w rejestrze HLR jest zamieniany na wewnętrzny numer IMSI; w przypadku wybrania numeru poza systemem abonenta umożliwia odnalezienie najbliższej centrali GMSC właściwej dla odbiorcy
 - IMSI – międzynarodowy, używany wyłącznie wewnątrz systemu GSM, numer abonenta ruchomego, zapisany na karcie SIM, w HLR, VLR i AuC
 - MSRN – przechowywany jest w VLR chwilowy adres stacji ruchomej
 - TMSI – zakodowana z przyczyn bezpieczeństwa wersja numeru IMSI przyznawana dynamicznie po zgłoszeniu w danym obszarze przywołań
- Numery związane z aparatem
 - IMEI – międzynarodowy numer identyfikacji terminala, znajduje się w telefonie i w rejestrze EIR
- Numery związane z infrastrukturą
 - LAI – numer obszaru przywołań
 - CGI – globalny numer komórki
 - BSIC – numer stacji bazowej

Technologie mobilne

wykład 4

Karta SIM

- Telefon komórkowy składa się z karty SIM i telefonu właściwego
- SIM umożliwia zmianę aparatu telefonicznego bez potrzeby rozwiązywania umowy z operatorem i podpisania nowej
- Karta SIM jest jednokładowym mikrokomputerem wyposażonym w procesor, pamięci RAM i ROM oraz układy wejścia-wyjścia
- Przechowuje dane użytkownika, w tym kontakty oraz przychodzące wiadomości SMS
- Zapisane na karcie są również dane dotyczące klucza szyfrującego i jego generacji oraz inne informacje związane z bezpieczeństwem
- *Karta jest zabezpieczona przed niepowołanym dostępem kodami PIN i PUK*

Stacje bazowe

Zespół stacji bazowej można podzielić na dwa główne bloki:

- *stacja bazowa - stanowi część transmisyjną i służy do komunikacji z użytkownikami w terenie*
- *sterownik stacji bazowej - obróbka sygnału w obu kanałach (nadawczym i odbiorczym); ważną funkcją jest również szyfrowanie i rozszyfrowywanie sygnałów w obu kierunkach; są połączone ze stacjami bazowymi z jednej strony a częścią komutacyjno-sieciową z drugiej; są odpowiedzialne za sterowanie podległymi mu stacjami bazowymi oraz znajdującymi się w ich zasięgu telefonami; zarządzają kanałami rozmownymi i sygnalizacyjnymi, kontrolują błędy; zarządzają skakaniem po częstotliwościach przez terminale i stacje bazowe; pełnią ważną rolę w przywoływaniu stacji ruchomych, poszukiwanych w momencie połączenia z abonentem*

Stacje bazowe

Stacje bazowe mogą być połączone:

- *bezprzewodowo - za pomocą łącz kierunkowych wysokiej częstotliwości*
- *przewodowo - mogą mieć topologie:*
 - *gwiazda - w jej centrum jest sterownik BSC, na ramionach stacje bazowe BTS*
 - *szeregowe - klasyczna topologia magistrali*
 - *szeregowe z pętlą - topologia magistrali, z redundantnym połączeniem przydatnym w razie awarii podstawowego*

Centrala MSC

- Podstawowy element części komutacyjno-sieciowej - centrala systemu ruchomego (ang. Mobile Switching Centre)
- Odpowiedzialna za zestawianie połączeń pomiędzy dwoma abonentami systemu GSM
- Połączona ze sterownikami stacji bazowych BSC i z innymi centralami MSC
- Ważny element - centrala tranzytowa GMSC, która łączy z abonentami innego systemu telekomunikacyjnego
- GMSC jest najczęściej implementowana w postaci modułów do istniejących central MSC albo samodzielne urządzenie
- Poza kluczowym polem komutacji i sterowania ruchem, centrala odpowiada za taryfikację prowadzonych przez nią połączeń

Rejestr stacji obcych VLR

- Związany z centralą MSC
- Każdy aparat znajdujący się w tym obszarze centralowym posiada w VLR własny rekord
- Zawiera on dane o wszystkich stacjach ruchomych, które aktualnie znajdują się w obszarze centralowym skojarzonym z MSC
- Są to między innymi parametry dotyczące szyfrowania i identyfikacji abonenta oraz stan jego terminala (wyłączony, włączony, rozmowa)
- *Pozycjonowanie użytkowników - przechowywany jest identyfikator obszaru przywołań LAI związany z bieżącą lokalizacją stacji oraz adres rejestru HLR*

W końcu koniec !!!

