

**КОНВЕНЦИОНАЛЕН МОДЕЛ НА КОНТРОЛА НА
МОЩНОСТТА НА ПРЕДАВАНЕ И SSDT МОДЕЛ ПРИ КЛЕТЪЧНИ
МРЕЖИ ОТ ТРЕТО ПОКОЛЕНИЕ**

Стилиян Паунов
stp@tu-sofia.acad.bg

*Технически университет, факултет по комуникационна техника и технологии,
катедра “ Съобщителна техника “
Бул. “ Климент Охридски “ 8, София 1000, БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: WCDMA, 3G мобилна мрежа, контрол на мощността, SSDT модел

Резюме: Контролът на мощността на предаване е ключов аспект за един висок капацитет и качество на обслужване в дадена CDMA клетъчна мрежа. Във възходяща посока, контролът на мощността е необходим за премахване на близко-далечния проблем, тъй като базовите станции приемат сигналите от мобилните абонати, които са асинхронни и неортогонални. В низходяща посока контролът на мощността основно се използва за редуциране на междуклетъчната интерференция и така се повишава системния капацитет.

В статията основно се разглежда SSDT (Site Selection Diversity Technique), която се явява една нова форма на контрола на мощността, която може да разреши проблемите при конвенционалния модел, направени са сравнения и оценки.

1. Увод

Основата при проектирането на всеки един въздушен интерфейс е как общата среда за предаване на информацията да се подели между отделните мобилни абонати, което се явява всъщност технологията за множествен достъп. При CDMA (Code Division Multiple Access) системите множественият достъп до общата радиосреда се постига като на всеки мобилен абонат се присвоява точно определен псевдослучаен код (също така се наричат и псевдошумови кодове поради подобните с шума автокорелационни свойства). Този код се използва за трансформиране на сигнала на мобилния абонат в един широколентов разнесен спектрален сигнал. След това приемникът трансформира този широколентов

сигнал в оригиналния теснолентов сигнал, използвайки същия псевдослучаен код. Широколентовите сигнали на другите мобилни абонати остават широколентови. Евентуалната тесночестотна интерференция в случая се подтилка при този процес.

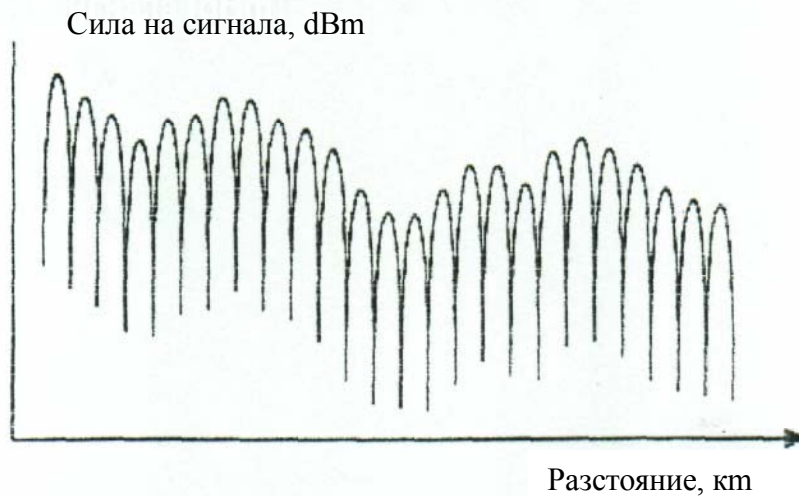
2. Необходимост от контрол на мощността

Една от целите на системите с множествен достъп е да увеличи максимално броя на потребителите, които може едновременно да обслужат. Тъй като всички абонати предават в една и съща честотна лента и по едно и също време, те си влияят негативно. Ако всеки персонален предавател е настроен така, че отношението сигнал / интерференция (S/I), получено в базовата станция е възможно най-високо, то капацитетът на системата би бил максимален. Всяко увеличение в предавателната мощност поражда смущения в системата и в този смисъл капацитетът и е компромисен.

В една клетъчна система даден мобилен абонат може да се намира в близост до базовата станция, докато друг да е отдалечен на няколко километра. Разликата в разстоянията между различните потребители и базовата станция може да варира в големи граници. Тъй като загубите от разпространението на вълните са пропорционални на разстоянието на четвърта степен, то отклоненията в различните приемани мощности могат да бъдат от порядъка на 80 dB . Близко разположените потребители ще доминират над отдалечените. Този ефект се нарича близко-далечен ефект. За постигане на значителен капацитет, всички сигнали, независимо от разстоянието им до базовата станция, трябва да пристигат в точката на приемане с еднаква мощност [1].

