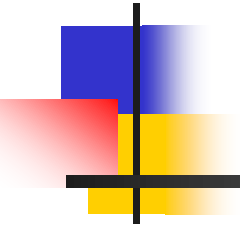


Techniki zarządzania lokalizacją w sieciach mobilnych





Wprowadzenie

- Problem lokalizacji użytkownika
 - Dynamiczna realokacja stacji mobilnych
 - Konieczność lokalizowania stacji mobilnej przed nawiązaniem połączenia
 - Koszta rejestracji położenia stacji mobilnej



Rodzaje stacji bazowych

- Stacje bazowe – raportujące
 - Wysokie koszty
 - Krótki czas dostępu
- Stacje bazowe – nieraportujące
 - Niskie koszty
 - Długi czas dostępu



Problem

Znalezienie optymalnego rozwiązania pomiędzy kosztem a czasem dostępu



Zarządzanie lokalizacją

- Location management
 - Location update (aktualizacja położenia)
 - Authentication
 - Database updates
 - Location inquiry (śledzenie MS)
 - Paging
 - Database queries



Zarządzanie lokalizacją

- Zarządzanie lokalizacją – śledzenie użytkowników mobilnych wewnątrz sieci
- Wyróżniamy dwa zagadnienia:
 - Location Update (aktualizacja położenia):
Urządzenie samoistnie aktualizuje swoje położenie w systemie
 - Location Inquiry (wyszukiwanie MS):
Poszukiwanie urządzenia inicjowane przez system

Location Update

- Schemat uruchamiania mobilnego klienta

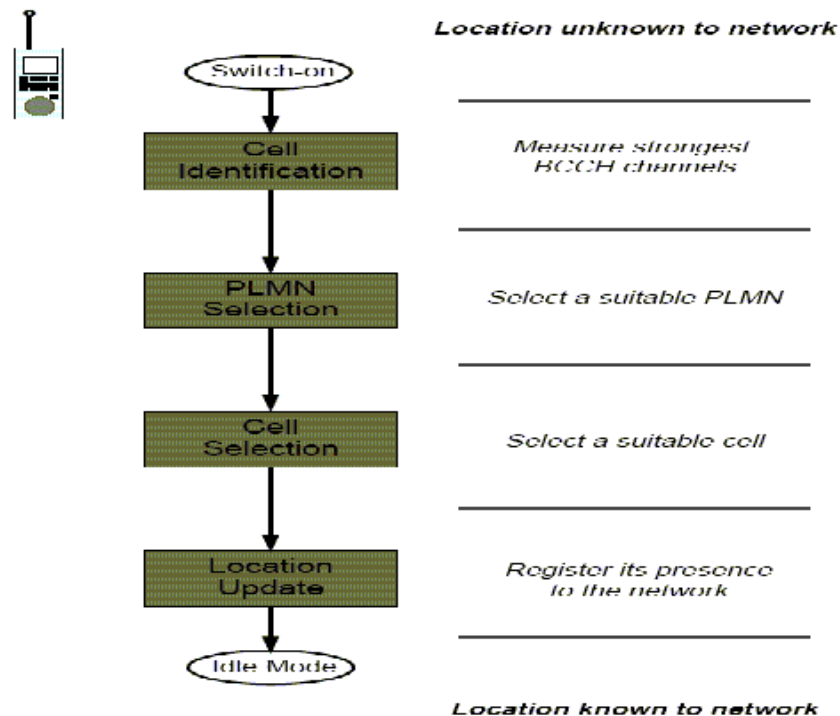
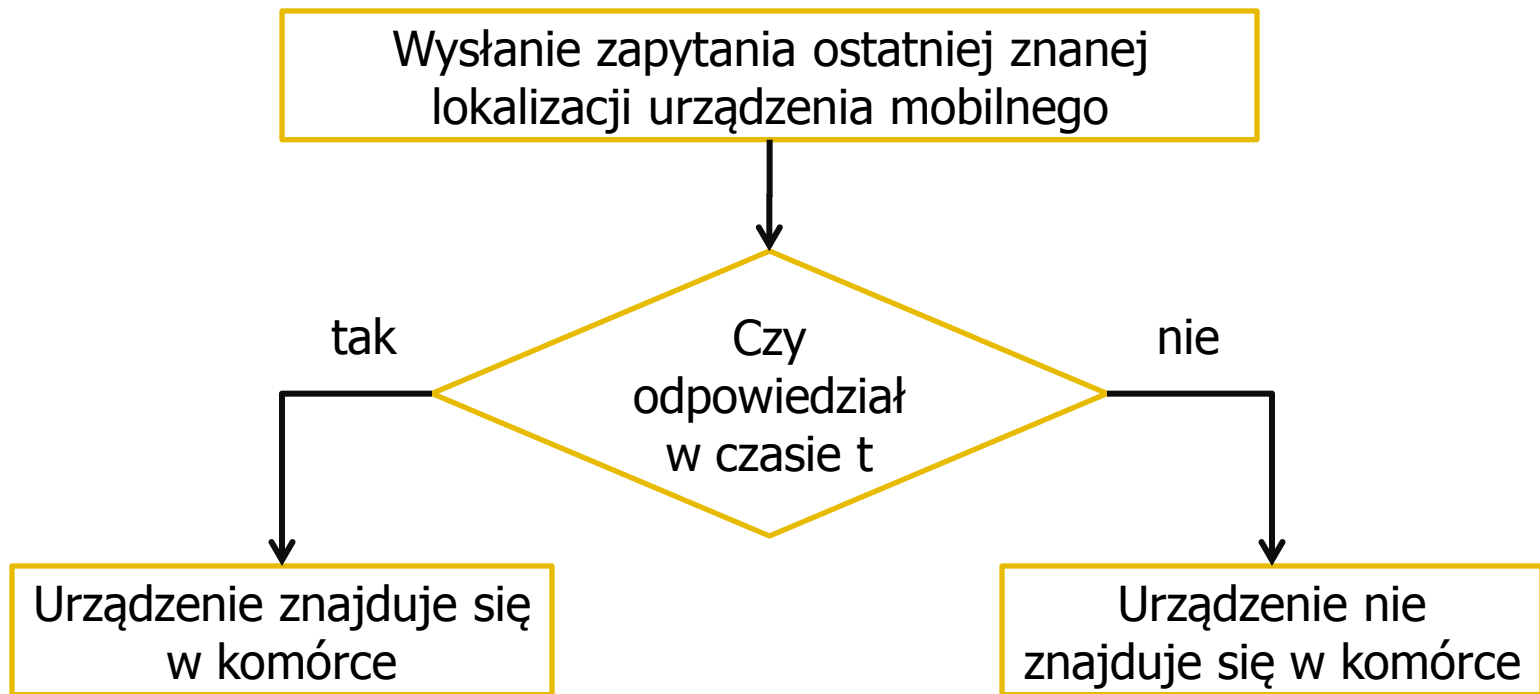


Figure 5-1. Network Attachment Process

Location Inquiry – schemat działania





Koszty zarządzania

- Koszt zarządzania w okresie czasu T zależy od:
 - Ilości samo uaktualniających się klientów mobilnych (Location Update)
 - Ilości aktualizacji położenia stacji mobilnych wymuszonych przez system (Location Inquiry)



Koszty zarządzania – wzór

$$Total Cost = C \times N_{LU} + N_p$$

- C** – stałą stosunku kosztów Location Update do Location Inquiry
NLU – ilość wszystkich aktualizacji w czasie T
NP – liczba wymuszonych lokalizacji w czasie T (Location Inquiry)



Koszty zarządzania – uwagi

- Koszty realne są na ogół wyższe niż wyliczenia z wzoru
- Wartość stałej C równa jest najczęściej jako 10
- Wzór nie nadaje się do większych / bardziej złożonych strategii zarządzania lokalizacją urządzeń mobilnych



Topologia sieci

- Reprezentacja graficzna
 - Konieczność przedstawienia graficznego stacji bazowych wraz z obszarem ich działania
 - Przyjmuje się za najlepszym model komórki model komórki sześciokątnej
 - Możliwość prostej implementacji obliczeń
 - Kształt zbliżony do rzeczywistego

Wzorce mobilnego postępowania



- Wzorce mobilnego postępowania (Mobility Pattern) starają się zasymulować:
 - Różnice w ludzkim zachowaniu
 - Próbuje urealnić zachowanie się stacji mobilnych w sieci

Wzorce mobilnego postępowania



- Model „bezpamięciowy” – losow
 - Urządzenia przemieszczają się losowo
 - Kierunek przemieszczania w czasie T nie ma wpływu na kierunek przemieszczania się w czasie $T+1$
 - Brak zależności pomiędzy urządzeniami, lokalizacją etc.

