ZTiT

Zakład Teleinformatyki i Telekomutacji

Sieci komunikacji ruchomej

Instrukcja

Ćwiczenie: Planowanie dostępu radiowego

ZTiT. Zakład Teleinformatyki i Telekomutacji
Instytut Telekomunikacji
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska, Październik 2010

Zakres ćwiczenia

Ćwiczenie polega na zaprojektowaniu przy użyciu programu **CellNet** części radiowej segmentu dostępowego hipotetycznej sieci komórkowej.

Sieć należy zaprojektować dla zadanego obszaru geograficznego charakteryzującego się podanymi warunkami topograficznymi (ukształtowanie terenu) i demograficznymi (rozmieszczenie użytkowników). Należy skorzystać z podanych zasobów spektrum częstotliwości (liczba częstotliwości) oraz uwzględnić podaną charakterystykę ruchu generowanego przez użytkowników sieci (częstość zgłoszeń, czas trwania sesji, itp.).

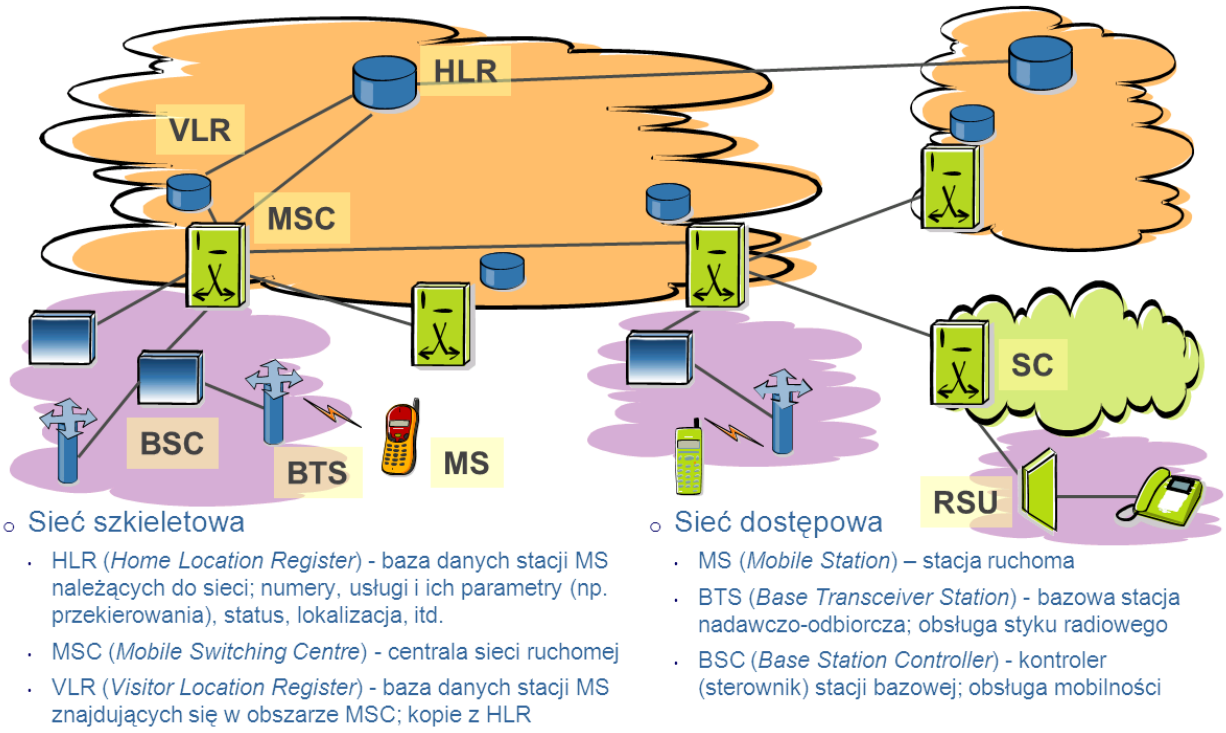
Projekt obejmuje ustalenie optymalnej liczby stacji bazowych, ustalenie dokładnych lokalizacji poszczególnych stacji bazowych, wyznaczenie optymalnego rozmiaru klastra, ustalenie typu anten stacji bazowych, rozdzielenie zbioru częstotliwości pomiędzy stacje klastra, ustalenie kierunku anten oraz wyznaczenie optymalnej mocy nadajników poszczególnych stacji bazowych.

