



ОСОБЕНОСТИ В ПЛАНИРАНЕТО НА РАДИО МРЕЖАТА ПРИ ВТОРА И ТРЕТА ГЕНЕРАЦИЯ GSM КЛЕТЪЧНИ МРЕЖИ

Илка Стефанова, Вера Гугова

ilkas@mail.bg, vgugova@abv.bg

ВТУ "Тодор Каблешков", София, бул. Гео Милев 158

БЪЛГАРИЯ

Резюме: Основната цел при планиране на GSM клетъчни радио мрежи е осигуряване на оптимално сигнално покритие и трафичен капацитет на мрежата, за да се даде възможност максимален брой потребители да изпращат и получават адекватен по сила сигнал.

В настоящия доклад се анализират особеностите при планиране на GSM радио мрежи от втора и трета генерация. Съществената разлика при тях е че оразмеряването на покритието и капацитетът са отделни независими един от друг етапи в общия процес на планиране на втора генерация GSM радио мрежи, докато при трета генерация GSM радио мрежи, тези етапи са зависими и се осъществяват съвместно.

Описан е и алгоритъм за оптимизация процеса на планиране.

Ключови думи: планиране на радиомрежа, 2G и 3G, покритие, капацитет

УВОД

С цел задоволяване на изискванията за предоставяне на мобилните услуги, радио мрежата трябва да предлага достатъчно покритие и капацитет, при възможно най-ниските разходи за нейното изграждане и експлоатация. Планирането на радиомрежа е сложен процес, който има своите особености при различните генерации радиомрежи. Този доклад прави общ преглед на различните етапи на планиране при 2G и 3G радио мрежи и свързаните с това проблеми.

ПРОЕКТИРАНЕ НА 2G МРЕЖА.

Проектирането на 2G радио мрежи може да се раздели на два основни етапа – проектиране на покритието и честотно проектиране, което да осигури нужния капацитет на системата. В първия етап базовите станции се разполагат, така че да се осигурява достатъчно силен сигнал в областта на покритие. При етапа честотно проектиране

за всяка базова станция се определят броя радио канали, като се взима в предвид трафика, броя услуги и др.

В съответствие с горе казаното стъпките при изграждане на мрежата са:

1. Избор на областите, които ще бъдат покривани и етапи на изграждане на мрежата.

2. Избор на местоположението на отделните елементи. Избор на точки за BS (базова станция). Трябва да познаваме географската карта на местността и телевизионните кули.

3. Прогноза за напрегнатостта на полето E, т.е. на какво разстояние може да се получи качествена връзка - големината на клетката.

Средно квадратичната стойност на Есредно в дадена точка (сектор - по осреднени стойности) зависи от: честотата f , Разстоянието d , Височината на антената над терена (H base) и ДНД на антената, височината на приемната антена над терена, трябва да е известна средната надморска

височина на терена (сектора), трябва да са известни географските особености и профила на терена (море, суша, гора, препятствия), височина на приемната антена, географски особености на терена (море, суша, гора).

Базите от данни за прогнозиране на Есредно са: топографски (средни надморски височини), бази данни за използване на терена (вид терен - чрез спътникови снимки - поле, гора и т.н.)

Тъй като практическото прогнозиране на полето по теоретичните формули е изключително трудно използват се различни практически модели за прогнозиране.

4. Оценка на вероятния съобщителен трафик в дадената област, обслужвана от една BTS.

5. От т.4 се получава броя радио канали необходими за обслужване на зоната обслужвана от една клетка.

6. Оценка на взаимните смущения (до каква степен предавателите от други клетки смущават тази или друга честота) - те зависят и от съобщителния трафик. При изчисляване на смущенията трябва да се има в предвид, че спектрите в две съседни клетки донякъде се припокриват - (прогноза за интерференция).

7. На база на т.6 се прави радиоканалната структура (на какво разстояние може да се повтаря една и съща честота). Определя се D (разстоянието между клетки използващи еднакви радиоканали) и броя клетки в група.

8. Следва честотно разпределение на каналите за всички клетки и изследване на вероятността за блокировки на всяка клетка в базовата станция и опит за минимизирането ѝ.

Трябва да се познават методите и условията на разпространение в дадената мрежа, за да може да се направи практическа проверка на планирането. Винаги на практика се намират необслужени зони (мерки - добавяне на клетки, разделяне клетка на сектори - използват се насочени антени).