Wzorce mobilnego postępowania



- Model Markowa – z pamięcią komórek
 - Dotychczasowo odwiedzone komórki mają wpływ na prawdopodobieństwo wyboru kolejnej komórki
 - Dla płaszczyzny jednowymiarowej - W czasie $t+1$ użytkownik pozostanie w swojej komórce k z prawdopodobieństwem $P(q)$ albo przemieści się do komórki a lub b z prawdopodobieństwem równym $P(a|k)$, $P(b|k)$

Wzorce mobilnego postępowania



- Model Markowa – z pamięcią komórek
 - Dla płaszczyzn wielowymiarowych prawdopodobieństwo przemieszczenia się do jednego z dwóch sąsiadów wynosi $P(a|jk)$ i $P(b|jk)$ gdzie j i k oznaczają 2 ostatnie komórki w których był użytkownik

Wzorce mobilnego postępowania



- Model Markowa – z pamięcią kierunku
 - informacje kierunkowe są używane do modelowania przemieszczania się użytkownika w strukturze topologicznej sieci takiej jak siatkowa i heksagonalna.
 - topologia siatkowa zapewnia że z każdej komórki możemy przemieścić się w dokładnie w 4 różnych kierunkach (góra, dół, lewa, prawa)

Wzorce mobilnego postępowania



- Model Markowa – z pamięcią kierunku
 - położenie użytkownika w czasie $T+1$ jest zależne od położenia użytkownika w czasie T
 - użycie czysto kierunkowej informacji dla modelowania mobilnego nie rozróżnia lokalizacji geograficznej różnych komórek w sieci.

Wzorce mobilnego postępowania



- Model najkrótszej drogi
 - W tym modelu przyjmuje się że użytkownicy będą przemieszczali się najkrótszą drogą ze źródła do miejsca docelowego.
 - Model przeznaczony szczególnie do ruchu drogowego gdzie każdy użytkownik ma swoje źródło i kierunek docelowy.
 - W takim wypadku najkrótsza odległość jest łatwa do wyznaczenia.



Wzorce mobilnego postępowania

- Model Gausse-Markov
 - Model obejmuje niektóre kluczowe charakterystyki prawdziwego zachowania użytkowników mobilnych w tym korelacje prędkości użytkowników w czasie.

Wzorce mobilnego postępowania

- Model Gausse-Markov

$$v_n = \alpha \times v_{n-1} + (1 - \alpha) \times \mu + \sqrt{1 - \alpha^2} \times X_{n-1}$$

- Alfa - należy do $[0,1]$
- μ - jest asymptotyczną średnią V_n
- n - dąży do nieskończoności
- X_n - niezależny nieskolerowany i stacjonarny proces Gaussa.

Wzorce mobilnego postępowania



- Model bazujący na aktywności
 - Centralnym punktem modelu są aktywności
 - Każda aktywność reprezentuje cel podróży
 - Aktywność wymaga aby użytkownik podróżował do miejsca przeznaczenia powiązanego z aktywnością
 - Nowe aktywności są potem wybierane lub generowane na podstawie takich czynników jak poprzednie aktywności i pora dnia.

Wzorce mobilnego postępowania



- Model śledzenia aktywności
 - Przemieszczanie się użytkowników w prawdziwej sieci komórkowej lub obszarze geograficznym może być użyte do symulacji
 - Śledzenie jest bardziej dokładne i realistyczne niż inne matematyczne modele



Wzorce mobilnego postępowania

- Model śledzenia aktywności
 - Śledzenie mobilności nie jest łatwo dostępne w szczególności o rozmiarze odpowiednio dużym do przeprowadzenia symulacji sieci.
 - Zachowanie się użytkowników może być różne w różnych sieciach wpływ na to ma np. wielkości sieci lub położenie geograficzne

Wzorce mobilnego postępowania



- Fluid- Flow Model
 - model makroskopijny
 - przepływ ruchu użytkowników mobilnych jest modelowany jako płynny przepływ opisujący makroskopijny wzorzec systemu
 - zakłada się że każdy użytkownik porusza się ze średnią prędkości V i jest nieskolerowany z prędkości innych użytkowników
 - kierunek poruszania się każdego użytkownika jest określoną wartości z przedziału od 0 do 2π

Wzorce mobilnego postępowania

- Fluid- Flow Model
 - dla regionu o długości L i gęstości zaludnienia P średnia liczna użytkowników poruszających się na zewnątrz obszaru na jednostkę czasu określona jest wzorem

$$N = \frac{p \times v \times L}{\pi}$$

Wzorce mobilnego postępowania



- Fluid- Flow Model
 - model odpowiedni dla ruchu samochodowego gdzie użytkownicy nie robią regularnych przystanków w przeciwieństwie do ruchu pieszego który może być nieregularny

Wzorce mobilnego postępowania



- Model grawitacyjny
 - Ruch pomiędzy dwoma stronami I, J jest funkcja ciężkości każdej ze stron P_i, P_j (np. populacji) i regulowanego parametru $K(ij)$
 - model grawitacyjny opisuje ruch makroskopijnie, na tle całego systemu.
 - Nie może być użyty do symulacji zawierającej wzorce dla indywidualnych użytkowników



Wzorzec częstotliwości rozmów przychodzących

- Cechy rozmów przychodzących:
 - Wielkość rozmów przychodzących użytkowników mobilnych w prawdziwej sieci komórkowej jest wartości zmienną w czasie
 - Np.: wielkość będzie większa podczas godzin pracy niż poza nimi

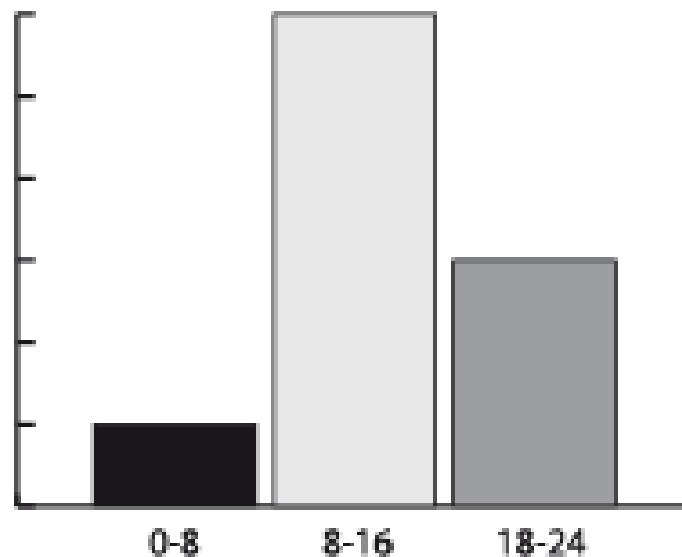
Wzorce mobilnego postępowania



- Model Poisson'a
 - Dane sugerują że makroskopijnie (po agregacji) wielkość w modelu Poissona odzwierciedla przychodzenie rozmów w prawdziwej sieci komórkowej.
 - Indywidualny użytkownik może nie mieć rozkładu Poisson ponieważ dla takiego użytkownika rozpatrywane są też inne zależności takie jak pora dnia i dni specjalne (np wakacje)

Wzorce mobilnego postępowania

- Model śledzenia rozmów przychodzących
 - Model zakłada warunkową częstotliwość rozmów przychodzących np.: podczas godzin pracy będzie generowana większa liczba rozmów przychodzących niż poza nimi.



Wzorce mobilnego postępowania



- Model śledzenia rozmów przychodzących
 - Dane do tego modelu można łatwo uzyskać z rekordów rozmów użytkowników
 - Aktualne śledzenie rozmów w istniejącej sieci komórkowej także może być użyte do symulacji.
 - Śledzenie rozmów zapewnia bardziej realistyczne reprezentacje bieżących rozmów przychodzący niż inne modele matematyczne takie jak model Poissona.

