

## Problem przemieszczania się abonentów i jego rozwiązanie

Z chwilą, gdy abonenci chcą się przemieszczać i jednocześnie zachować możliwość realizowania połączeń to dotychczas omawiane rozwiązania mają określone ograniczenia.

Otóż przypomnijmy, że terminal abonenta jest na stałe dołączony do węzła komutacyjnego przy użyciu linii (łącza) abonenckiego i stąd też nazwa łącza stałe. W węźle komutacyjnym wyposażeniu LT/TE tej linii przyporządkowany jest numer (adres). Abonent przemieszczając się z miejsca do miejsca może korzystać z usług tej sieci telekomunikacyjnej jeżeli będzie miał dostęp do terminala w każdym nowym miejscu, a miejsca te są ściśle określone ulokowaniem tych terminali.

Co to znaczy, że chce mieć dostęp do usług? To znaczy, że może być zarówno abonentem A jak i abonentem B. W pierwszym przypadku chce mieć wszystkie swoje uprawnienia jakie zaabonował, a w drugim przypadku chce być osiągalny w każdym nowym miejscu przez innych abonentów.

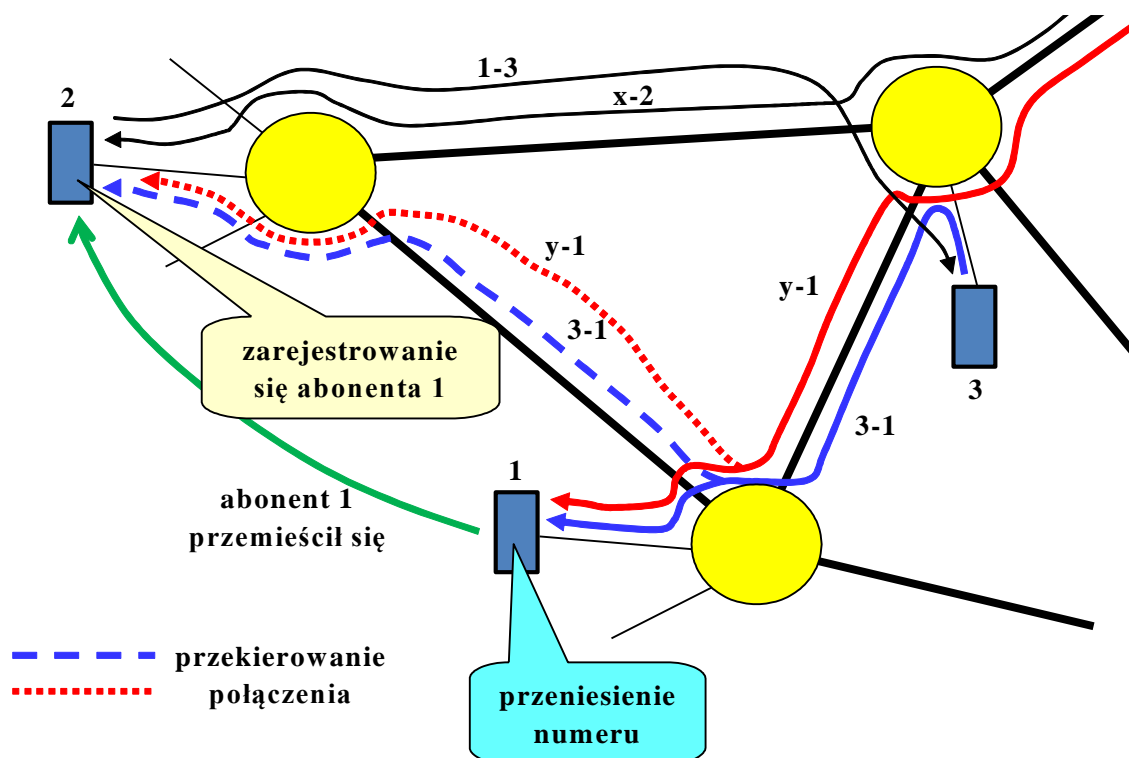
Pamiętamy, że wszystkie informacje o abonencie są zapisane w bazie danych węzła komutacyjnego do którego jest dołączona jego linia (łącze) abonencka(ie). Przemieszczając się do innego miejsca nie zabiera ze sobą linii abonenckiej. Zatem skąd w nowym miejscu w którym ma on dostęp fizyczny do terminala, który może być dołączony do innego węzła komutacyjnego, sterowanie węzła komutacyjnego wie, że abonent przemieścił się i to właśnie on teraz korzysta z innego terminala.

Rozwiązanie tego problemu wymaga poinformowania sterowania o nowym miejscu pobytu abonenta. Może to wykonać sam abonent na dwa sposoby:

1. ze swojego aparatu przenosząc numer na nowe miejsce (nową linię),
2. w nowym miejscu zgłaszając swoją obecność (rejestrując się).

W praktyce stosowane jest pierwsze podejście ponieważ jest prostsze i jest ono udostępniane pod usługą dodatkową "przenoszenie numeru". Proszę się zastanowić w jaki sposób następuje powrót do stanu początkowego?

Sytuacje te zostały zilustrowane na kolejnym rysunku na którym para (i-j) oznacza połączenie od abonenta i do abonenta j.



Jednakże zauważmy, że **nie rozwiązujemy** podstawowego problemu jakim jest rozróżnianie na nowym miejscu **podwójnego wykorzystania linii abonenckiej** przez dwóch różnych abonentów - pierwotnego i tego, który przeniósł swój numer lub zarejestrował się w przypadku drugiego sposobu.

Wynika to z faktu, że **węzeł nie rozróżnia abonentów** a tylko zakończenia LT/ET. Oczywiście można te ograniczenia ominąć ale wymaga to nowych rozwiązań.