Kryterium projektowania jest minimalizacja całkowitego kosztu sieci przy jednoczesnym spełnieniu wymagań dotyczących jakości sygnału radiowego (minimalny poziom sygnału stacji dominującej, maksymalny poziom zakłóceń wspólnokanałowych), stopnia pokrycia obszaru oraz jakości obsługi abonentów (blokada zgłoszeń).

Danymi wejściowymi do ćwiczenia są parametry obszaru (topograficzne i demograficzne), parametry ruchu generowanego przez abonentów (średnia częstość zgłoszeń i średni czas trwania sesji), parametry spektrum (liczba częstotliwości i separacja) oraz wymagane do uzyskania parametry jakościowe (pokrycie obszaru, poziom sygnału i zakłóceń, blokada zgłoszeń). Dane wejściowe są dostępne w dostarczonych plikach.

Pomocniczymi materiałami do ćwiczenia są dwa dokumenty: J. Niemela „Cellular Concept” i W. Udrycki „Projektowanie siatki komórek systemu telefonii komórkowej”.

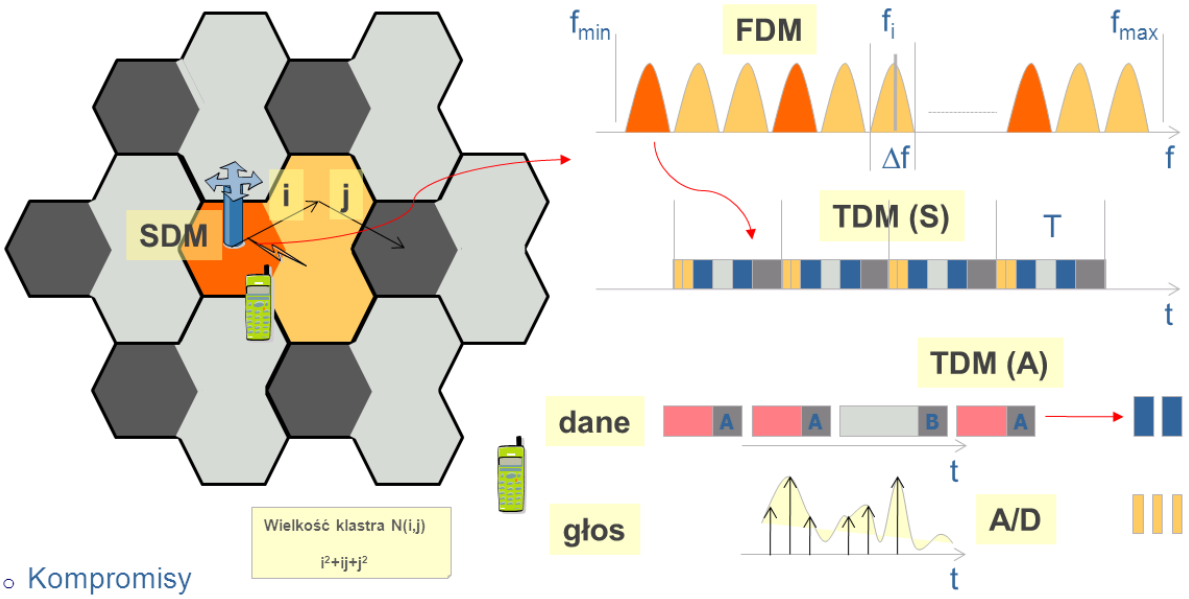
Dostęp radiowy



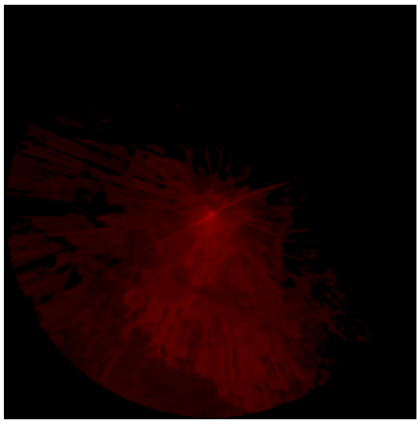
Na powyższym rysunku przedstawiono architekturę funkcjonalną sieci komórkowej oraz zdefiniowano poszczególne bloki funkcjonalne segmentu szkieletowego i segmentu dostępowego sieci.