Wzorce mobilnego postępowania



- Model śledzenia rozmów przychodzących
 - W przeciwieństwie do śledzenia mobilności śledzenie danych o rozmowach przychodzących użytkowników może być łatwo odczytane z rekordów rozmów użytkownika
 - Model rozmów przychodzących zmiennych w czasie może być wystarczający do dokładnej reprezentacji wzorców rozmów przychodzących użytkowników

Strategia Aktualizacji Położenia



- Strategia statyczna
 - Brak odwzorowania indywidualnych wzorców zachowań użytkowników stacji mobilnych
 - Niski koszt wdrożenia
 - Wysoki koszt zarządzania systemem
- Strategia dynamiczna
 - Odwzorowanie wzorców zachowań użytkowników stacji mobilnych
 - Wysoki koszt wdrożenia (zużycie energii w MS)
 - Niższy koszt zarządzania systemem



Strategia Aktualizacji Położenia - statyczna

- Ciągłej aktualizacji:
 - MS aktualizuje swoje położenie każdorazowo po zmianie komórki
 - Stosowane dla urządzeń mało mobilnych
 - Zalety:
 - Operator zawsze wie gdzie jest urządzenie
 - Wady:
 - Wysoki koszt zasobów



Strategia Aktualizacji Położenia - statyczna

- Braku aktualizacji:
 - MS nigdy nie raportuje swojego położenia
 - Stosowane dla małych komórek z szybko przemieszczającymi się stacjami mobilnymi dla których jest mało połączeń
 - Zalety:
 - Niskie zużycie zasobów
 - Wady:
 - Długi czas oczekiwania
 - Operator nigdy nie wie gdzie znajduje się MS

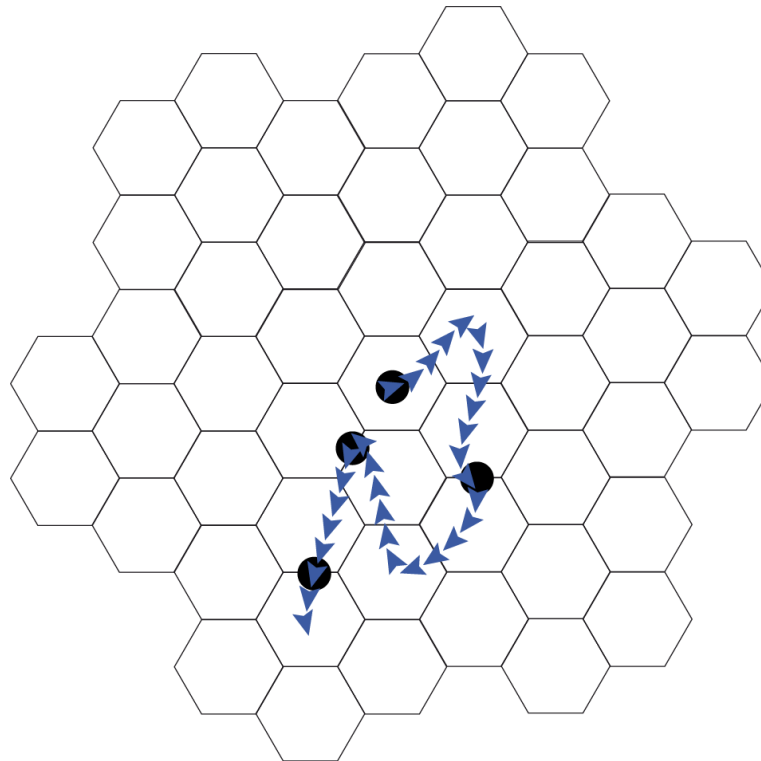


Strategia Aktualizacji Położenia - Dynamiczna

- Strategia oparta na czasie
 - Strategia oparta na samoczynnej aktualizacji położenia w odstępach czasu T
 - Różny czas między aktualizacjami w zależności od użytkownika
 - Zalety:
 - System wie kiedy MS jest poza zasięgiem/wyłączona
 - Wady:
 - Zbędne koszty przy mało mobilnych użytkownikach
 - System nie wie gdzie znajduje się MS między aktualizacją

Strategia Aktualizacji Położenia - Dynamiczna

- Strategia oparta o ruch:
Movement-Based Strategy



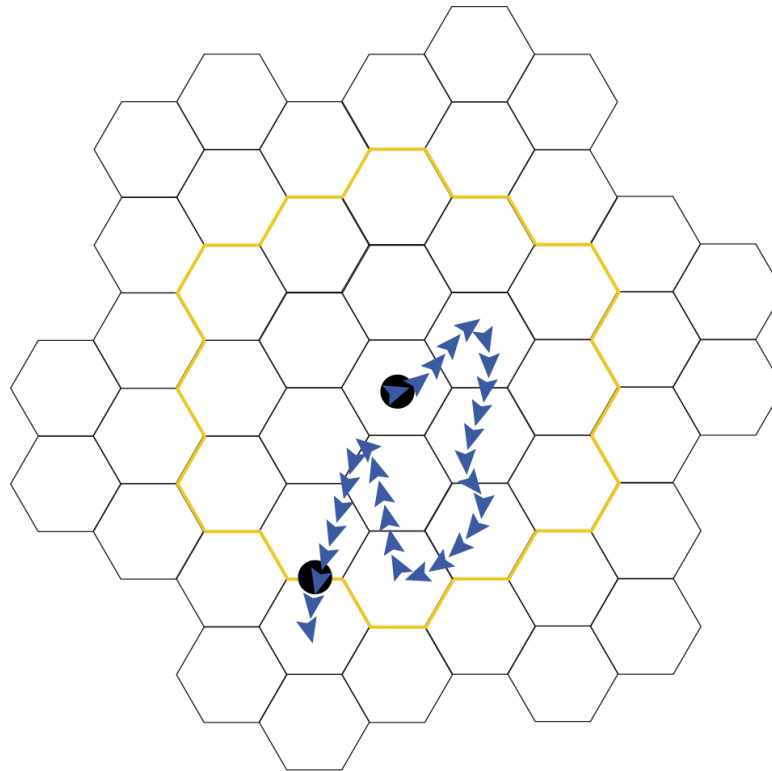


Strategia Aktualizacji Położenia - Dynamiczna

- Strategia oparta o ruch
 - System aktualizuje położenie MS po przebyciu określonej M liczby komórek od czasu ostatniej aktualizacji
 - Zalety:
 - Ograniczony zasięg komórek do wyszukania w trakcie nawiązywania połączenia (promień M)
 - Wady:
 - Ciężka implementacja np.:
Problemy z odwzorowaniem kierunku etc.

Strategia Aktualizacji Położenia - Dynamiczna

- Strategia oparta o dystans:
Distance-Based Strategy





Strategia Aktualizacji Położenia - Dynamiczna

- Strategia oparta o dystans
 - Strategia oparta o odległość (dystans D) od komórki początkowej
 - System aktualizuje położenie MS po przekroczeniu dystansu D
 - Zalety:
 - Ograniczony zasięg wyszukiwania
 - Uwzględnia „przypadkowy” ruch, modele Marcova etc.
 - Wady:
 - Najtrudniejsza implementacja

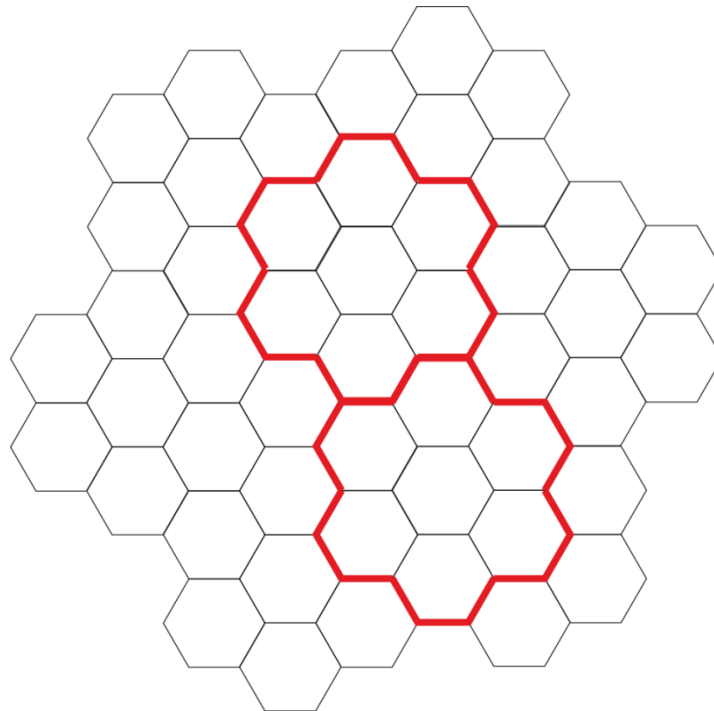


Location Area (LA)

- Definicja:
 - Obszar składający się zwykle z kilkudziesięciu lub kilkuset komórek sieci GSM
 - Każda z nich podczas definicji otrzymuje ten sam parametr Location Area Identity (**LAI**)
 - Za pomocą tego parametru **VLR** przechowuje informacje o położeniu Abonenta.