Друга характеристика на радиоканала е затихването, породено от отражение на сигналите от различни обекти. По този начин се създава предпоставка за много-пътно разпространение на сигналите и приемането им с различна фаза, амплитуда и закъснение. Това затихване, наречено фединг на Релей, е чувствително към позицията на антената, скоростта на придвижване на мобилния абонат и урбанизацията на средата. На фиг 1. е показан ефекта от бързия фединг на получения от мобилната станция сигнал.

Тези проблеми в стандарта IS -95 (това се явява т.нар. теснолентова версия на CDMA клетъчна система) се решават чрез прилагането на контрол и управление на мощността на предаване чрез сложни и динамични методи и схеми за контрол. Контролът на мощността е особеност на CDMA системите, която дава възможност на потребителите да регулират мощността, с която предават. Това осигурява на базовата станция приемане на всички сигнали с подходяща мощност. От друга страна CDMA мрежата независимо контролира мощността на излъчване на всяка мобилна станция. По този начин контролът на мощността се извършва и в двете посоки на предаване - в низходяща и във възходяща.



Фиг. 1. Ефект от бързия фединг върху нивото на сигнала

3. Видове контрол на мощността

Контролът на мощността на предаване на мобилния терминал бива без и с обратна връзка. Контролът на мощността без обратна връзка е начална оценка за мощността, от която се нуждае мобилният апарат, за да предава. Тя е базирана на силата на пилотния сигнал, който базовата станция излъчва. Този контрол се използва през цялото време на предаване. Намалването на нивото на приетата мощност е навременна индикация за влошаване качеството на радиоканала, като това може да се дължи на промени в характеристиките по пътя на разпространение на сигналите, като местност, околни сгради и изкуствени препятствия, които пораждат засенчване на сигнала. Ако предположим, че във възходяща посока средните загуби от разпространението са еднакви с тези в низходяща посока, под въздействието на контрола на мощността без обратна връзка се настройва средната предавателна мощност на мобилния абонат.

Тъй като двете посоки на предаване са честотно разделени (45MHz), те затихват независимо. Оптималните нива на предаване на мобилната станция не винаги могат да бъдат определени точно само чрез използване на измерения сигнал на базовата станция. Необходима е и обратна връзка, използвана от базовата станция за измерване силата на сигнала, идващ от мобилния терминал. Въз основа на тези измервания базовата станция изпраща команда за контрол на мощността, с която мобилната станция намалява или увеличава силата на предаването си. Този метод с обратна връзка служи за фино настройване на параметрите на излъчване на мобилните терминали. Използва се само по време на разговор, а командите за него се изпращат по трафичните канали.

3.1. Контрол на мощността без използване на обратна връзка

Този контрол има две главни функции: приспособява началната предавателна мощност на мобилната станция и компенсира големи внезапни отклонения в затихванията по пътя на разпространение на сигналите. Както беше споменато,

всяка мобилна станция измерва нивото на получения от базовата станция пилотен сигнал. От тези измервания и от информацията за предвидената мощност, която е била предадена по време на първоначалната синхронизация, се оценяват загубите от разпространението на сигнала в низходяща посока. Предполагайки подобни загуби и във възходяща посока на предаване, мобилната станция определя своята предавателна мощност. Тя може да се изчисли от следното равенство [1]:

$$(1) \quad P_{\text{req}} (\text{dBm}) = \text{SNR}(\text{dB}) + P(\text{dBm}) + I_T(\text{dBm}) - S(\text{dBm}) = \text{const}(\text{dB}) - S(\text{dBm}),$$

където:

$P_{\text{req}} (\text{dBm})$ - необходима мощност на излъчване на мобилната станция,

$\text{SNR}(\text{dB})$ - зададено отношение сигнал/шум в обратна посока (-13 dB),

$P (\text{dBm})$ - излъчена мощност на базовата станция (40dBm, 10W),

$I_T (\text{dBm})$ - обща мощност на шума и смущенията в обратна посока (-100 dBm),

$S (\text{dBm})$ - получена мощност от базовата станция,

$\text{const} (\text{dB}) = -73 \text{ dB}$.

Константата е предназначена за приспособяване на контрола без обратна връзка в зависимост от различните размери на клетките, различните ефективни излъчени мощности и от чувствителността на приемниците. Стойността ѝ е предадена първоначално по синхронизационния канал. Естествено, актуалните ѝ стойности се променят във времето, тъй като препоръчителната стойност на предавателната мощност е в обратно пропорционална зависимост от получената в права посока.