Трябва да се познават методите и условията на разпространение в дадената мрежа, за да може да се направи практическа проверка на планирането. Винаги на практика се намират необслужени зони (мерки - добавяне на клетки, разделяне клетка на сектори - използват се насочени антени).

Когато трафика в дадена област или клетка се увеличи се използват различни начини за поддържане на зададените параметри на обслужване. Един от тях е слойното покритие.

При него няколко малки клетки се припокриват от една голяма клетка. В този случай се използват ТСН на малките клетки и ако те не могат да обслужат всички заявки за провеждане на разговор (ТСН), те се разпределят от MSC за обслужване от голямата клетка. Предимството на този метод е приспособимост към краткотрайни колебания на трафика чрез динамично отпускане на канали. Централата решава на коя BS колко канала да даде в зависимост от натоварването (като не трябва да се нарушава минималното разстояние на преизлъчване D). Недостатък - не са разпределени оптимално каналите - този начин е полезен при местни претоварвания (но не и при претоварване на цялата система).

Следващ етап след секторизиране на клетките е разцепване на клетките (на претоварените). Не трябва да се разрушават старите BS, а само се намалява мощността им. И между тях се поставят нови BS, като трябва да се отчита и взаимното смущение.

ПРОЕКТИРАНЕ НА 3G МРЕЖИ

За разлика от 2G мрежите, тук отделните етапи на проектиране не са независими един от друг.

Проектирането на 3G мрежи съществено се различава от проектирането на 2G мрежи. Тези различия в голяма степен се дължат на някои специфични да 3G мрежите проблема, а именно:

- ефекта „cell breathing”, т.е. зависимост между натоварването и областта на покритие за дадена клетка;
- near far problem;
- асиметрията на трафика.

Ефекта „cell breathing” е свързан с факта, че от една страна увеличаването на трафика води до увеличаване на смущенията, от друга до намаляване на областта на покритие на клетката. Зависимостта между натоварването и областта на покритие на клетката води до динамична промяна на границата на клетката, което от своя страна води и до промяна на броя ползватели. Тази динамична промяна на областта на покритие на клетката е известна като „cell breathing” (дишане на клетката). Този ефект има следните особености:

- по-големия брой ползватели увеличава смущенията;

- контрола на мощността има за цел увеличаване на предаваната мощност с цел реализиране на изискването E_b/N_0 ;

- ползвателите, които са отдалечени от BS (базовата станция) не могат да получат необходимата им мощност, в резултат на което е възможно загуба на връзка;

- с увеличаване на трафика, областта на покритие на клетката намалява и обратно – клетката „диша“.

Взимайки в предвид горепосочения ефект, в процеса на проектирането трябва да се заложат области на покритие с размери по-малки от необходимите, което разбира се води до увеличаване броя на базовите станции и съответно на първоначалните инвестиции. Ако това не се направи, т.е. , промяната в трафика се подцени, може да има „свиване“ на клетките, в определени моменти, което да доведе до „дупки“ в покритието на мрежата. Важно е да се отбележи, че този негативен ефект, може да бъде преодолян, само с добавяне на допълнителни базови станции. Увеличаването на мощността на базовите станции, в този случай (за разлика от 2G мрежите) не води до исканите резултати.

Така наречения “ near far problem” произтича от това, че всички потребители използват едновременно (споделят) една и съща честотна лента, което води до взаимни смущения между потребителите вътре в клетката. Потребителите, които са близо до базовата станция, получават по-силен сигнал от по-отдалечените, като същевременно близко разположените предизвикват и допълнително смущение, които намаляват производителността на системата като цяло. Пътя за преодоляване на този проблем е добавяне към системата на бърз контрол на мощността. Целта е да се намали предаваната мощност до минимум. Липсата на такъв контрол може да доведе до свърхзахранване на отделен потребител, който по-този начин се превръща в източник на силни смущения за останалите потребители. Резултатът от това може да бъде и блокиране на системата като цяло. Трябва да се отбележи, че използването на система за бърз контрол на мощността (fast-power-control) не решава near far problem напълно. Допълнително затруднение идва от факта, че потребителите споделят и изходящата мощност на базовата станция. В резултат на това, по-отдалечените потребители имат нужда от по-голяма мощност, пропорционално на отдалечеността

си от базовата станция. С други думи капацитетът на клетката ще зависи и от разположението на потребителите вътре в нея.