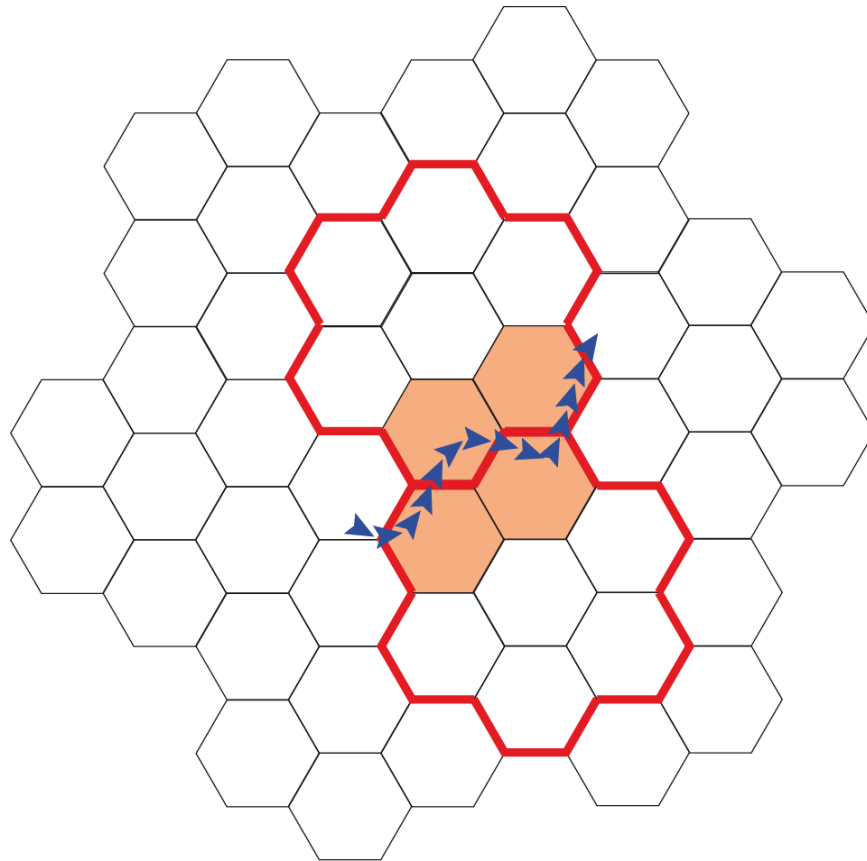
Location Area (LA) - statyczne

- Statyczne podejście – obszary lokalizacji są niezmiennie w czasie, wielkości i miejscu.



Location Area (LA) - statyczne

- Przejście między LA - overlapping



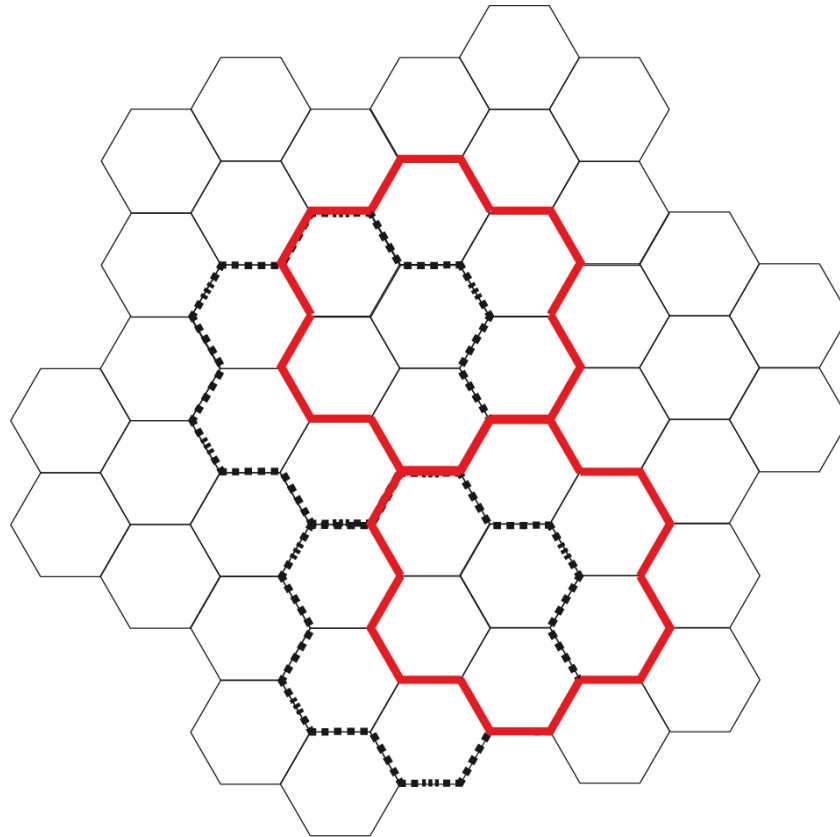


Location Area (LA) - statyczne

- Problemy:
 - W czasie przejścia pomiędzy LA
 - Konieczność aktualizacji przypisania MS
 - Duży obciążenie komórek granicznych
 - Rozwiązania
 - Dodanie dodatkowych częstotliwości
 - Stworzenie indywidualnych grup użytkowników
 - Użycie niektórych strategii (np.: czasu)

Location Area (LA) - statyczne

- Model Hybrydowy – siatka wielowarstwowa



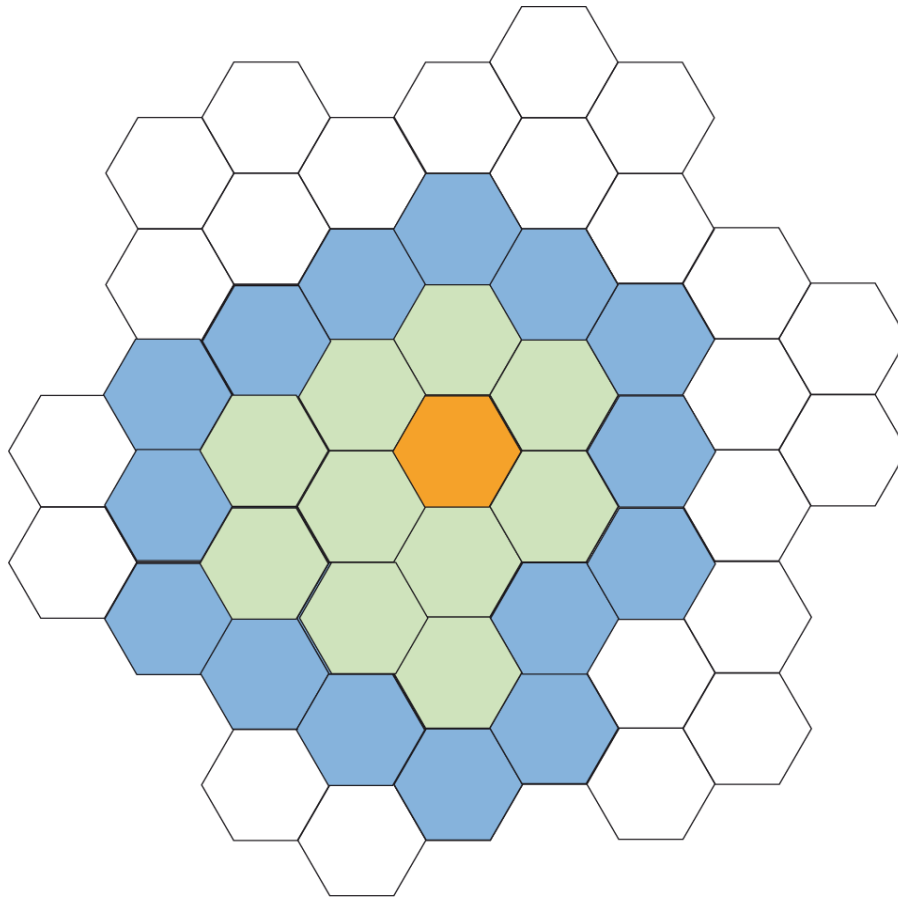


Location Area (LA) - statyczne

- Model Hybrydowy – siatka wielowarstwowa
 - Wiele LA nałożonych na siebie
 - Podział użytkowników na różne grupy
 - Przypisanie danego rozlokowania LA do danej grupy
- Two-Location Algorithm (TLA)
 - Aktualizacja położenia tylko jeżeli MS wejdzie do komórki oddalonej o dwa od innej lokalizacji
 - Wysoka mobilność przy małej liczbie połączeń