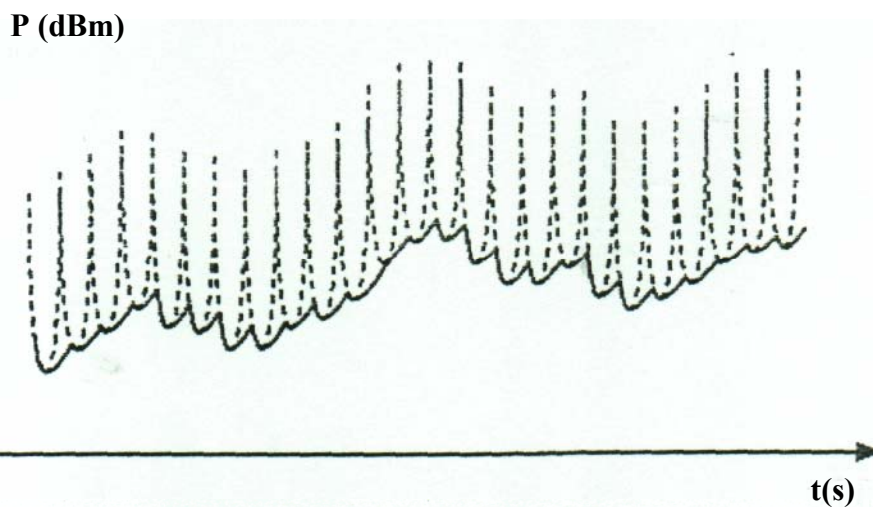
Умишлено отговорът на мобилната станция за тази информация е нелинеен. Ако пилотният сигнал е получен с високо ниво, мобилната предавателна мощност се намалява незабавно, за няколко микросекунди. Но ако измереното ниво внезапно спадне, мобилната мощност се увеличава бавно, в рамките на милисекунда. Причината за това е, че ако мощността не е намалена бързо, когато подобрението в пътя на разпространение на сигнала е настъпило, все още силното мобилно излъчване ще доведе до увеличаване на интерференцията за останалите потребители. В случай, че мощността се увеличи внезапно, ако реалните загубите от разпространението в обратна посока са по-малки от тези в права посока на предаване, то мобилната станция отново ще породи смущения. Поради тази причина системата приема понижение в сигналите на отделните потребители като предпазна мярка срещу увеличението на интерференцията за останалите абонати.

Фигура 2 показва предавателната мобилна мощност в съответствие с приетия сигнал, разгледан на фиг.(1). С пунктир е показана излъчената мощност, ако полученият сигнал е приет без нелинеен филтър, а с непрекъснатата линия - с филтър[4].

3.2. Контрол на мощността с използване на обратна връзка.

Тъй като правата и обратната посока на предаване са честотно разделени, в тях съществуват различни загуби и процесите на затихване в тях са слабо корелирани. Дори средната мощност да е приблизително еднаква, моментните ѝ стойности са различни и поради това контролът без обратна връзка не може да компенсира затихването във възходяща посока. Изчисленията от загубите в права посока чрез измерването на нивото на получения от базовата станция сигнал могат

да се използват като приблизителна оценка за загубите в обратна посока. Точната стойност на последните загуби може да се измери от базовата станция с приемането на сигнала от мобилната станция.

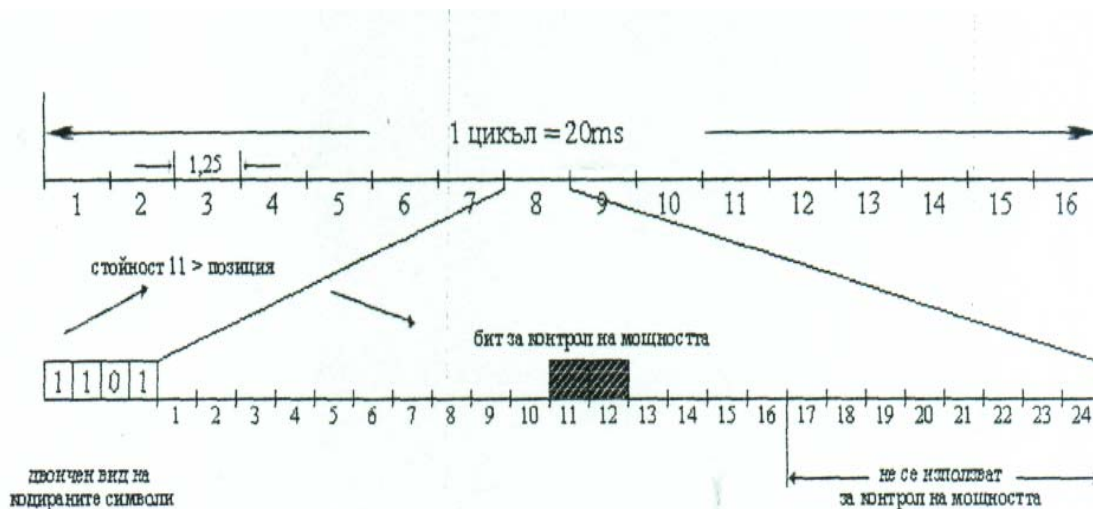


Фиг. 2. Мобилна предавателна мощност, управлявана само чрез контрол на мощността без обратна връзка