Drugim bardzo **ważnym ograniczeniem** jest to, że z usługi można korzystać tylko w miejscach w których znajdują się terminale a one są determinowane tym, że **mamy stałą linię (łącze) abonencką(ie)**.

Te dwa **podstawowe ograniczenia** spowodowały, że dla zrealizowania obsługi **abonentów ruchomych konieczne było**:

1. zastosowanie abonenckiego **łącza radiowego**,
2. wyposażenie abonenta w indywidualny **przenośny terminal**,
3. wprowadzenie, najogólniej mówiąc, **mechanizmów lokalizacji** terminala abonenta (**a dokładniej mówiąc abonenta!**).

Jak później się dowiemy w konsekwencji zastosowania ogólnie dostępnego łącza radiowego (otwartą przestrzeń) **konieczne było wprowadzenie jeszcze innych funkcji** ale w tym miejscu naszych rozważań ich wymienienie nie jest istotne.

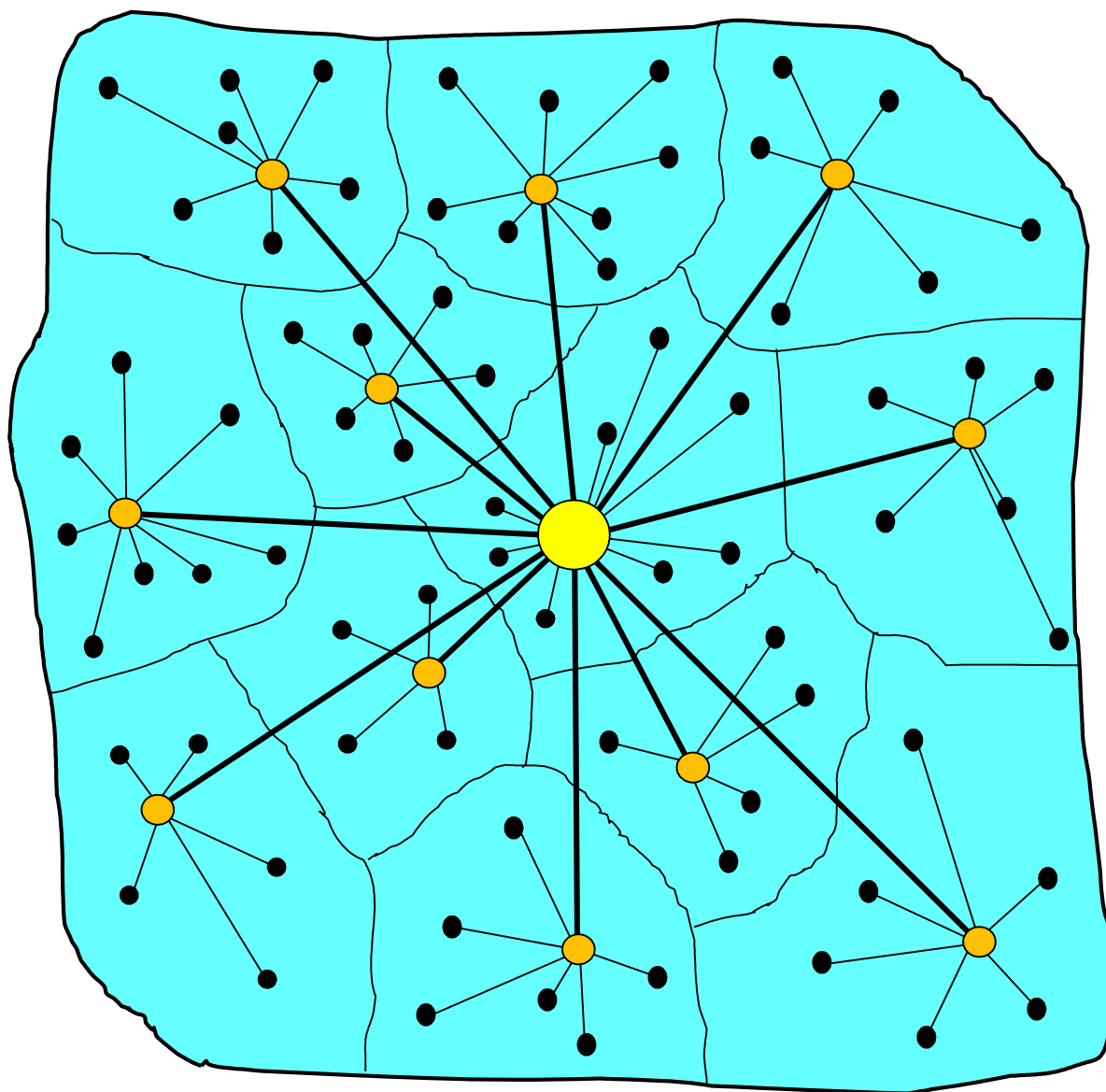
Zanim przejdziemy do omówienia ogólnych zasad realizacji obsługi abonenta ruchomego wykorzystującego łącze radiowe przeprowadzimy krótkie przypomnienie omawianej już struktury sieci abonentów stacjonarnych i jej przekształcenie w sieć abonentów ruchomych. W ten sposób zauważymy i zrozumiemy naturalne przekształcenie się jednej sieci w drugą na skutek wprowadzenia do tej sieci w miejsce linii abonenckiej (stałej) łącza radiowego. Co więcej **ta nowa zaproponowana funkcjonalnie sieć** (przez dodanie nowych elementów funkcjonalnych) jest **w jej części stałej** taka sama **jak sieć stacjonarna**.

Takie podejście wynika z bardzo prostego faktu ewolucyjnych a nie rewolucyjnych zmian w telekomunikacji. To z kolei wynika z pełnej analizy kosztów każdego nowego rozwiązania i konieczności ich minimalizacji z uwagi na istnienie rynku usług telekomunikacyjnych, na którym ostatnie zdanie mają zawsze abonenci, którzy kupią lub nie kupią te usługi.