Друг проблем при проектирането на 3G радио мрежи е асиметрията на трафика, т.е. входящия и изходящия трафик не са еднакви. Поради тази причина областта на покритие и нужната производителност, трябва да се проектират поотделно за двата трафика (за сравнение при 2G мрежите се симулира само изходящия трафик). За да могат да се определят областите на покритие, предварително трябва да се определят нивата на смущения, на входящия и изходящия трафик. Изходната информация при тези изчисления включва очакван брой и разположение на потребителите и услугите, които ще се ползват. Един от начините за провеждане на изчисленията е чрез симулация Monte Carlo. Етапите на симулацията са:

- разпределение на потребителите в зоната на съответната услуга;

- изчисляване на нивата на смущения на входящия и изходящия трафик;

- симулиране на бърз контрол на мощността, до намиране на стабилно състояние;

- привеждане на резултатите, получени при различни разположения, към цялата област на радиомрежата.

В някои случаи като първо приближение при определяне на зоните на покритие и областите на предаването на разговора (Handover) от една клетка към друга, могат да се използват резултати, получени при планиране с пилотна мощност – метод използван при 2G мрежите.

Процеса на планиране на 3G радио мрежата може да бъде разделена на 3 различни фази – предпланиране, основна част и оптимизацията. Има разработени различни методи за решаване на тази задача . по долу ще бъде описан алгоритъм за определяне разположението на базовите станции, при минимизиране на инвестиционните разходи и необходимата мощност.

АЛГОРИТЪМ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ РАЗПОЛОЖЕНИЕТО НА БАЗОВИТЕ СТАНЦИИ

Във фаза предпланиране се определят общите основни характеристики на бъдещата мрежа. Например, какъв вид на мобилните

услуги ще бъдат предлагани от мрежата, какви изискванията налагат тези услуги по отношение на мрежата, основните параметри на конфигурацията на мрежата и така нататък. В основната фаза се изследва зоната, на която трябва да се осигури покритие и възможните места за разполагане на базовите станции. Всички данни, свързани с географските характеристики и очакваните обеми на трафика в различни точки на зоната се включват в дигитална карта, която се състои от отделни пиксели, всеки, от които записва цялата информация за съответната точка. Въз основа на размножаващ модел се определя нужния бюджет, което ще спомага за определяне обхвата на клетка и гъстотата на покритие. Има някои важни параметри, които значително влияят върху бюджета, например чувствителността на мобилните устройства и базовата станция, загуби в проводниците и др. На база цифровата карта и бюджета, се извършват компютърни симулации и се прави оценка на различните възможности за изграждане на радио мрежата с помощта на някои оптимизационни алгоритми. Целта е да се постигне покритие с оптимален капацитет, при минимални разходи. Планирането на покритието и капацитетът са от съществено значение за планирането на радио мрежата като цяло. Планирането на покритието определя типа предлагани услуги, а планирането на капацитета определя броя на използваните базови станции и техните съответни мощности. В третата фаза се правят корекции, с цел подобряване на планирането на мрежата. С помощта на симулации се търсят резултати, които да дават най – добрия компромис между отделните фактори, влияещи на мрежата и нейното планиране. Целият процес е илюстриран на фигурата по-долу:

Разположението на базовата станция е пример за сложността на планиране радио мрежи.

Това е в следствие от факта, че трябва да бъдат взети под внимание много променливи. По-долу ще се разгледа пример, който показва как функцията цена обединява степените на свобода и как последните могат да се минимизират.

На дигиталната карта, възможните местоположения за базовите станции формират заедно набор от кандидат местоположения $S = (1, \dots, m)$.

Всяко кандидат местоположение има набор от конфигуриращи параметри, указващи характеристики, като тип на антената, посока на антената и пр. Имаме също и набор от тестови точки $i = (1, \dots, n)$. Във всяка тестова точка се изследва обема на мобилния трафик, като при това честотата на радио сигнала трябва да има исканата стойност. Обемът на трафика може лесно да се обвърже с броя на активните връзки в дадена точка и това се отбелязва с u_i . P_{tar} е минималната нужна мощност получена от базовата станция. $C_{g_{ij}}$ се означава коефициент на предаване между точка i и точка j . Тогава отношението P_{tr}/g_{ij} ще е предаваната мощност на мобилното оборудване j . В този случай c_j ще е съответстващата цена на за разполагане на базовата станция в точка j , свързана с инсталацията, лизинг и експлоатационни разходи. Дефинират се следните променливи:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{ако базовата станция е} \\ & \text{разположена в точка } j \\ 0 & \text{ако базовата станция не е} \\ & \text{разположена в точка } j \end{cases} \quad (1)$$