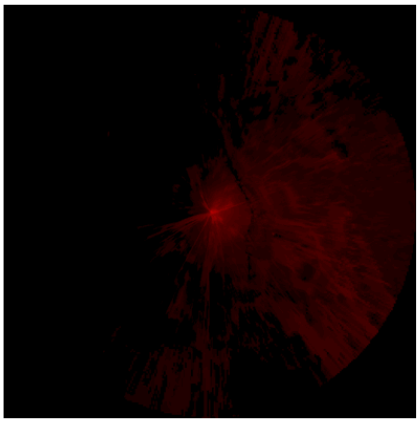
Na kolejnym rysunku zilustrowano zasady organizacji zasobów radiowych segmentu dostępowego sieci komórkowej. Przedstawiono również przesłanki wyboru liczby i wielkości komórek oraz liczności klastra komórek.

Ostatni rysunek przedstawia podstawowe definicje odnoszące się do sygnału radiowego – tłumienia sygnału, mocy sygnału, stacji dominującej, zakłóceń współnokanałowych – oraz podstawowe warunki, jakie musi spełniać sygnał radiowy, aby zapewnić pokrycie obszaru sygnałem o odpowiedniej jakości. Na rysunku pokazano również przykładowe mapy tłumienia sygnału radiowego stacji bazowej rzeczywistej sieci.



- Kompromisy
  - większy obszar komórki – mniej stacji (mniejsze koszty) i większe odległości między stacjami (mniejsze zakłócenia), ale więcej użytkowników w komórce – wymagane więcej częstotliwości w komórce
  - większa liczność klastra – większe odległości między stacjami współnokanałowymi (mniejsze zakłócenia współnokanałowe), ale mniej częstotliwości w komórce – wymagane mniej użytkowników w komórce





- tłumienie $F_I(x,y)$ sygnału stacji I w punkcie (x,y)
  zależy od topografii, warunków atmosferycznych, częstotliwości; zmienia się w czasie
- moc $S_I(x,y)$ sygnału I w (x,y) zależy od mocy nadajnika I i od tłumienia
  $S_I(x,y) = P_I - F_I(x,y)$
- stacja dominująca D w (x,y) – stacja, której sygnał ma największą moc w tym punkcie
  wymagane by $S_D(x,y) > X$
- zakłócenia współnokanałowe C(x,y) w (x,y) to suma mocy sygnałów innych stacji z tą samą częstotliwością
  wymagane by $S_D(x,y) / C(x,y) > Y$

Wielkość zakłóceń S/C(N)

360°: $1/(2(q-1)^{-4}+2q^{-4}+2(q+1)^{-4})$
120°: $1/((q+0.7)^{-4}+q^{-4})$
60°: $1/(q+0.7)^{-4}$

$q=(3N)^{1/2}$

Program CellNet

Aplikacja **CellNet** umożliwia analizę sieci segmentu dostępowego sieci komórkowej dla zadanego obszaru. Analizowana sieć składa się z zadanego zestawu stacji bazowych rozmieszczonych na obszarze o zadanych parametrach – wymiarach, ukształtowaniu terenu i rozmieszczeniu użytkowników. Analiza obejmuje analizę pokrycia radiowego zapewnianego przez sieć oraz analizę ruchową, tj. określenie dostępności usługi przy zadanych parametrach ruchowych sesji użytkowych i sygnalizacyjnych.

Uruchomienie programu **CellNet** odbywa się za pomocą pomocniczego pliku wsadowego `CellNet.bat` znajdującego się w katalogu głównym z dystrybucją programu; należy kliknąć go dwukrotnie.

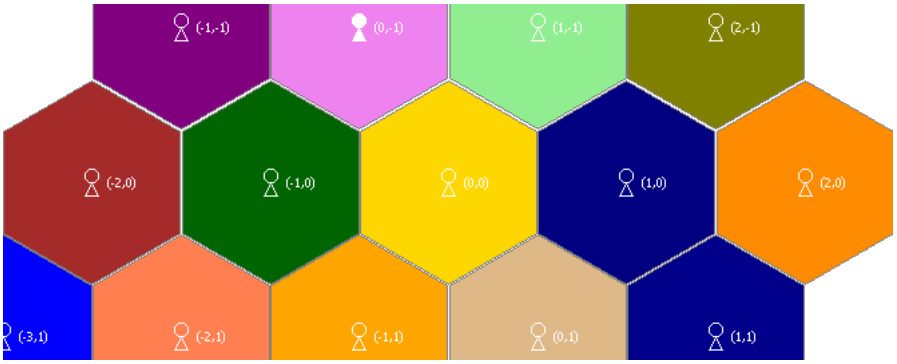
1. Okna programu

Interfejs programu **CellNet** składa się z trzech głównych okien: „Obszar”, „Parametry”, „Wyniki”. Ponadto podczas pracy z programem korzystać można z szeregu innych, pomocniczych formularzy.