Minimalizację kosztów można osiągnąć przez zmiany ewolucyjne a nie rewolucyjne. Jak dotychczas w telekomunikacji ta teza się sprawdzała.

## Dostęp do usług i obszar pokrycia przez węzeł Komutacyjny

### 1. Dla abonentów stacjonarnych



część centralna węzła komutacyjnego (Host)

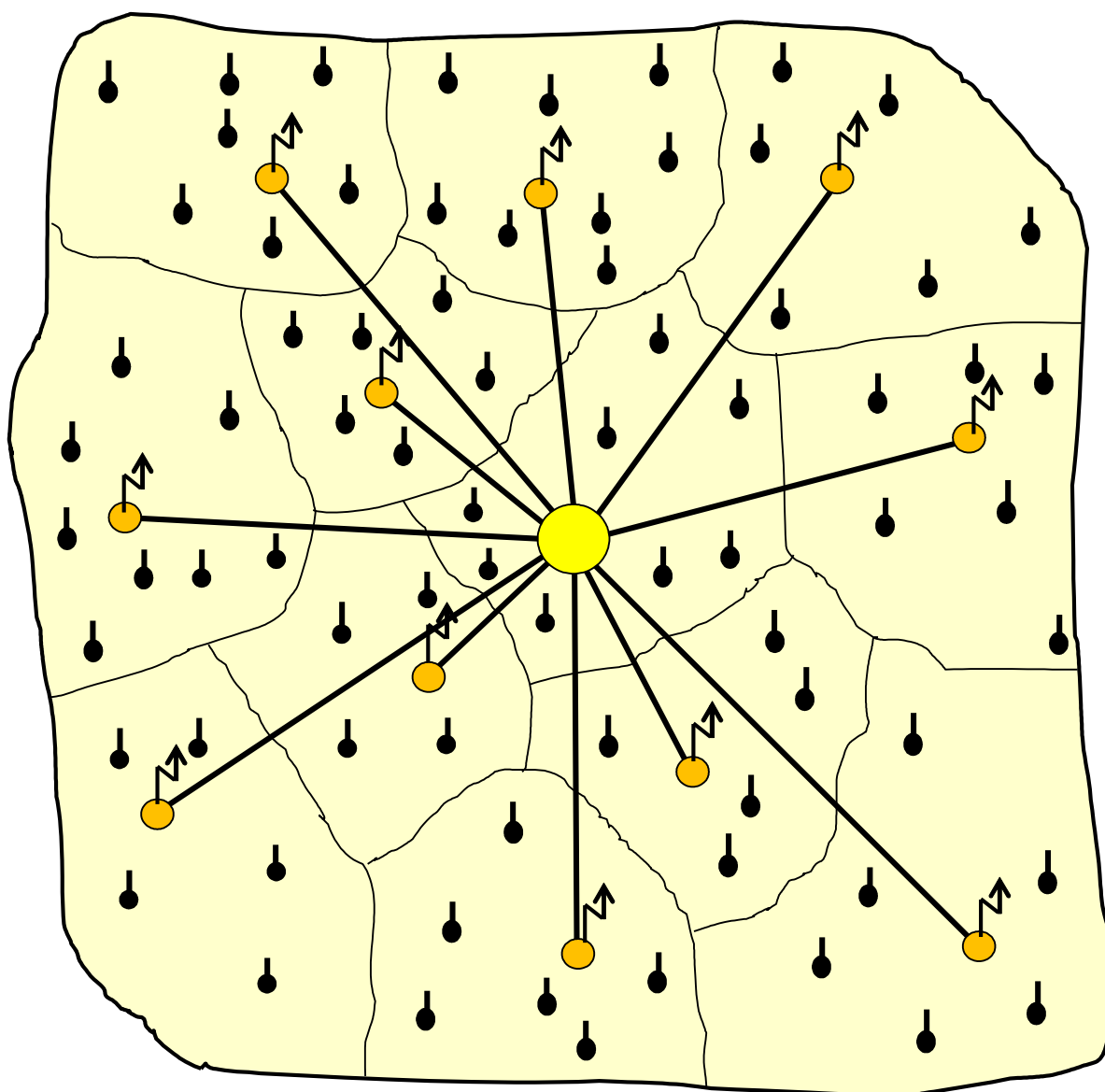





moduł wyniesiony MWK węzła komutacyjnego



zakończenie sieciowe u abonenta

## 2. Dla abonentów ruchomych



-  węzł komutacyjny MSC (Mobile Switching Centre)
-  stacja bazowa BTS (Base Transceiver Station)
-  stacja ruchoma MS (Mobile Station)

## Nowe funkcje w sieci abonentów ruchomych

Do nowych funkcji zaliczamy:

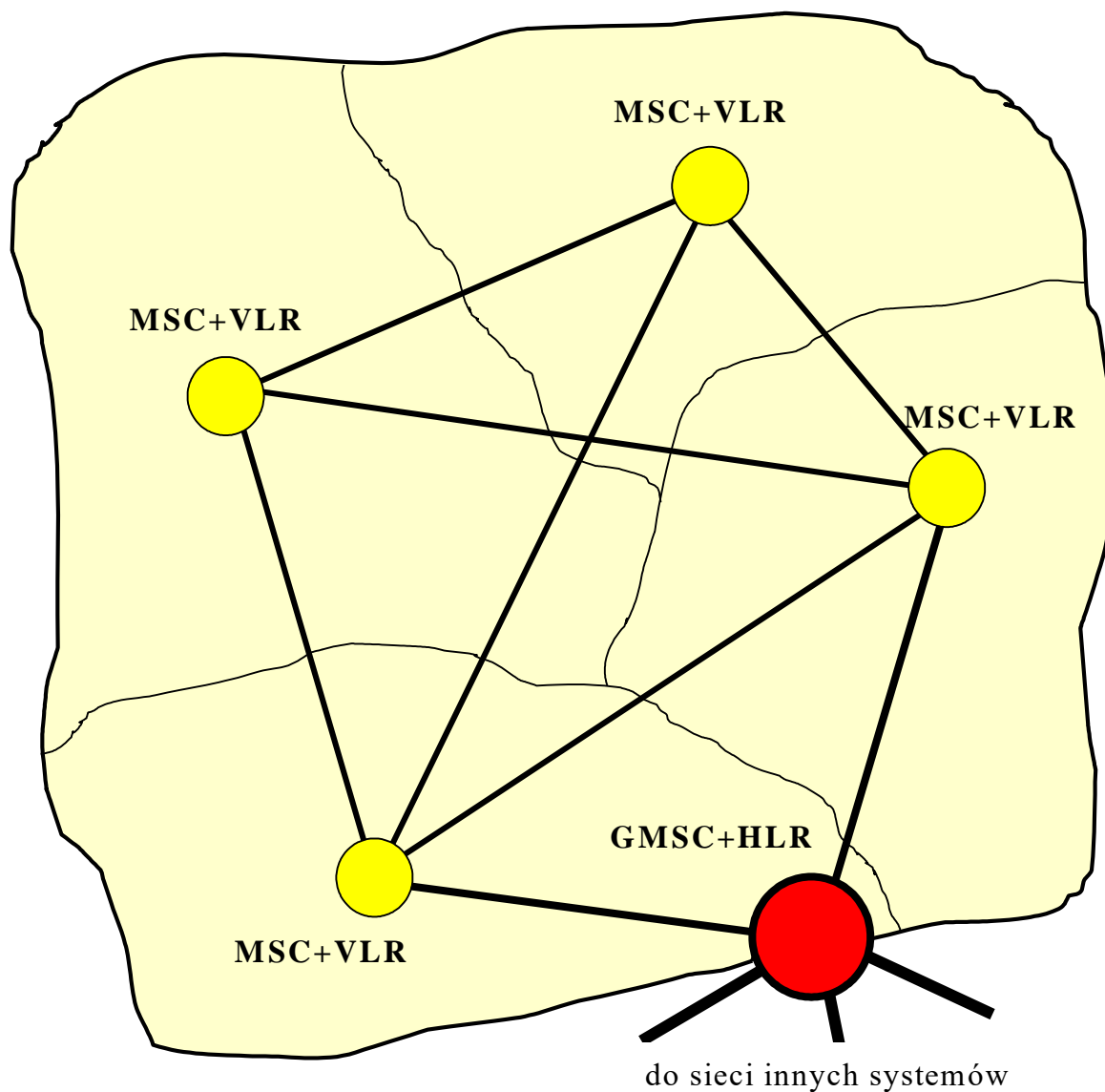
1. **automatyczną rejestrację obecności** terminala abonenta w określonym obszarze wynikającą z jego ruchliwości,
2. **lokalizację terminala abonenta**, gdy jest do niego połączenie czyli jest abonentem B,
3. **monitorowanie właściwości łącza radiowego** z uwagi na przemieszczanie się abonenta oraz zmienne i przeciętnej jakości parametry kanału radiowego,
4. **zabezpieczenie przed nieuprawnionym dostępem** do:
  - usług i
  - informacji,
5. **zabezpieczenie przed używaniem** nieuprawnionych terminali,
6. **zapewnienie ciągłości połączenia** przy zmianie obszaru:
  - stacji bazowej oraz
  - węzła komutacyjnego.

## Skutki i konsekwencje

Należą do nich:

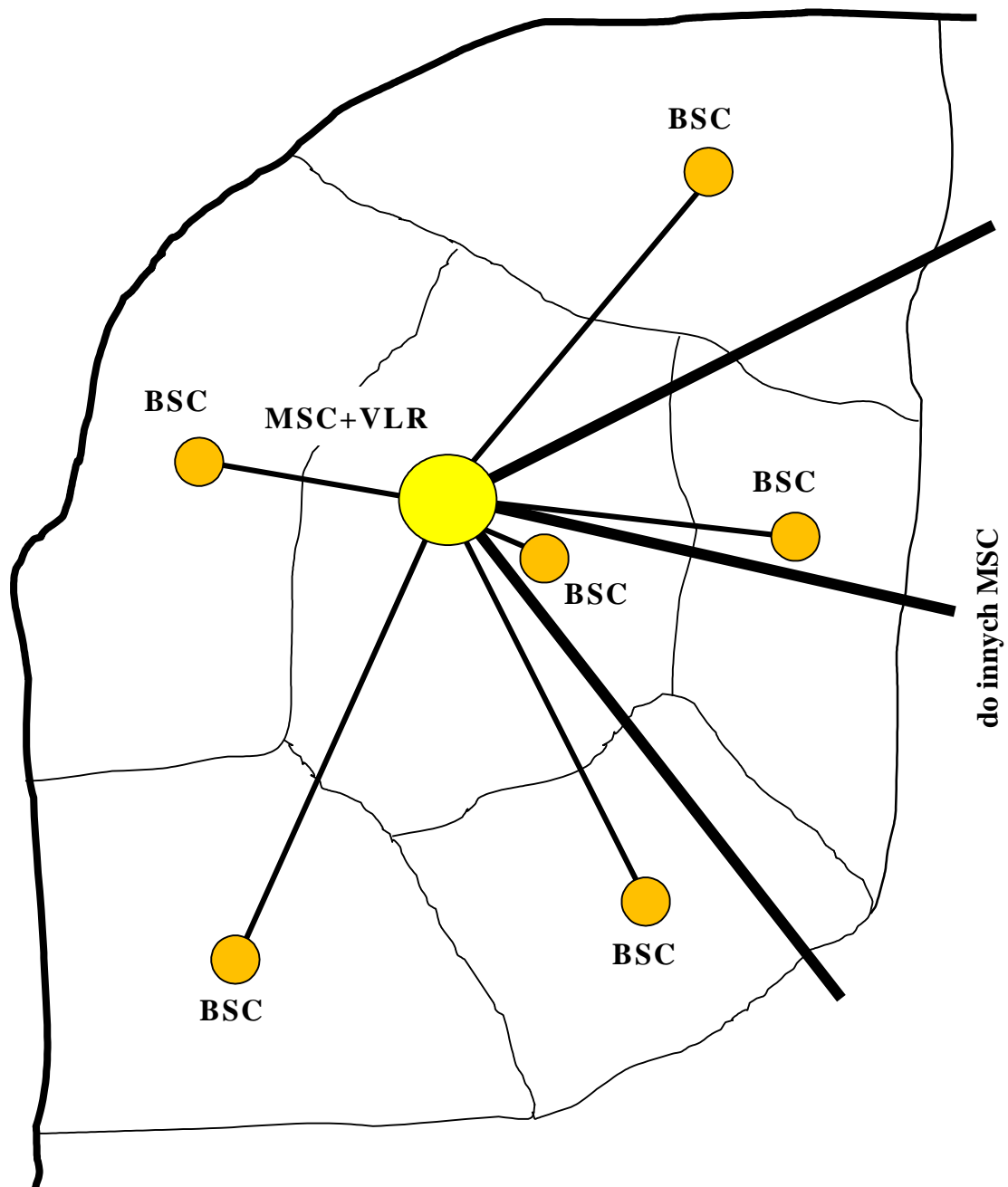
- **duża złożoność terminala** abonenta i stacji bazowej oraz stosowanych procedur dla realizacji tych dodatkowych funkcji,
- **wprowadzenie różnorodnej adresacji i numeracji** abonentów w zależności od tego w jakim poziomie obsługiwany jest abonent (sieci telekomunikacyjnej, systemu komórkowego, węzła komutacyjnego),
- **wprowadzenie dwóch dodatkowych podstawowych elementów funkcjonalnych** będących bazami danych:
  - **HLR (Home Location Register)** - rejestr stacji własnych (baza danych),
  - **VLR (Visitors Location Register)** - rejestr stacji wizytujących (baza danych),
- **odpowiednia lokalizacja dodatkowych funkcji i procedur w obszarach:**
  - sieci telekomunikacyjnej,
  - systemu komórkowego,
  - węzła komutacyjnego,
- **wprowadzenie identyfikacji abonentów** oraz szyfrowania,
- **wprowadzenie identyfikacji terminali**,
- itd.

## Organizacja obszaru sieci na poziomie systemu komórkowego



**HLR (Home Location Register)** - rejestr stacji własnych  
**VLR (Visitors Location Register)** - rejestr stacji wizytujących  
**GMSC (Gateway Mobile Switching Centre)** - brama MSC do sieci innych systemów

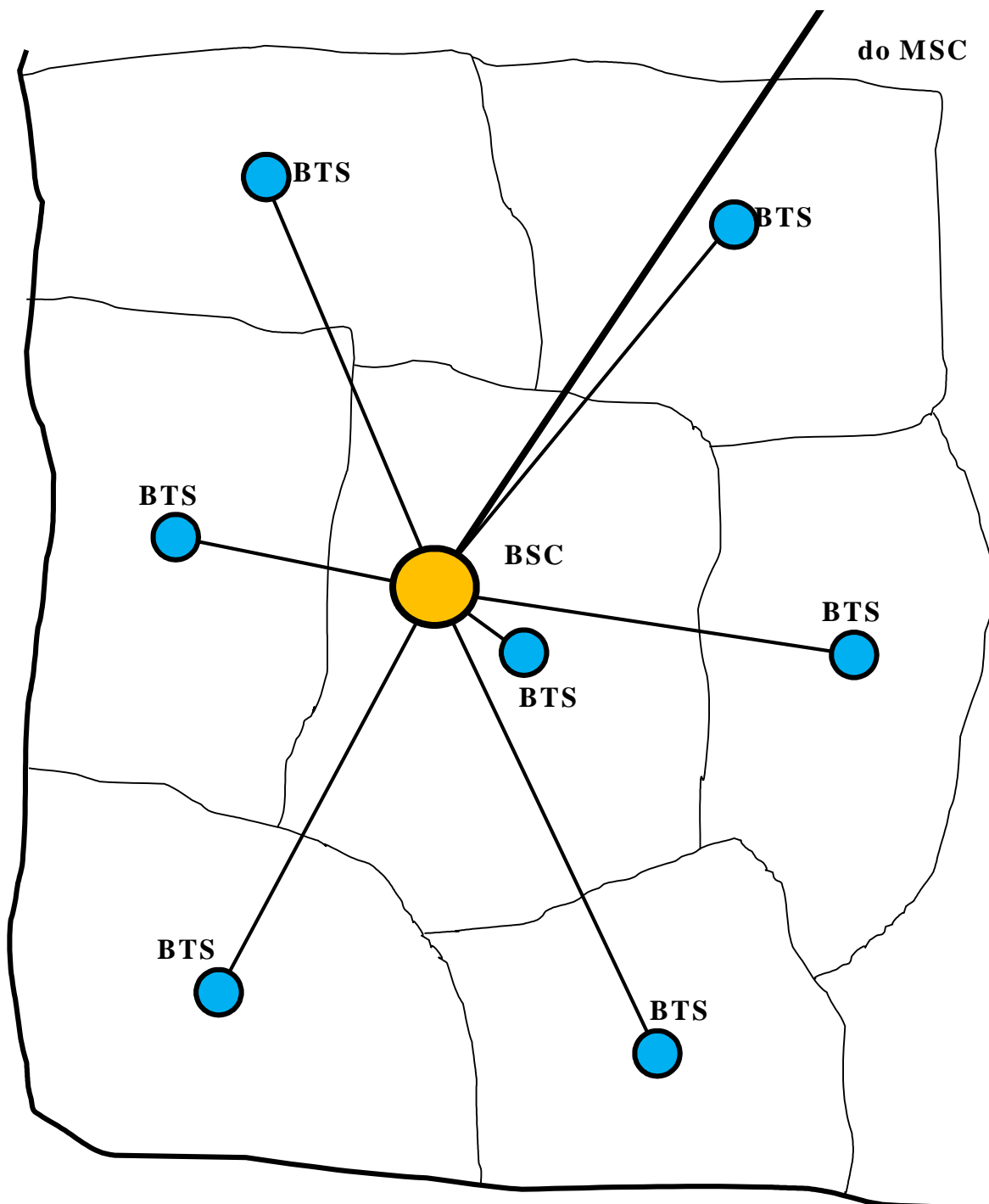
## Organizacja obszaru sieci na poziomie węzła komutacyjnego