Location Area (LA) - dynamiczne

- Przykład dynamicznego tworzenia LA



Location Area (LA) - dynamiczne



- Schemat dynamicznego tworzenia LA:
 - Komórka w której znajduje się MS automatycznie zalicza się do LA
 - Średnia wartość przejścia do sąsiednich komórek W
 - Jeżeli koszt przejścia jest większy niż wartość W wtedy komórka nie zalicza się do LA

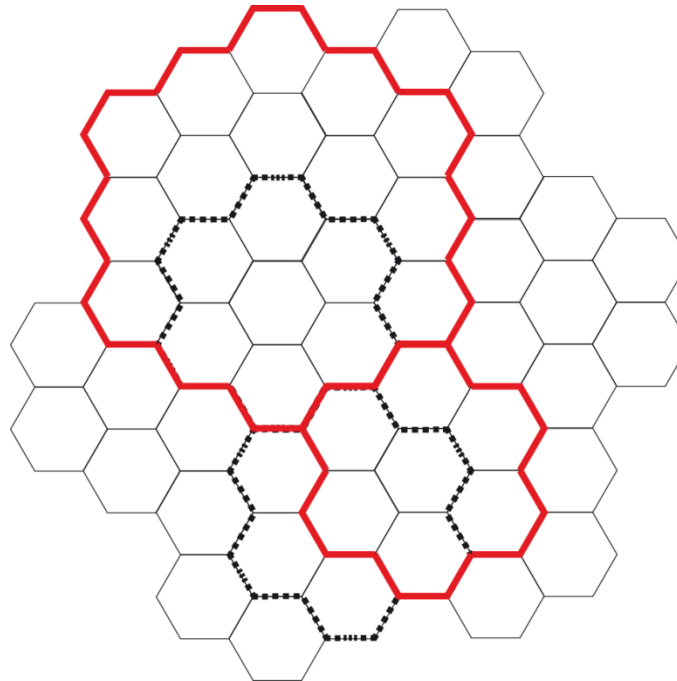


Location Area (LA) - dynamiczne

- Uwagi:
 - Dynamiczne modele wymagają tworzenia indywidualnych wzorców LA dla każdego użytkownika
 - Lepsze efekty przy zastosowaniu dodatkowo Strategia oparta o dystans
 - Problem jest problemem NP-zupełnym
 - Pojawia się problem nieregularnych kształtów LA

Location Area (LA) - dynamiczne

- Wzorce indywidualne





Location Area (LA) - dynamiczne

- Wzorce indywidualne
 - Wzorzec LA dopasowany indywidualnie do każdego użytkownika MS
 - Dobra optymalizacja przy wykorzystaniu aktualizacji położenia MS opartej na dystans (Distance-Based Strategy)

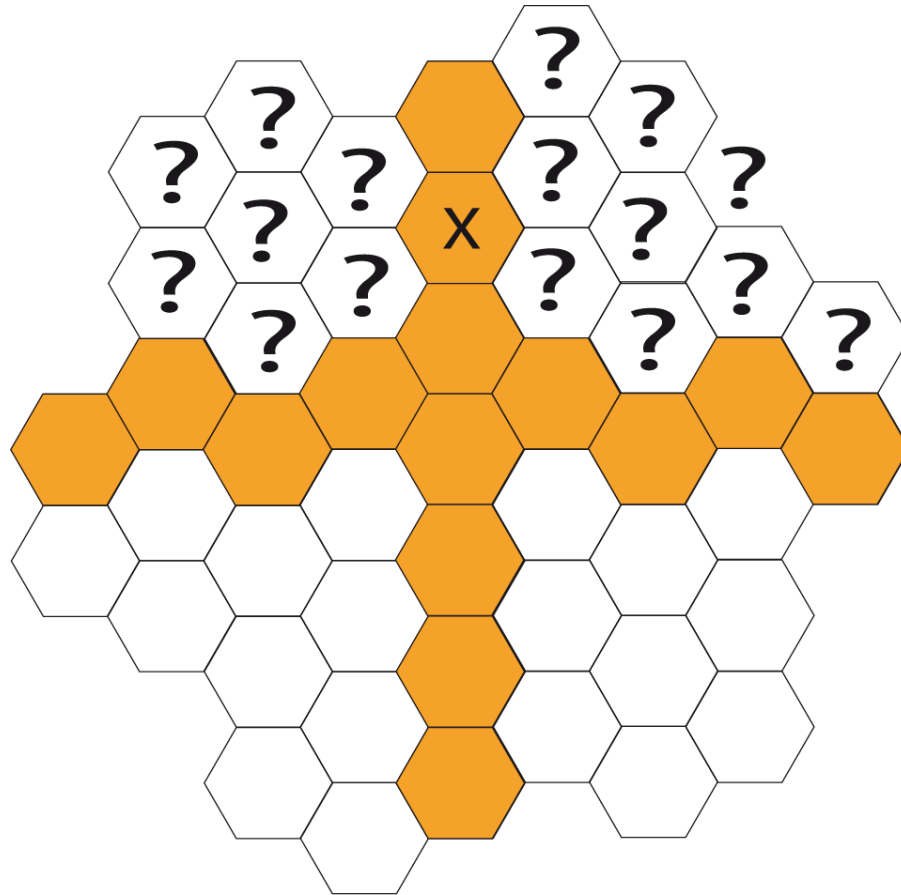


Stacje Raportujące

- **Podejście:**
 - Statyczne – niezmienna struktura stacji raportujących
 - Dynamiczne – dynamiczna struktura stacji raportujących