за $j \in S$ и

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ако тестовата точка } i \text{ е} \\ & \text{точката съответстваща на} \\ & \text{разположение на базовата} \\ & \text{станция в точка } j \\ 0 & \text{ако тестовата точка } i \text{ не е} \\ & \text{точката съответстваща на} \\ & \text{разположение на базовата} \\ & \text{станция в точка } j \end{cases} \quad (2)$$

за $i \in I$ и $j \in S$.

Функция на цената, която се иска да се минимизира е :

$$\min \sum_{j=1}^m c_j y_j + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_i \frac{P_{tar}}{g_{ij}} x_{ij} \quad (3)$$

Във формула (3), първото събираемо представлява общата цена при разположение на базовите станции в избрана точка. Второто събираемо отчита общата мощност на мобилното оборудване нужна за базова станция осигуряваща приемливо ниво на сигнала в зоната на покритие. Параметърът λ ,

тук се използва за да отчете тежестта (влиятието) на двете събираеми във функцията на цената.

Освен това има четири ограничителни условия, които трябва да се имат в предвид, при симулиране на избраната конфигурация и ефективността на функцията на цената.

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad i \in I \quad (4)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad i \in I; j \in S \quad (5)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{1, 0\} \quad i \in I; j \in S \quad (6)$$

$$\frac{P_{tar}}{P_{max}} \leq P_{max} \quad (7)$$

Първото ограничително условие (4), показва, че тестовата точка трябва да бъде свързана само с една базова станция. Ограничение (5) налага, че тестовата точка и точката, в която е инсталирана базовата станция. Ограничение (6) дефинира стойностите, които могат да бъдат приети от двата параметъра. В ограничение (7) P_{max} е максималната мощност на мобилното оборудване и предавателната мощност не трябва да надвишава тази стойност.

ИЗВОДИ

Планирането на една радиомрежа е сложен процес, който има своите особености, в зависимост от типа на радиомрежата. Най-съществената от тях е, че оразмеряването на

покрытието и капацитетът са отделни независими един от друг етапи в общия процес на планиране на втора генерация GSM радио мрежи, докато при трета генерация GSM радио мрежи, тези етапи са зависими и се осъществяват съвместно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Harri H., Antti T., 2000, "WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communication", Wiley.
- [2] Jaana L., Achim W., Tomas N., 2002, "Radio Network Planning and Optimisation for UMTS", Wiley
- [3] Wacker A., Laiho-Steffens J., 1999, "Static Simulator for Studying WCDMA Radio Network Planning Issues", Proc. IEEE VTC Spring Conf.
- [4] Hoppe R., Buddendick G., 2001, "Dynamic Simulator for Studying WCDMA for Radio Network Performance", Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications
- [5] Jukka L., Matti M., 2001, "Radio Interference System Planning for GSM/GPRS/UMTS", Kluwer Academic Publisher
- [6] Venugopal V., 1999, "The Coverage-Capacity Tradeoff in Cellular CDMA Systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol.48, No.5
- [7] Gilhousen K. S., 1991, "On the Capacity of a Cellular CDMA System", IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol.40, No.2

PECULIARITY IN THE RADIO NETWORK PLANNING FOR SECOND AND THIRD GENERATION GSM CELLULAR NETWORKS

Ilka Stefanova, Vera Gugova

ilkas@mail.bg.vgugova@abv.bg

HST "T. Kableshkov" 1574 Sofia, 158 Geo Milev str.

BULGARIA

Key words: hybrid fiber/coax networks

Abstract: The main goal in planning of GSM cellular radio networks is to provide an optimum signal coverage and traffic capacity of the network enabling maximum number of users to send and receive adequate signal strength in a cell. This report analyzes the specific features in planning of 2G and 3G GSM radio networks. The essential difference is that the coverage and capacity are separate independent phases in the entire planning process of the second generation GSM radio networks, while in the third generation of GSM radio networks, these stages are strongly dependent each other and implement jointly. An algorithm is described for optimization of planning process.