В точката на приемане на системата измереното ниво е сравнено с необходимото зададено ниво и се изработва команда за настройване на мощността. Нивото на сигнала е оценено от ортогонален демодулатор и е усреднено за период от 1.25 ms. Тази оценка е сравнена с желаното ниво на мощността. Ако средното ниво е по-голямо от зададения праг, генератор на команди изработва "1" за инструктиране на мобилната станция да намали мощността си. Ако средната мощност е по-малка от желаното ниво, се генерира "0" за увеличаване на мощността. Тези команди инструктират мобилната станция да настрои предавателната си мощност през определена стъпка, обикновено 1 dB. Стъпката, с която се реализира промяната, е системен параметър и може да бъде 0.25, 0.5 или 1.0 dB. Динамичният обхват за контрола с обратна връзка е ± 24 dB.

В права посока във всеки интервал от 1.25 ms се съдържат модулационни символи (т.е. кодирани и реорганизирани). Командата за контрол на мощността се вмъква в информационния поток на трафичния канал в права посока чрез прекъсване на информационните символи. Разположението на бита за контрол е случайно в 1.25 ms група. Тъй като командите за контрол на мощността трябва да въздействат върху нивото на предавателната мощност на мобилната станция колкото е възможно по-бързо, те се добавят към информационния поток след операциите кодиране и реорганизиране, за да не се допусне закъснение повече от 20 ms. Първите 16 от общо 24 модулационни символи в интервала от 1.25 ms са възможните начални позиции за бита за контрол. Точната позиция се определя чрез стойността на последните 4 символа, използвани за скремблиране в предишния 1.25 ms период. Така местоположението на контролните битове е случайно определено. 24-тият символ от последния период е с най-голямо тегло в определяне на позицията, а 21-вия е с най-малко тегло, т.е. стойността на

показаната на фиг.3 поредица 24, 23, 22, 21 е 1011 = 11. В този случай битовете за контрол на мощността започват от 11-тия модулационен символ [2].



Фиг. 3. Позиция на битовете за контрол на мощността.

Контролът с обратна връзка прилага и така наречения външен контрол. Този механизъм проследява правилното извършване на регулирането на мощността. Големината на грешките в цикъла в базовата станция се измерва и сравнява с предварително зададена стойност. Ако разликата между тях е голяма, то командата за контрол на мощността се настройва да даде необходимото ниво на циклова грешка (FER). Освен измерването на тази грешка, външният контрол може да използва и измереното ниво на отношението сигнал/интерференция (SIR). Изискване на SIR е големината на битовата грешка (BER) да варира според радиосредата и зависи от количество и типа на многолъчевостта. IS-95 поддържа външния контрол, който приспособява зададеното SIR. Базовата станция измерва качеството на сигнала (битовата грешка) и въз основа на това определя необходимия SIR.

3.3. Контрол на мощността в права посока.

Базовата станция контролира своята предавателна мощност към мобилните станции според загубите от разпространението и интерференцията. Този контрол се нарича бавен контрол на мощността. Главната му цел е да подобри работата на мобилните станции, разположени в близост до контурите на клетката, където мобилният абонат се намира в такава среда, че излъчванията от базовата станция могат да бъдат подложени на изключително неблагоприятни въздействия. В такъв случай в персоналният предавател данните се приемат с неприемливо висока циклова грешка (FER) и от базовата станция се изисква да увеличи нивото на предаваната мощност. Механизмът на действие на този контрол е следния. Базовата станция периодично намалява предаваната мощност към мобилната станция. Мобилният терминал измерва големината на цикловата грешка. Този процес продължава, докато грешката достигне определен праг, например 1%.

Мобилната станция съобщава за това на базовата станция, която въз основа на тази информация определя увеличение на предаваната мощност с минимална стъпка 0.5 dB [3].

Динамичният обхват на изменение на мощността в низходяща посока е само ± 6 dB. Настройването на мощността в тази посока е по-бавно от това в обратна, като стъпките на намаление или нарастване се правят през интервали от време от 20ms, колкото е продължителността на един цикъл.