a) Okno „Obszar”

Okno obszaru jest widoczne w lewym górnym rogu głównego okna aplikacji. Jego menu kontekstowe (dostępne pod prawym przyciskiem myszy) pozwala na przełączanie się między następującymi widokami:

- mapa topografii; ukształtowanie terenu;
- mapa demografii; rozmieszczenie użytkowników;
- mapa struktury sieci; rozmieszczenie komórek i stacji bazowych;



- mapa pokrycia; poziom (lub informacja o braku) sygnału radiowego w każdym punkcie obszaru.



W widoku struktury sieci jest możliwe przesuwanie całej siatki regularnej komórek lub przesuwanie pojedynczej stacji bazowej w ramach odpowiadającej jej komórki.

Ponadto jest możliwe, po otworzeniu okna "Stacja bazowa" podwójnym kliknięciem symbolu stacji bazowej, podejrzenie informacji dotyczącej danej stacji bazowej lub zmiana poziomu mocy nadajnika anteny.

b) Okno „Parametry”

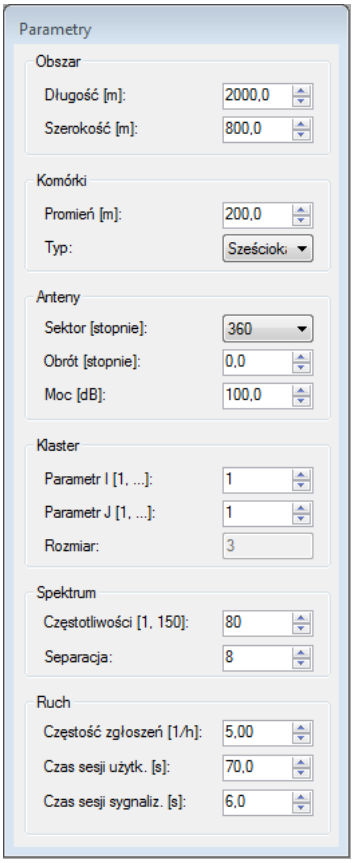
Okno wyboru parametrów umiejscowione po prawej stronie głównego okna aplikacji pozwala na ustalenie większości parametrów analizy. Po zmianie parametrów należy wybrać z menu „Program” komendę "Analiza", aby sieć została ponownie przeanalizowana i zostały odpowiednio zmienione mapy pokrycia terenu i struktury sieci oraz raport z podsumowaniem wyników.

Parametry sieci, które można ustalić to:

- długość i szerokość obszaru;
- promień i typ komórki; liczba komórek będzie zależna od rodzaju komórki, jej promienia oraz wymiarów obszaru;
- typ anteny; czy ma to być antena dookólna (1 sektor 360 stopni), czy sektorowa (3 sektory po 120 stopni lub 6 sektorów po 60 stopni);
- kąt obrotu sektorów; kąt obrotu sektorów jest wspólny dla wszystkich stacji;
- moc nadajnika anteny stacji bazowej; wyższy poziom mocy to większe pokrycie, ale też wyższy poziom interferencji oraz koszt sieci;
- parametry I i J typu klastra;

- liczba dostępnych częstotliwości w całej sieci oraz minimalna separacja częstotliwości, to znaczy mierzona liczbą częstotliwości odległość pomiędzy dwiema częstotliwościami tej samej stacji bazowej;

- parametry strumienia ruchu pojedynczego abonenta – częstość zgłoszeń, czas trwania sesji użytkowej oraz czas trwania sesji sygnalizacyjnej.



c) Okno „Wyniki”