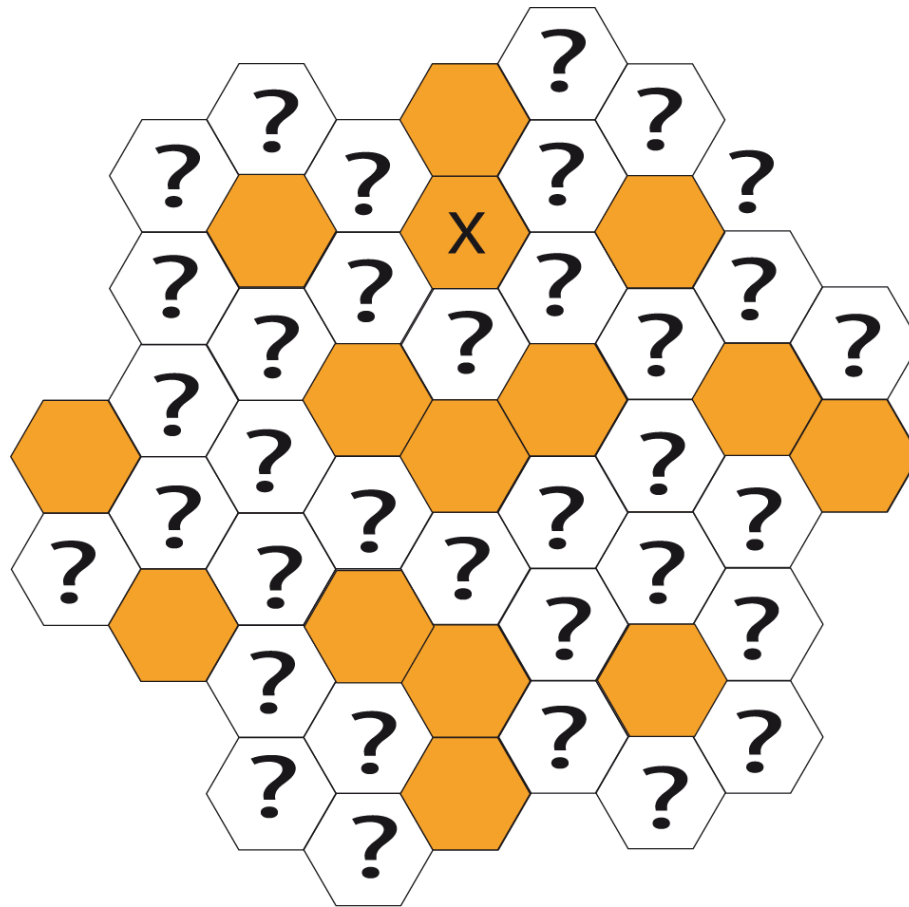
Stacje Raportujące - Statyczne

- Rozmieszczenie krzyżowe



Stacje Raportujące - Statyczne

- Problem lokalizacji



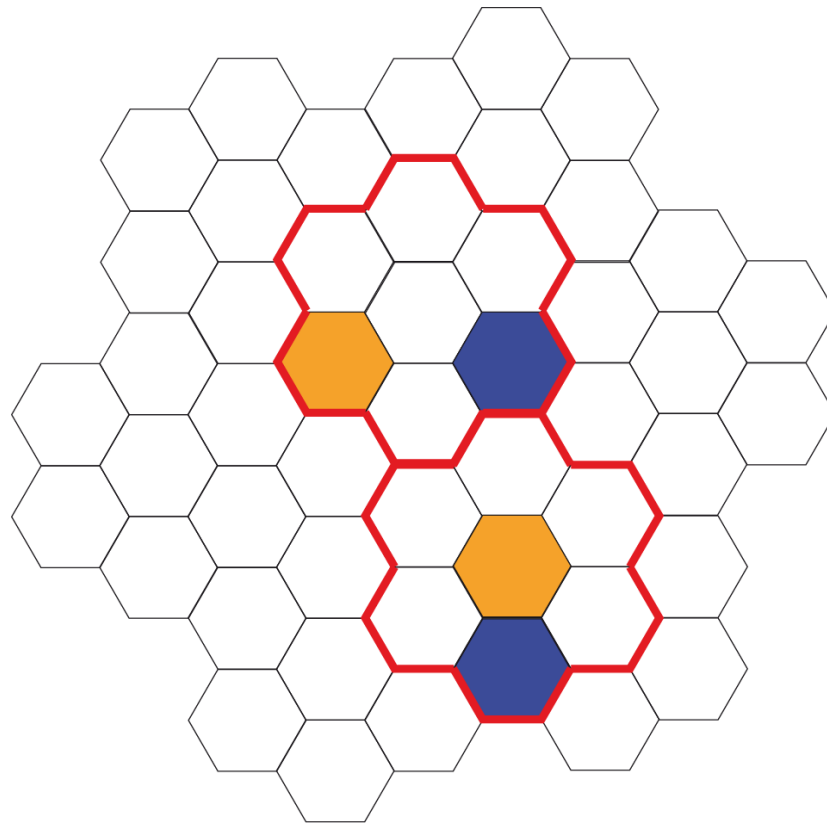


Stacje Raportujące - Statyczne

- Rozmieszczenie stacji jest statyczne, nie predefiniowane dla każdego użytkownika
- Rozmieszczenie stacji jest problemem NP zupełnym
- Algorytmy niedeterministyczne dają rozwiązania zbliżone do optymalnych
- Lepsze rozwiązanie niż strategia ciągłej aktualizacji
- Lepsze rozwiązanie niż strategia braku aktualizacji

Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Dynamiczna lokalizacja stacji raportujących



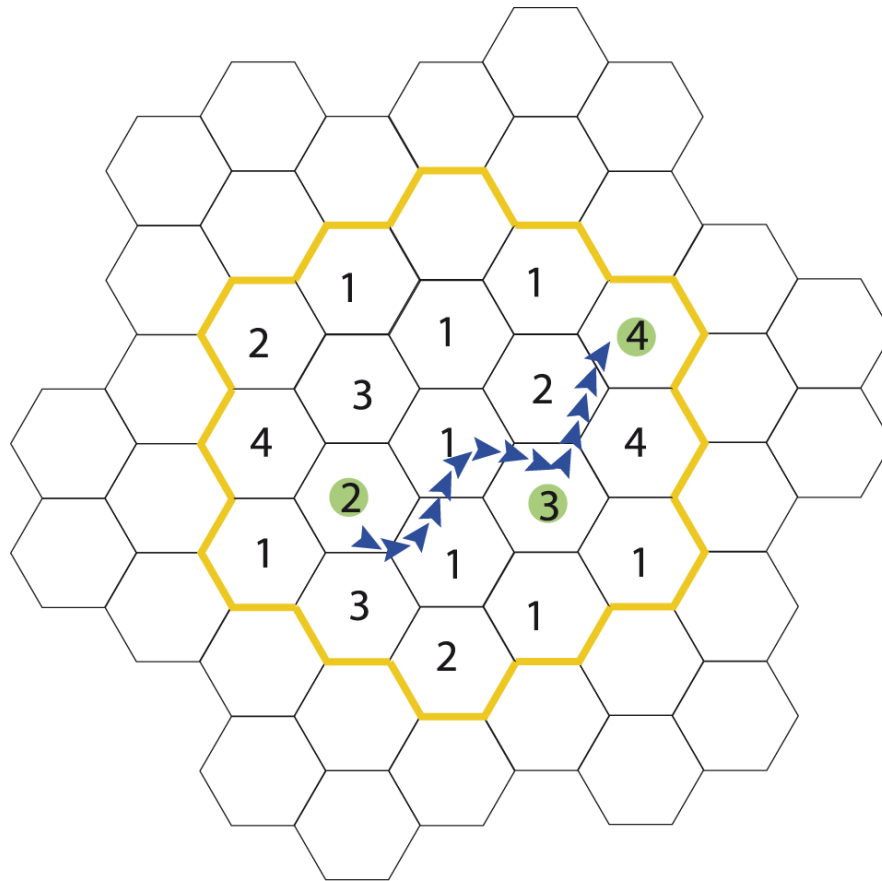


Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Charakterystyka
 - Użytkownicy posiadają własny schemat stacji raportujących
 - Lokalizacja Stacji Raportującej w nowym regionie (LA) oparta na dopasowaniu do optymalnej wartości przypisanej do indywidualnego schematu użytkownika(PLU)

Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Strategia adaptacji wartości progowej