**BSC (Base Station Controller) - sterownik stacji bazowych**

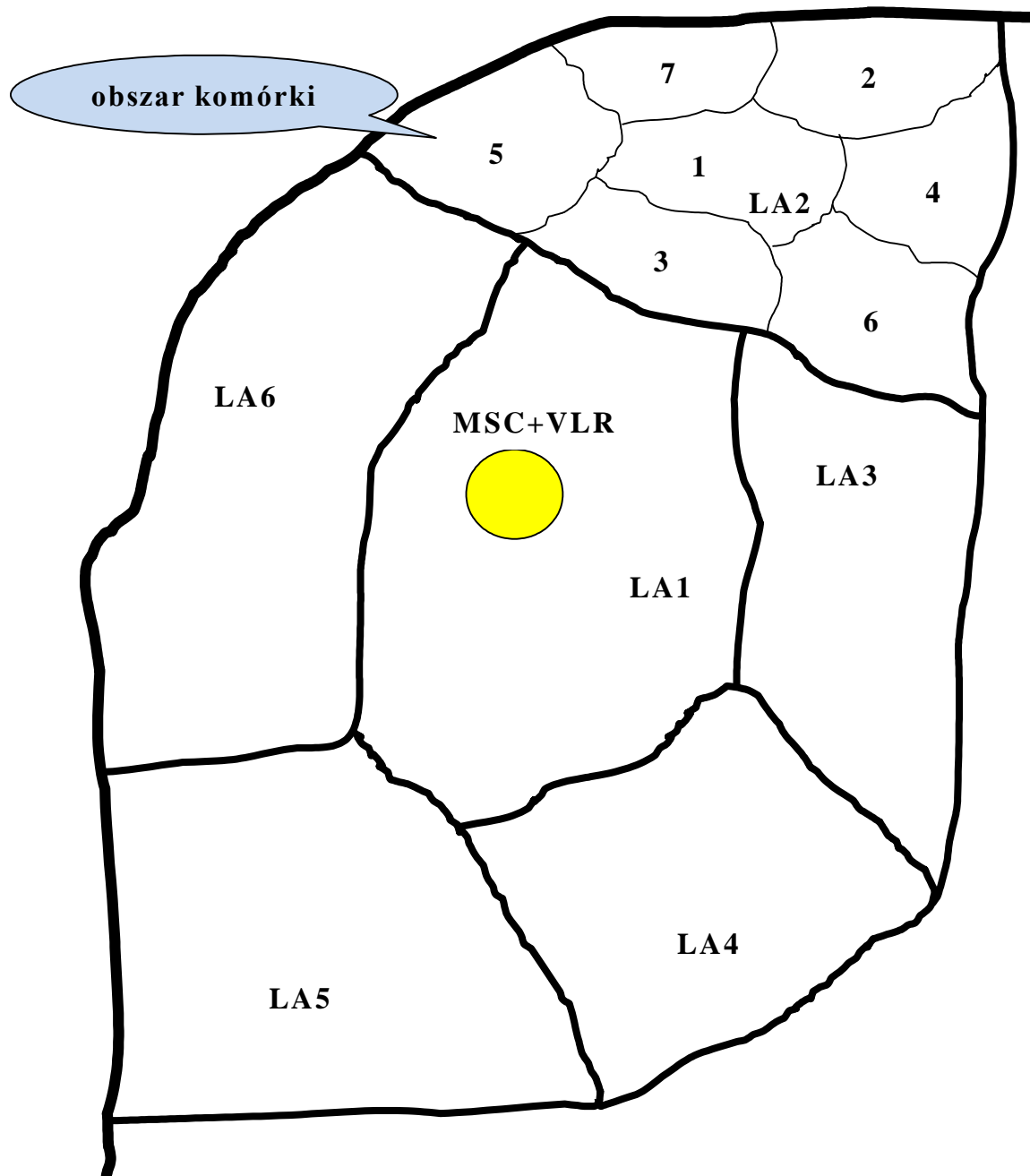


**Organizacja obszaru sieci na poziomie  
sterownika stacji bazowych**



**BTS (Base Transceiver Station) - stacja Bazowa**

## Obszary przywołań



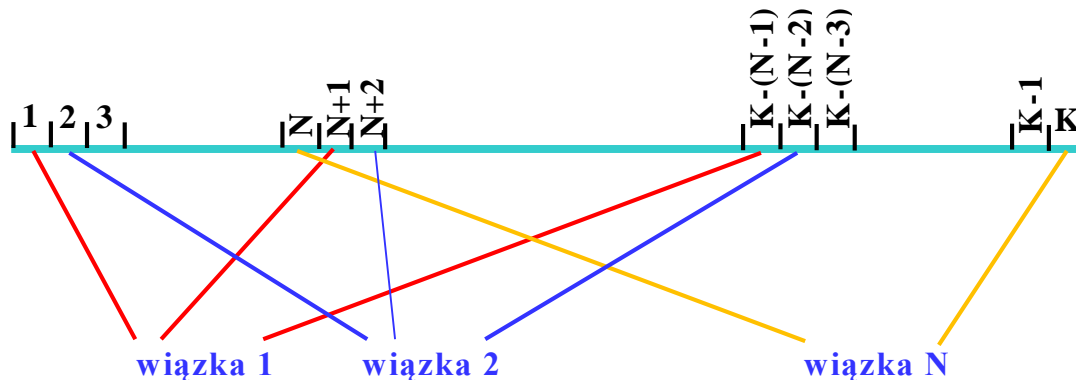
**LA (Location Area) - obszar przywołań**