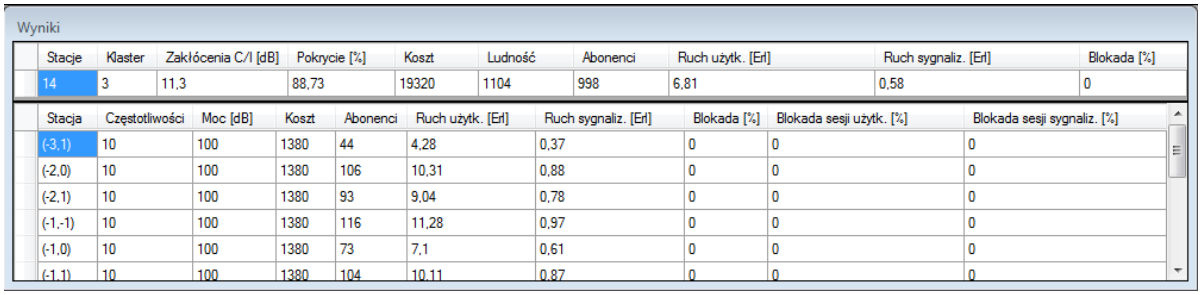
Okno z raportem zawierającym wyznaczone parametry wynikowe każdej ze stacji bazowych oraz podsumowanie parametrów dla całej sieci jest widoczne w dolnej części głównego okna programu. Przedstawione parametry to między innymi:

- pokrycie terenu – procent powierzchni obszaru poddanego analizie, na którym poziom sygnału radiowego z którejkolwiek stacji bazowej jest wystarczający; jest to odsetek analizowanych punktów obszaru, w których stosunek sygnału do szumu i sygnału do interferencji współnokanałowych C/I jest większy od wymaganych

wartości progowych (por. instrukcję „Projektowanie sieci komórek systemu telefonii komórkowej” pod redakcją W. Udryckiego);

- liczba ludności – sumaryczna liczba potencjalnych użytkowników znajdujących się na całym obszarze;

- liczba abonentów – liczba abonentów znajdujących się w zasięgu dowolnej stacji bazowej lub liczba abonentów na obszarze obsługiwanym przez daną stację bazową;


Wyniki

Stacje	Klaster	Zakłócenia C/I [dB]	Pokrycie [%]	Koszt	Ludność	Abonenci	Ruch użytk. [Erl]	Ruch sygnaliz. [Erl]	Blokada [%]
14	3	11,3	88,73	19320	1104	998	6,81	0,58	0

Stacja	Częstotliwości	Moc [dB]	Koszt	Abonenci	Ruch użytk. [Erl]	Ruch sygnaliz. [Erl]	Blokada [%]	Blokada sesji użytk. [%]	Blokada sesji sygnaliz. [%]
(-3,1)	10	100	1380	44	4,28	0,37	0	0	0
(-2,0)	10	100	1380	106	10,31	0,88	0	0	0
(-2,1)	10	100	1380	93	9,04	0,78	0	0	0
(-1,-1)	10	100	1380	116	11,28	0,97	0	0	0
(-1,0)	10	100	1380	73	7,1	0,61	0	0	0
(-1,1)	10	100	1380	104	10,11	0,87	0	0	0

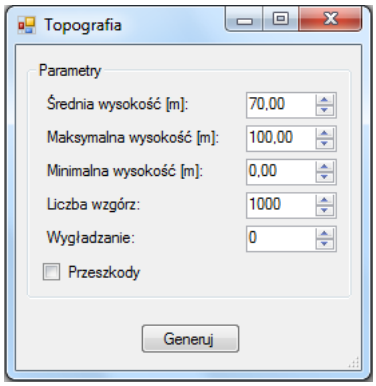
- blokada zgłoszeń – prawdopodobieństwo P wystąpienia blokady, czyli braku możliwości obsłużenia zgłoszenia, spowodowanej brakiem zasobów na potrzeby sesji użytkowej lub sygnalizacyjnej; $P=1-(1-p_R)(1-p_S)$, gdzie p_R to prawdopodobieństwo blokady sesji użytkowej, a p_S to prawdopodobieństwo blokady sesji sygnalizacyjnej, w obu wypadkach wyznaczone ze wzoru Erlanga, przyjmując ilość zasobów równą iloczynowi liczby częstotliwości i maksymalnej liczby sesji (odpowiednio, użytkowych albo sygnalizacyjnych) możliwych do zrealizowania na jednej częstotliwości, a ruch oferowany równy iloczynowi liczby abonentów, średniej częstości zgłoszeń generowanych przez pojedynczego abonenta oraz średniego czasu trwania sesji (również użytkowej lub sygnalizacyjnej); w wypadku sieci GSM, która wykorzystuje technikę komutacji kanałów, maksymalna liczba sesji możliwych do zrealizowania na jednej częstotliwości jest równa liczbie kanałów użytkowych albo sygnalizacyjnych dostępnych na jednej częstotliwości – można założyć, że na jednej częstotliwości jest 7 kanałów użytkowych i 1 kanał sygnalizacyjny; w wypadku sieci opartych na technice komutacji pakietów, maksymalna liczba sesji jest zależna od przepustowości zapewnianej przez jedną częstotliwość oraz od średniej przepustowości wymaganej przez jedna sesję;