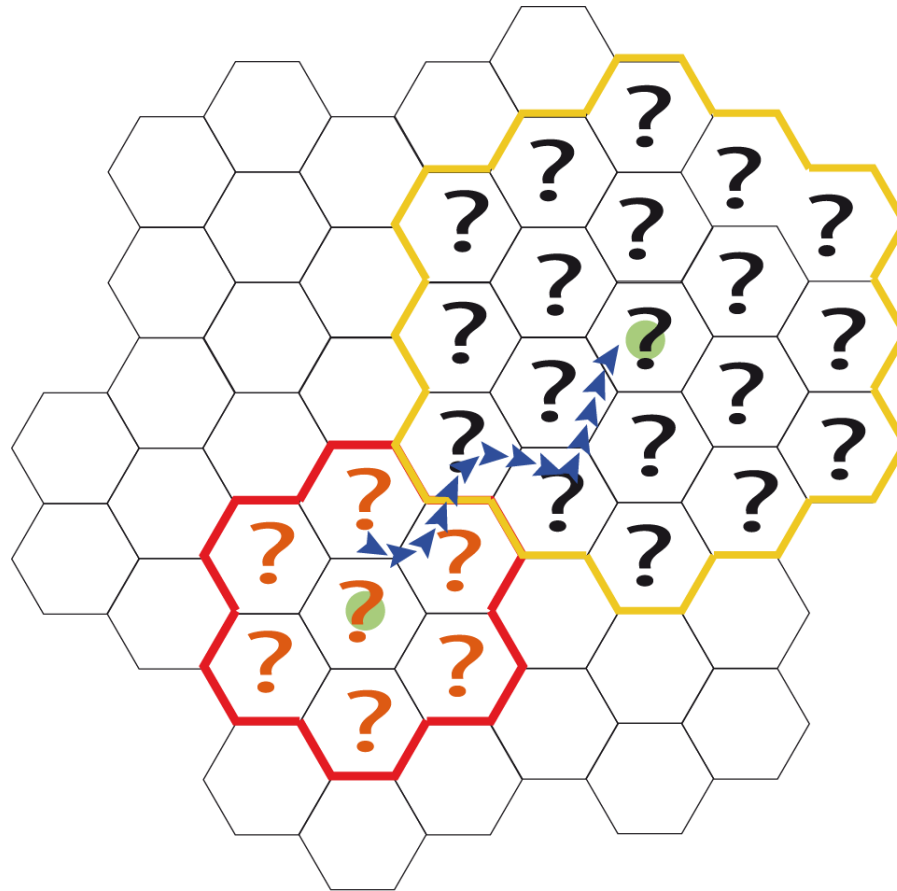


Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Każda komórka ma wartość brzegową
- W wypadku kiedy wartość brzegowa w nowej komórce jest większa niż ostatnio zapamiętana – system aktualizuje położenie MS
- Jeżeli wartość jest mniejsza system nie aktualizuje położenia MS
- Koszt wyszukiwania zdecydowanie niższy w porównaniu ze strategią opartą na czasie.

Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Strategia profilowania stacji



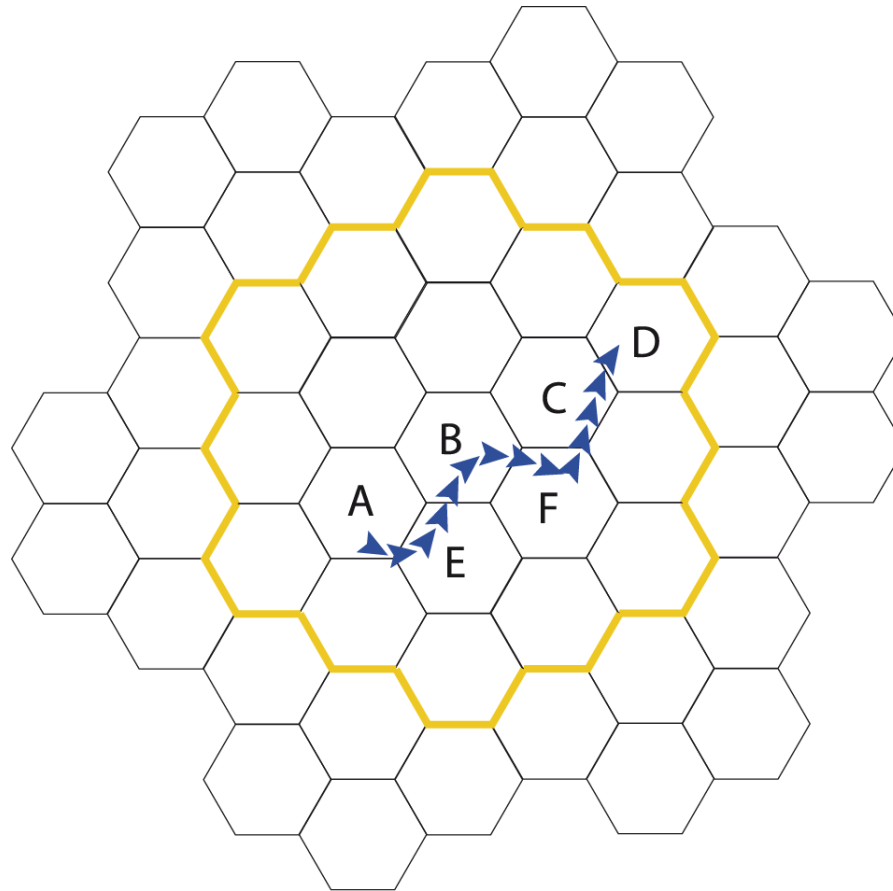


Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Wielkość LA jest dobierana indywidualnie, w zależności od częstotliwości i długości pobytu w danym obszarze
- MS nie aktualizuje swojego położenia w obrębie LA
- MS aktualizuje położenie jedynie zmieniając LA
- Niski koszt zarządzania systemem – warunek: przewidywalne zachowania użytkowników

Stacje Raportujące - Dynamiczne

- Strategia kompresji baz



Stacje Raportujące - Dynamiczne

Symbol	A	B	C	D	E	F
Wartość	1	2	3	4	5	6

- Zapis przebytej drogi (wzorzec):
 - (A) 1, (E) 5, (B) 2, (F) 6, (C) 3, (D) 4



Stacje Raportujące - Dynamiczne

- System bazuje na krótkich ciągach bitów, każdy ciąg reprezentuje inną komórkę
- Pozycja aktualizowana jeżeli tworzony jest nowy wzorzec (po wejściu do nowej komórki wysyłany ciąg jest inny od już istniejących)
- Wymaga przechowywania wartości wzorców w MS jak i w systemie
- Długi czas wyszukiwania użytkownika

Stacje Raportujące - Dynamiczne



- Strategie hybrydowe
 - Stosowanie różnych wyżej wymienionych technik razem
 - Przykład: połączenie Strategii wyszukiwania opartej na czasie + LA
 - MS aktualizuje się samoczynnie w odstępach czasu równych T
 - Dodatkowo system aktualizuje położenie MS w momencie przekroczenia granicy LA



Strategie śledzenia

- Założenia
 - Strategie śledzenia (inquiry) wykorzystuje się podczas nawiązania połączenia z MS
 - Strategie śledzenia nie są konieczne jeżeli MS znajduje się a obszarze działania stacji raportującej

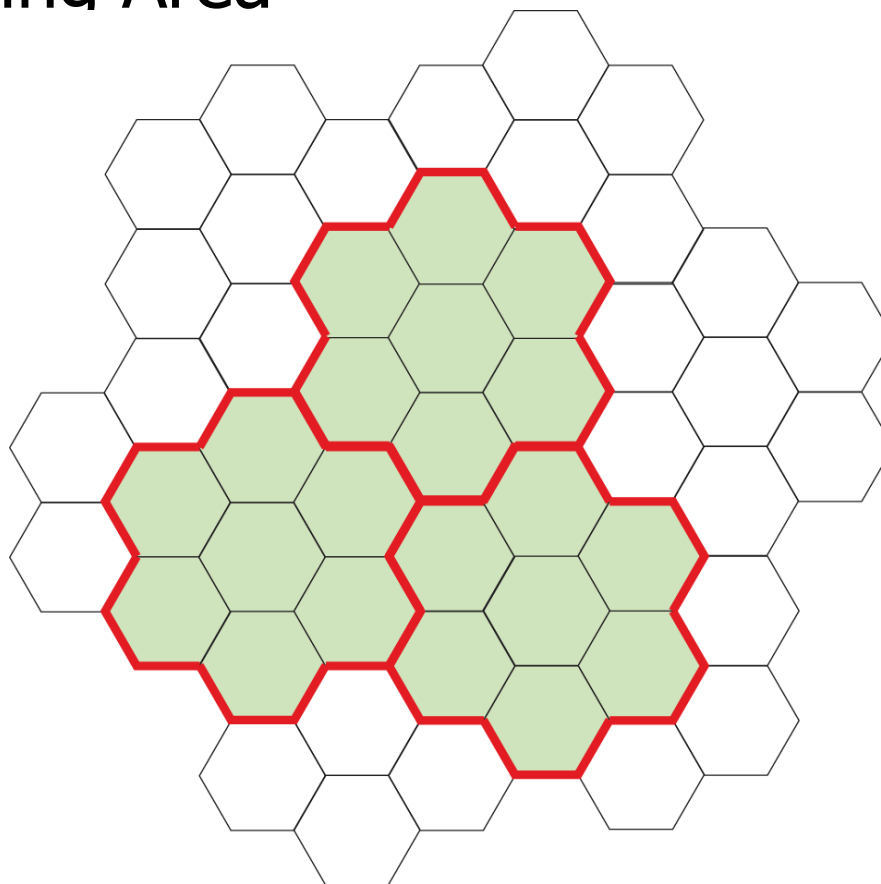


Strategie śledzenia

- Założenia
 - Strategie śledzenia wykorzystuje się:
 - Kiedy komórka w której aktualnie znajduje się MS nie ma stacji raportującej
 - Kiedy MS znajduje się w zasięgu stacji raportującej ale z powodu zakłóceń nie system nie działa poprawnie
 - Strategie są istotne z punktu widzenia czasu koniecznego do nawiązania połączenia
 - Niwelują problem powtórnego przeszukiwania danej komórki