**Uwaga:** obszary LA w ogólności nie muszą się pokrywać z obszarem BSC, a obszary BTS z obszarem komórki

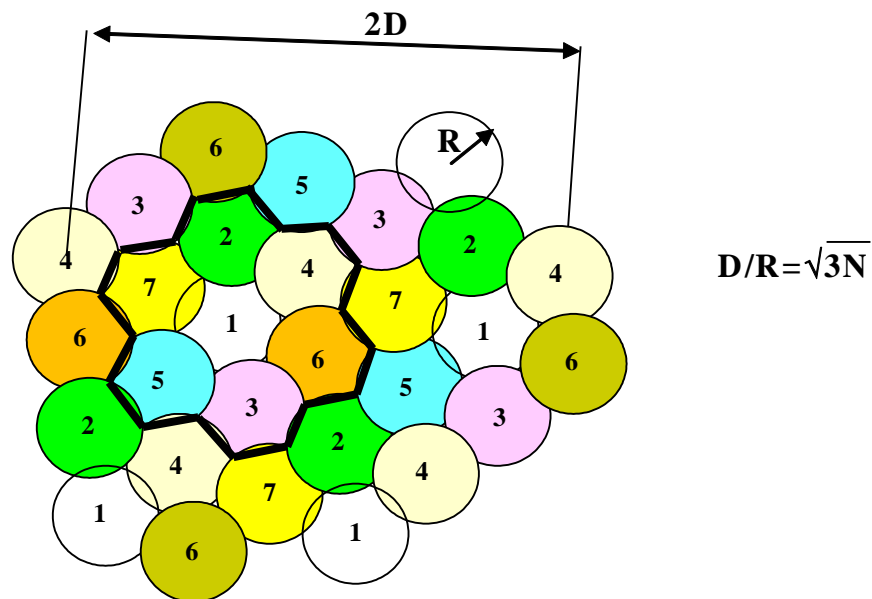
## Ogólne zasady wykorzystania zasobów radiowych

Zasobem przestrzennym systemu komórkowego jest dostępne pasmo radiowe, które dzielimy na kanały w dziedzinie częstotliwości. Mamy zatem:

- zbiór  $K$  kanałów radiowych (proszę wrócić do wykładu, gdzie była podana liczba  $K$  dla systemu GSM 900 i 1800) jest dzielony na  $N$  wiązek



- wiązka kanałów jest przydzielona do komórki i ma pojemność  $K/N$  kanałów radiowych
- $N$  komórek tworzy grupę komórek i określa odległość między komórkami wykorzystującymi kanały radiowe na tych samych częstotliwościach



Uwaga: rysunek wykonany dla  $N=7$

- przy ustalonym K i R, gdy  $N \uparrow$  to  $D \uparrow$  ale  $K/N \downarrow$
- pojemność C systemu komórkowego definiujemy następująco

$$C = \frac{\text{sumaryczna liczba kanałów systemu}}{\text{obszar obsługiwany przez system [km}^2\text{]}}$$

- efektywność  $\eta$  wykorzystania zasobów radiowych definiujemy następująco

$$\eta = \frac{\text{sumaryczna liczba kanałów systemu}}{\text{pasmo systemu [MHz]} \cdot \text{obszar obsługiwany przez system [km}^2\text{]}}$$

### Komentarz!!!

Liczba K kanałów radiowych jest to liczba kanałów dla wszystkich operatorów działających na danym obszarze. Zatem konkretny operator otrzymuje do dyspozycji tylko część z tych kanałów. Kanały nie są współużywalne przez operatorów sieci.

## Zasady numeracji

W systemach komórkowych wyróżnia się i jest obsługiwanych szereg rodzajów numeracji niezbędnych do ich prawidłowej pracy. Są to:

- **MSISDN** (**Mobile Station ISDN number**) jest to międzynarodowy numer abonenta stacji ruchomej zgodny z zaleceniem E.164, który umożliwia zidentyfikowanie każdego abonenta w całej sieci telekomunikacyjnej,
- **IMSI** (**International Mobile Subscriber Identity**) jest to międzynarodowy numer (identyfikator) abonenta ruchomego, który umożliwia identyfikację abonenta w sieciach komórkowych,
- **MSRN** (**Mobile Station Roaming Number**) jest to numer aktualnie obsługiwanego abonenta, który jest przydzielany chwilowo przez MSC/VLR aby można było zestawzić do niego połączenie na poziomie sieci węzłów komutacyjnych MSC; numer ten jest zwalniany i może być ponownie użyty do realizacji innego połączenia,
- **TMSI** (**Temporary Mobile Subscriber Identity**) jest to numer (identyfikator) tymczasowy przydzielany na czas przebywania w obszarze LA i ma znaczenie lokalne (zasady ustala operator, max. 32 bity), a został wprowadzony dla zabezpieczenia podsłuchu,
- **IMEI** (**International Mobile Equipment Identity**) jest to identyfikator terminala w celu zapobieżenia używania niehomologowanych, uszkodzonych lub skradzionych terminali,
- **LAI** (**Location Area Identity**) jest to identyfikator obszaru przywołań,
- **CGI** (**Cell Global Identity**) jest to identyfikator używany do rozróżnienia komórek w obszarze przywołań,
- **BSIC** (**Base Station Identity Code**) jest to identyfikator stacji bazowej, który umożliwia rozróżnienie sygnałów od komórek o tych samych częstotliwościach pochodzących od różnych stacji bazowych.