- koszt – suma kosztu inwestycji CAPEX (masztu, stacji bazowej, anten) i koszt utrzymania sieci OPEX (zasilania, zależny od mocy nadajników); uwzględnia się składniki kosztu związane z masztem i stacją bazową, zestawem anten stacji bazowej (każda konfiguracja anten ma zadany koszt) oraz zasilaniem stacji bazowej (zależnym od mocy nadajnika; reguła: „każde x dB powyżej y dB”).

d) Okna „Topografia” i „Demografia”

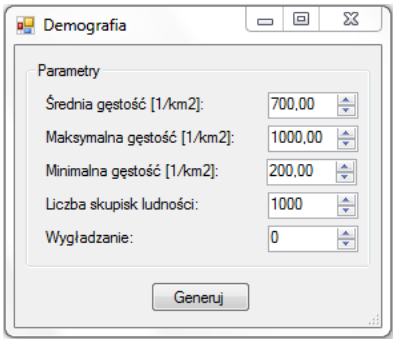
Mapa topografii jest generowana podczas pierwszej analizy po uruchomieniu programu, jeżeli nie została uprzednio wczytana z pliku, a także po zmianie wymiarów terenu w oknie "Parametry". Ustalenie parametrów terenu oraz generacja mapy ukształtowania terenu odbywa się poprzez wybór z menu „Topografia” komendy „Generuj”. W oknie dialogowym „Topografia” widocznym na rysunku należy ustalić wartości następujących parametrów i nacisnąć przycisk „Generuj”:

- maksymalna i minimalna wysokość terenu;
- liczba wzgórz;
- stopień wygładzenia rezultatu;
- obecność lub nie przeszkód terenowych.



Mapa demografii jest generowana na podobnych zasadach. Ustalenie parametrów rozkładu abonentów na obszarze oraz generacja mapy rozmieszczenia abonentów odbywa się poprzez wybór z menu „Demografia” komendy „Generuj”. W oknie dialogowym „Demografia” widocznym na rysunku należy ustalić wartości następujących parametrów i nacisnąć przycisk „Generuj”:

- średnia, maksymalna i minimalna gęstość zaludnienia;
- liczba skupisk ludności;
- stopień wygładzenia rezultatu.

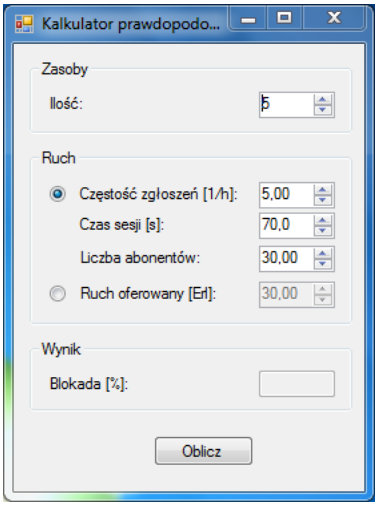


Zarówno mapę topografii jak i mapę demografii można zapisać do pliku w celu ponownego wykorzystania.

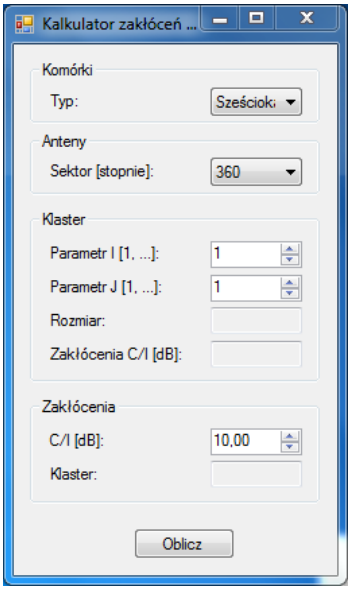
Po odczytaniu z pliku lub wygenerowaniu mapy (topografii albo demografii), można ją obejrzeć w nowym, osobnym oknie za pomocą komendy „Pokaż”. Mapy prezentowane są w postaci monochromatycznej, gdzie większa jasność piksela oznacza wyższą wartość w danym punkcie; wartości są znormalizowane, to znaczy kolor biały oznacza, że wartość mapy (wysokość terenu lub liczba ludności) jest w danym punkcie najwyższa z całej mapy.