Както беше показано, сигналите при разпространението им в близост до земната повърхност са подложени на многолъчева интерференция и затихване. Тези въздействия могат да се окажат достатъчно сурови в урбанизираните среди. Движещите се абонати изпитват и влиянието от Доплеровото разширяване на многолъчевите компоненти. В случаите, когато федингът причинява голямо количество грешки, са необходими сериозни методи за отстраняването му или за намаляване на въздействието му. Когато обаче федингът е бавен, някои видове контрол на мощността могат да помогнат за елиминирането му. В IS-95 за тази цел се използва контрола на мощността с обратна връзка. Когато федингът е бърз, този метод е неефективен, особено при висока скорост на мобилния абонат.

4. Аспекти в организирането на контрола на мощността

За проектирането на схеми за контрол на мощността е необходимо да се обсъдят следните аспекти [3]:

- ◆ критерии за контрол на мощността;
- ◆ големина на стъпката на изменение на мощността;
- ◆ динамичен обхват;
- ◆ скорост на въздействие на командите за управление на мощността.

4.1. Критерии

В зависимост от критерия за управление на мощността се предлагат различни алгоритми, най-използваните от които са контрол на мощността, базиран върху загубите от разпространението и контрол, базиран върху качеството на сигнала. Обикновено алгоритмите се основават върху комбинацията от тези критерии. Загубите, породени от естественото затихване на сигналите при разпространението им в радиосредата, не могат да служат за единствена мярка при оценката на приетите сигнали. Възможно е нивото на мощността им да е високо, но поради силни смущения да са натрупани значителни грешки. В този смисъл, качеството на сигналите може да бъде определено въз основа на измерванията на отношението сигнал/интерференция (SIR) и големината на цикловата грешка (FER). Тъй като в различните радиосреди, различна съотношения сигнал/интерференция могат да доведат до една и съща циклова грешка, както и обратното, е необходимо да се дефинира функция, която да проектира желаната грешка в препоръчителното отношение сигнал/интерференция.

5. Последици от несъвършения контрол на мощността

Както беше показано дотук, контролът на мощността е една от ключовите процедури към висококачествени и сигурни CDMA системи. Бяха разгледани и основните методи за управление на излъчваните от мобилния терминал и базовата станция мощности. Таблица 1 показва най-важните характеристики на тези видове контрол:

Табл. 1. Основни характеристики на видовете конвенционален контрол на мощността.

Вид контрол	Посока на предаване	Динамичен диапазон [dB]	Големина на стъпката [dB]	Периодичност на контрола [ms]	Предназначение
Контрол без обратна връзка	Обратна посока	$\pm(10-20)$	0.5	20	Избягване на близко-далечния проблем
Бърз контрол с обратна връзка	Обратна посока	± 24	0.25 0.5 1.0	1.25	Компенсират бързия фединг
Бавен контрол	Права посока	± 6	0.5	20	Намалява предавателната мощност на мобилните станции

Не винаги контролът на мощността може да изпълни основните си предназначения. На практика съществуват несъвършенства в неговото изпълнение поради закъсненията и грешките в командите, ограничения динамичен обхват и размера на стъпката на изменение на мощността. При CDMA системите поради по-тясната честотна лента в сравнение с широколентовия CDMA, способността за разнесено приемане е по-малка. Това води до повишаване на средната предавателна мощност, което увеличава вътрешноклетъчната интерференция. Този ефект е неизбежен при всички системи с бърз контрол на мощността, които не могат да използват

многолъчевото разнасяне в канала. Теснолентовият CDMA е особено чувствителен и към високите скорости на мобилните абонати и бързия фединг.

Несъвършеният контрол на мощността влияе отрицателно върху конвенционалните приемници. От една страна, не пълно компенсираният фединг влошава качеството на работата им. Нееднаквите им мощности на предаване пораждаат близко-далечния ефект, а приемниците в базовите станции са неустойчиви към този проблем. Така, от друга страна, не перфектния контрол на мощността влияе и върху множественото детектиране на абонатите от базовата станция. Той е причина и за намаляване на системния капацитет като последица от непълното елиминиране на близко-далечния ефект.

Грешките в управлението на нивата на излъчване, породени от неточно оценяване на отношението сигнал/шум, могат да се разглеждат като лог-нормално разпределена случайна величина. Общата грешка в обратна посока, породена от бързия контрол на мощността и този без обратна връзка, е около 1.5-2.5 dB. Това е равносилно на приблизително еднакво влошаване на работата на системните детектори [3].

Не добре планираният контрол на мощността води и до нарастване на междуклетъчната интерференция. Една увеличена предавателна мощност на мобилните абонати от дадена клетка ще влоши качеството на приемане и на сигналите в съседните клетки. Този ефект ще се породи и при осъществяването на мекия хендовър.