**Uwaga:** proszę porównać zasady numeracji dla abonentów sieci stacjonarnej i sieci abonentów ruchomych i stąd wyciągnąć wnioski.

## Zawartość informacyjna HLR+AC, VLR, SIM

### HLR+AC

#### HLR

- MSISDN:
  - IMSI,
  - adres VLR

**AC** (Authentication Centre) – centrum identyfikacji jest bezpośrednio podporządkowane HLR dlatego też często piszemy HLR+AC lub HLR/AC

- IMSI:
  - klucz Ki,
- parametry związane z algorytmem identyfikacji i szyfrowania (A3, A8).

### VLR

#### IMSI:

- MSRN,
- TMSI,
- LAI

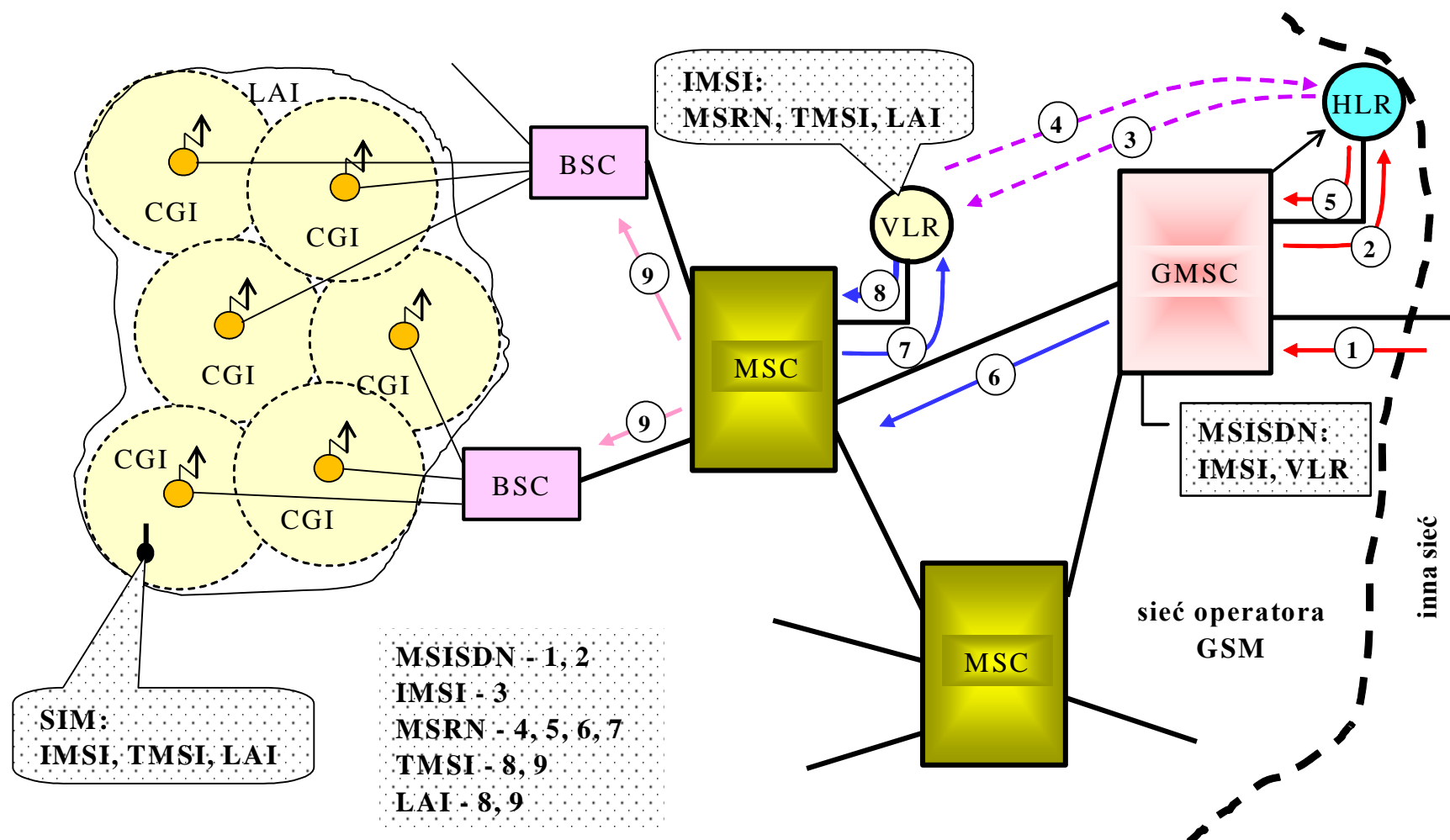
**SIM** (Subscriber Identity Module) – moduł identyfikatora abonenta (karta)

- numer seryjny,
- status SIM,
- klucz Ki,
- IMSI,
- parametry związane z algorytmem identyfikacji i szyfrowania (A3, A8),
- MSISDN,
- kod PIN,
- kod PUK odblokowania,
- klucz Kc (jest obliczany w MS),
- TMSI,
- LAI,
- prawa dostępu (uprawnienia),
- preferowane sieci,
- zabronione sieci,
- krótkie wiadomości.

#### Uwaga:

Przedstawiona zawartość informacyjna nie wyczerpuje całości.

# Przeznaczenie numerów i identyfikatorów w przypadku połączenia przychodzącego do sieci operatora GSM



## Przebieg drogi połączeniowej po przełączeniu