Strategie śledzenia

- Paging Area



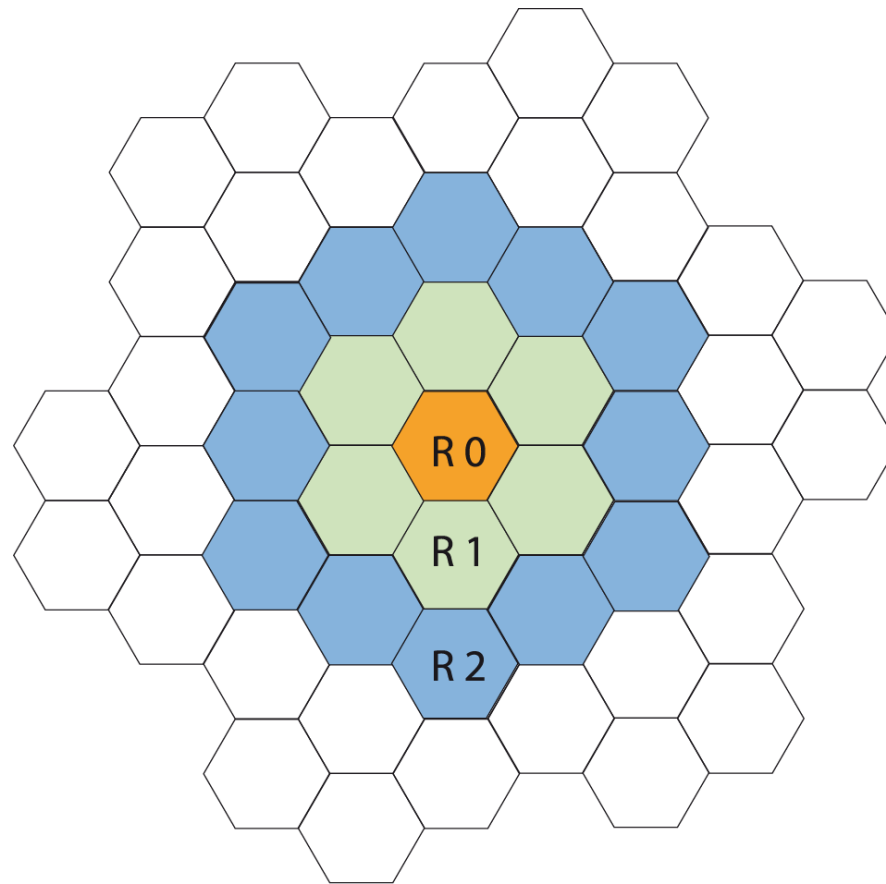


Strategie śledzenia

- Paging Area (PA)
 - Strategia łączy w grupy komórki / LA
 - Komórki / LA z jednej PA są przeszukiwane jednocześnie
 - Wysokie koszty planowania PA
 - Najprostszy przykład to losowe grupowanie komórek w PA

Strategie śledzenia

- Strategia rozszerzającego dzwonienia





Strategie śledzenia

- Strategia rozszerzającego dzwonienia
 - System wyszukuje w ostatniej znanej lokalizacji (R0)
 - Jeżeli nie zlokalizował system przeszukuje komórki sąsiednie (R1) etc.
 - System skuteczniejszy od PA
 - Konieczność specyfikacji wartości w każdej z komórek
 - System może działać równolegle
 - Przeszukiwanie równocześnie komórek R0 i R1, później R2 i R3 etc.



Strategie śledzenia

- Strategie inteligentnego wyszukiwania
 - Strategie uwzględniające takie czynniki jak:
 - Położenie geograficzne / lokalizacja
 - Wzory zachowań danych użytkowników
 - Porę dnia / tygodnia, etc.
 - Celem strategii jest minimalizacja czasu potrzebnego do wyszukania użytkownika
 - Prawdopodobieństwo wyszukania użytkownika w pierwszym kroku powinno wynosić 90%



Strategie śledzenia

- Strategie inteligentnego wyszukiwania
 - Konieczność wyśrodkowania kosztów utrzymania systemu (np. energii) a minimalizacją kosztów związanych z odnalezieniem użytkownika (np. czas dostępu)
 - Konieczność wprowadzenia indywidualnych wzorców zachowań
 - Konieczność aktualizacji wzorców (systemy samouczące)



Strategie śledzenia

- Tablicowe uaktualnianie położenia (LAM)
 - System uwzględnia rzeczywistą topologię sieci poprzez przypisanie poszczególnych wartości określonym lokalizacjom (centra handlowe, PJWSTK, kościół, etc.)
 - System jest spersonalizowany – wartości są odwzorowywane dla poszczególnych użytkowników oddzielnie
 - W rozbudowanej wersji system uwzględnia również porę dnia i inne sytuacje związane z czasem (wakacje, dni wolne od pracy, etc.)



Strategie śledzenia

- Tablicowe uaktualnianie położenia (LAM)

	1	2	3	...	n
1	0,3	0,02	0,025	...	0,023
2	0,01	0,089	0,056	...	0,05
3	0,25	0,067	0,1	...	0,034
...	...	...	...	...	0,01
n	0,012	0,2	0,005	...	0,23



Strategie śledzenia

- Tablicowe uaktualnianie położenia (LAM)
 - Tablica:
 - wymiary $n \times n$, gdzie n – jest ilością wszystkich komórek w sieci
 - Wielkość rzędu odpowiada komórce w jakiej znajdował się MS w czasie ostatniej aktualizacji
 - Wielkość kolumny odpowiada komórkom gdzie fizycznie znajdował się MS
 - Wartości odpowiadają prawdopodobieństwu zajścia takiego zdarzenia



Strategie śledzenia

- Tablicowe uaktualnianie położenia (LAM)
 - Działanie systemu:
 - Rozmowa przychodząca przychodzi do użytkownika X
 - Ostatnio znana lokalizacja miała wartość j
 - System wyszukuje komórkę z największą wartością ze zbioru $N(j, X)$;
 - System wybiera do wyszukiwania obszar (cell) która ma przypisaną wartość kolumny znalezionej w tabeli
 - W wypadku niepowodzenia czynność jest powtarzana (z eliminacją nieudanej próby)
 - System modyfikuje wartości prawdopodobieństwa po każdym połączeniu



Strategie śledzenia

- Tablicowe uaktualnianie położenia (LAM)

	1	2	3	...	n
1	0,3	0,02	0,025	...	0,023
2	0,01	0,089	0,056	...	0,05
3	0,25	0,067	0,1	...	0,034
...	...	...	...	...	0,01
n	0,012	0,2	0,005	...	0,23

- Ostatnia znana lokalizacja 3
- Największe prawdopodobieństwo w (3,1)
- Wybrany obszar do wyszukiwania 1



Wnioski końcowe

- Na system zarządzania lokalizacją składają się następujące czynniki:
 - Kost systemu
 - Częstotliwość połączeń
 - Stacje bazowa
 - Strategie uaktualnienia
 - LA
 - Systemy wyszukiwania
 - Etc.
- Problemy zarządzania lokalizacji są problemami złożonymi i wielowymiarowymi.



Bibliografia

- „Mobile Computing Handbook” - Laurie Kelly, Mohammad Ilyas, Imad Mahgoub
- „ Wireless Internet Handbook ” - Borivoje Furht, Borko Furht, Mohammad Ilyas
- „ IP Paging in Mobile Multihop Networks” - Hung-yu Wei, Richard D. Gitlin
- „ Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science: 14th” - P. S. Thiagarajan
- „ Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science: 15th” - P. S. Thiagarajan
- www.wikipedia.org
- „ A hidden semi-Markov model with missing data and multiple observation sequences for mobility tracking ” - Shun-Zheng Yu and Hisashi Kobayashi