Като обобщение може да се отбележи, че несъвършеният контрол на мощността в права и обратна посока на предаване повишава вътрешноклетъчната и междуклетъчната интерференция, с което се намалява системния капацитет.

6. Контрол на мощността в WCDMA системите

Третото поколение WCDMA (широколентовата версия на CDMA клетъчна мрежа) използва бърз контрол на мощността с обратна връзка и в двете посоки на предаване. Тъй като широколентовият спектър предоставя по-добри възможности за разнесено приемане, контролът на мощността не е така критичен при WCDMA, както при CDMA. В един широколентов канал с малки закъснения, подобрението в работата на системата, дължащо се на бързия контрол на мощността, е осезателно. Този контрол е способен да настройва нивото на мощността при наличие на бърз фединг. Полезен е особено в микро и пико клетки, където ефектът от многолъчевото разпространение е ограничен.

В обратна посока на предаване е необходимо да се елиминира близко - далечния проблем, тъй като базовата станция получава сигналите от мобилните телефони несинхронизирани и неортогонални. В тази посока на излъчване бързият контрол на мощността подобрява работата на системата в три аспекта:

- изравнява мощността на предаване на мобилните станции и по този начин смекчава близко-далечния проблем;
- компенсира фединга в канала и отношението E_b/N_0 (плътност на енергията на 1 бит към неговата шумова плътност) се увеличава;

- минимизира предавателната мощност на мобилните станции, с което се намалява междуклетъчната интерференция и се увеличава живота на батериите на мобилните устройства.

В права посока на предаване бързият контрол на мощността се използва главно за намаляване на предавателната мощност на базовата станция и поддържането ѝ на такова ниво, че да не поражда смущения в съседните клетки. Тази особеност на управлението на нивото на сигналите силно повишава системната функционалност заедно с минималните прекъсвания по време на мекия хендовър.

WCDMA осигурява ефективен тракт в права посока на предаване чрез използване на обратна връзка в бързия контрол на мощността. Тъй като това е основната разлика със CDMA по отношение на управлението на предавателната мощност в низходяща посока, ще насочим вниманието си към него.

При изпълнението на мекия хендовър, бързият контрол с обратна връзка в права посока променя изходната мощност на всяка базова станция в активна връзка в рамките на един цикъл, който е сравним с цикъла за обратния тракт. Тази промяна е незабавна, в зависимост от командите за контрол на мощността, изпратени от мобилната станция. Тези команди изискват намаление на мощността, ако качеството на приетия сигнал е над препоръчителните стойности, и увеличение, ако качеството е по-лошо от предвиденото. Всяка активна базова станция в активната мрежа преобразува изходната си мощност на стъпки с големина $\Delta P = (0.25 - 4.0)$ dB. Контролът на мощността ще назначи една и съща предавателна мощност към всички базови станции, включени в хендовъра с цел предаването в права посока да се поддържа с необходимото качество. Въпреки това, действителните стойности на изходните им мощности ще варират осезаемо, поради различията в началните им нива на предаване и поради грешки в командите за управление. Този модел на контрол на мощността се разглежда като конвенционален [3].

Мекият хендовър увеличава системния капацитет почти два пъти, но проблемите, свързани с него, могат да се обобщят в три главни аспекта:

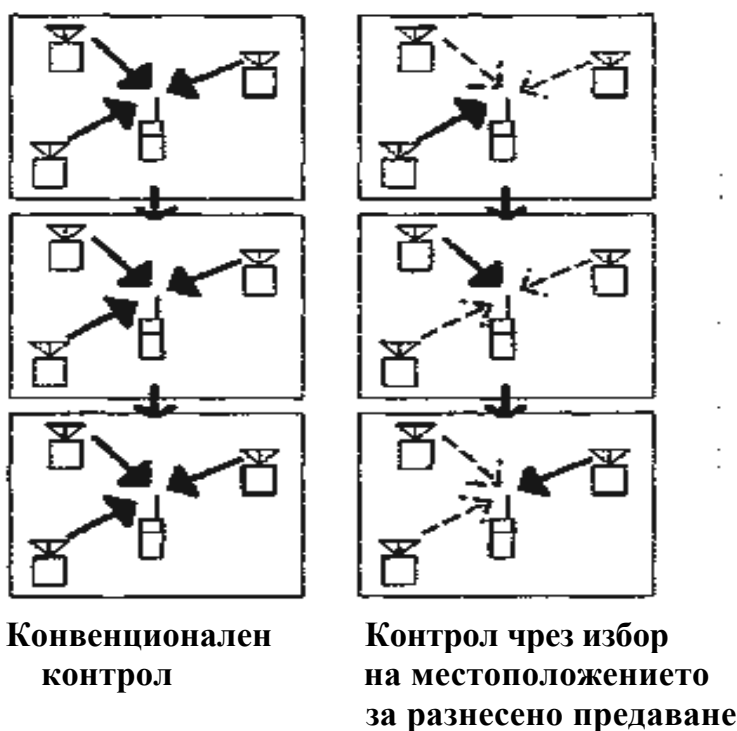
1. За изпълнението на мекия хендовър се извършват множество предавания от и към всички базови станции, кандидати за превключването на каналите. Това увеличава интерференцията, засягайки по този начин другите радиовръзки и така ограничава възможностите на системата в права посока.