e) Kalkulatory

Kalkulator prawdopodobieństwa blokady służy do wyznaczenia prawdopodobieństwa blokady na podstawie podanych parametrów ruchowych i ilości dostępnych zasobów mierzonych dopuszczalną liczbą jednoczesnych sesji. Istnieje możliwość zadania parametrów ruchowych poprzez podanie wolumenu ruchu wyrażonego w Erlangach, albo częstości zgłoszeń, czasu trwania sesji i liczby abonentów.



Kalkulator zakłóceń wspólnokanałowych służy do wyznaczenia dla ustalonego typu komórki i rodzaju anteny minimalnego rozmiaru klastra koniecznego do zapewnienia zadanego poziomu stosunku sygnału do interferencji wspólnokanałowych (C/I), albo do wyznaczenia stosunku C/I dla zadanego rozmiaru klastra.

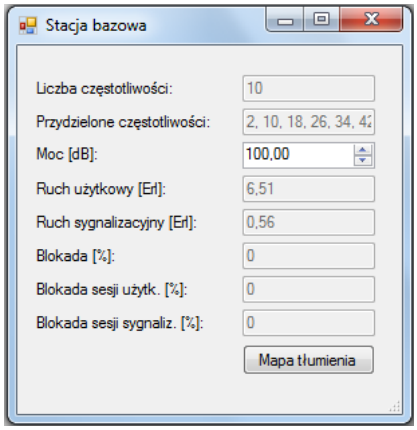


Kalkulatory są dostępne poprzez wybór odpowiedniej komendy z menu „Narzędzia”.

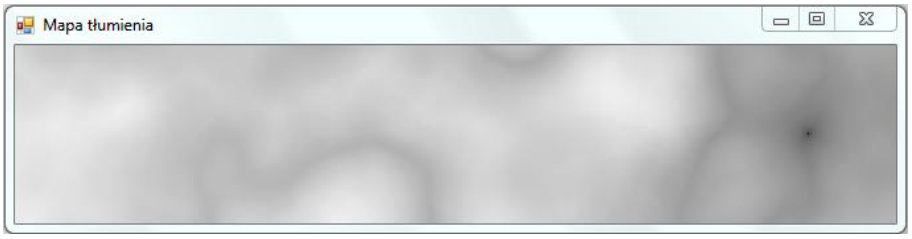
2. Przebieg analizy

W celu przeprowadzenia analizy należy ustalić parametry analizy w oknie „Parametry” oraz w oknach „Demografia” i „Topografia”, a następnie wybrać komendę „Analiza” z menu „Program”. Wyniki analizy w postaci raportu zbiorczego oraz szczegółowego (per stacja bazowa) pojawią się w oknie „Wyniki”, zaś mapa pokrycia oraz mapa struktury sieci w oknie „Obszar”.

Na mapie struktury sieci możliwe jest przesuwanie całej siatki regularnej lub pojedynczych stacji bazowych. Po podwójnym kliknięciu ikony stacji bazowej, w oknie „Stacja bazowa” jest możliwe podejrzenie własności lub zmienienie poziomu mocy nadajnika stacji bazowej.



Po naciśnięciu przycisku „Mapa tłumienia” jest możliwe obejrzenie w oknie „Mapa tłumienia” wyznaczonej mapy tłumienia dla wybranej stacji bazowej (tłumienie w danym punkcie zależy odległości od stacji bazowej oraz od ukształtowania terenu na drodze od stacji bazowej do tego punktu); jaśniejsze kolory oznaczają wyższy poziom tłumienia.



Po zmianie parametrów jest możliwa ponowna analiza sieci; powinna ona być powtarzana aż do uzyskania satysfakcjonującego wyniku końcowego.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy przedstawić przeprowadzony proces projektowania sieci oraz omówić uzyskany wynik końcowy. Należy scharakteryzować kolejne kroki projektowania, które doprowadziły do wyniku końcowego, podając, jakie kolejne decyzje zostały podjęte w trakcie projektowania sieci, na podstawie jakich wyników pośrednich, jakich obserwacji i na drodze jakiego rozumowania. Sprawozdanie powinno mieć formę dokumentu w formacie pdf.