2. Мекият хендовър, поради това, че причинява увеличение на броя на лъчите, намалява способността на RAKE приемника за обединение на различните многолъчеви сигнали. Ограничението в броя на клоновете на приемника му пречат да обедини всички компоненти на разложените сигнали.

3. Предавателната мощност на активната базова станция ще стане небалансирана поради грешки в получените команди за управление на нивото на излъчваните сигнали. Това води до нестабилност в предаваните мощности от останалите базови станции, дори ако началните стойности на излъчваните им сигнали са едни и същи. Най-големият проблем тук е, че тези грешки могат да причинят изключително нарастване на предавателната мощност на някои базови станции и това да доведе до увеличение на интерференцията.

7. Контрол на мощността с подбор на местоположението за разнесено предаване (SSDT модел)

За разрешаване на първия проблем, свързан с излъчванията от множество базови станции (т.б), се въвежда нов контрол на предавателната мощност в права посока. При този метод дадена мобилна станция измерва нивата на излъчваните пилотни сигнали от базовите станции, кандидати за хендовър, и периодично избира тази от тях, която осигурява минимални загуби от разпространението на сигналите в права посока (фиг.4). Мобилната станция изпраща команди към обслужващата я базова станция, в които съобщава идентификационния номер на селектираната. В същото време мобилният терминал предава команди и към останалите базови станции в активната мрежа да намалят изходните си мощности на минимално ниво.



Фиг. 4. Сравнение между конвенционалния метод за контрол на мощност, и контрола чрез подбор на местоположението за разнесено предаване (SSDT модел)

Сигнализацията, отнасяща се до селектирането на подходящата базова станция, към която ще се превключат каналите по време на активна връзка, се предава периодично, подобно на сигнализацията за намаляване или увеличаване на предавателната мощност при конвенционалния метод. Сигналите за селектирането на новата базова станция и контролът на мощността са обединени в един контролен сигнал, който не изисква допълнителна служебна информация за доставяне на данните към обслужващата базова станция [3].

В избраната базова станция също се прилага контрол на мощността, така че сигналът към мобилното устройство се поддържа непрекъснато с постоянно качество.

В WCDMA с контрол на мощността чрез подбор на местоположението за разнесено предаване, за всяка базова станция в активната мрежа е определен временен идентификационен номер (ID). Базовата станция с минимални загуби на разпространяваните сигнали към определен мобилен терминал е избрана за обслужваща въз основа на измерванията на нивото на пилотния сигнал, приет по общия контролен канал. Нейният идентификационен номер се изпраща към всички базови станции от същата активна мрежа за намаляване на техните изходни мощности.

Една базова станция управлява две нива на предавателните си мощности: "скрита" мощност P_1 и действителна мощност P_2 . Тя поддържа минимално ниво на предаване и ако е избрана за обслужваща, повишава мощността си до P_2 (табл.2). Предназначените канали в права посока предават с мощност P_2 . И P_2 , и P_1 са актуализирани в зависимост от командите за контрол на мощността в права посока, които са изпратени от мобилното устройство. Тези команди се изпращат в случай, че качеството на приемане в обратна посока е под определен праг. Тогава мобилният терминал изработва сигнал за увеличаване нивото на мощността, така че активните базови станции да повишат силата на излъчване. Ако качеството на приемане е над определен праг, мобилната станция предава сигнал към базовите станции за намаляване на предавателната им мощност.

Таблица 2. Метод за актуализиране на мощностите P_1 и P_2

Състояние на базовата станция	Съдържание на сигнала за контрол на мощността в права посока	P_1 [dBm]	P_2 [dBm]
Необслужваща	Намаление	$P_1 - \Delta P$	P_{\min}
	Увеличение	$P_1 + \Delta P$	P_{\min}
Обслужваща	Намаление	$P_1 + \Delta P$	$= P_1$
	Увеличение	$P_1 + \Delta P$	$= P_1$

В таблица 2 с ΔP се означава стъпката на изменение на мощността, а с P_{\min} - минималното ниво на предаване. В действителност P_{\min} може да намалява неограничено, което става причина необслужващата базова станция да бъде освободена от активната мрежа. P_1 и P_2 се обновяват при всяко събитие, свързано с контрола на мощността. Една базова станция първоначално предава с мощност P_1 след което превключва на P_2 . И двете мощности са ограничени, така че да се осигури ниво на предаване, недостигащо максимални или минимални стойности. Ако се установят нива на излъчване в необслужващите базови станции $P_2 = P_1$, то този метод се превръща в конвенционален.

8.Основни резултати от сравненията и изводи за контрола на предавателната мощност с прилагане на метода със селектиране на местоположението за разнесено предаване – SSDT

WCDMA - технологията притежава някои съществени предимства пред останалите технологии, включващи използването на мек хендовър. Усъвършенствано радиопредаване чрез RAKE - обединение и увеличение на системните възможности чрез секторизирани антени. Ключовите особености на WCDMA, като стандарт за третото поколение мобилни системи, могат да се обобщят в следните аспекти:

- междуклетъчни асинхронни операции и три-стъпково бързо клетъчно търсене;

- гъвкава реализация на различни нива на качество на услугите за различните канали чрез съгласуване на скоростите;

- значително увеличаване ефективността на връзките и покритието поради използването на различни техники за разнесеност: кохерентна времева разнесеност, използваща пилотен сигнал, подпомагащ оценката на каналите; пространствено и междуклетъчно разнасяне; разнесено предаване в права посока.

- усъвършенствани технологии, увеличаващи капацитета на системата и служещи за подтискане на интерференцията и за разнесеност, ползваща адаптивна антенна матрица.

Една от бариерите, която стои пред усъвършенстването на CDMA - системите, е увеличената интерференция в права посока, породена от мекия хендовър. За справяне с този проблем се въвежда нова форма на контрола на предавателната мощност - SSDT метод със селектиране на местоположението за разнесено предаване. Този метод има съществени преимущества пред останалите методи, които бяха разгледани в предишните точки :

1. Намаляване на интерференцията.

Само една базова станция от активната мрежа предава пилотен сигнал с подходящо ниво на излъчената мощност към мобилната станция, заявила процедура за хендовър. Избягва се множественото предаване на останалите базови станции, кандидати за хендовър, като предавателните им мощности са намалени до минимално ниво. Това води до увеличаване на капацитета системата, особено при ниски Доплерови честоти. Използването на SSDT в комбинация с обратна връзка от мобилната станция , указваща подходящ антенен коефициент, довежда до максимална ефективност при скорости на мобилния абонат до 10 km/h. При бързо движещи се абонати успешно се прилага съчетаването на SSDT с метод за контрол без обратна връзка, използващ две предавателни антени в правия тракт, с което се овладява бързия фединг.

2. Повишаване ефективността на многолъчевото обединение в RAKE приемника.

Тъй като при метода със селектиране на най-подходящото местоположение за разнесено предаване само една базова станция излъчва пилотен сигнал, броят на многолъчевите компоненти, които трябва да се приемат, е много по-малък. В конвенционалния контрол на мощността, поради излъчванията на няколко базови станции, мобилният терминал се нуждае от голям брой клонове на приемника си за

обединението на всички лъчи. Капацитетът на бавно движещите се мобилни станции с 6-клонови приемника може да се увеличи с около 55 % чрез използването на комбинацията SSDT плюс разнесено приемане в мобилната станция. Високата ефективност на лъчевото обединение на SSDT увеличава капацитета с 36 % за безкраен брой клонове, но с 55% за 6 клона. Тези резултати показват, че SSDT е полезен за намаляване броя на клоновете в приемника и намаляване на сложността на мобилното оборудване.

3. Стабилност на нивото на мощността.

Както беше споменато по-горе в изложението, при конвенционалния метод за контрол на мощността изходните мощности на базовите станции, включени в активната мрежа за осъществяването на мекия хендовър, варират в зависимост от първоначалните им стойности, независимо че контролът на мощността ще назначи към всяка от тях едни и същи предавателни нива. Проблемът с небалансираността на мощността, породен от грешките в командите за контрол на мощността при конвенционалния модел се избягва поради наличие на една базова станция, която предава сигналите в права посока чрез SSDT.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ojanpera, T., and R. Prasad. Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications, 1998.
- [2] Lee, Jhong S., and L. Miller. CDMA Systems Engineering Handbook , 1998.
- [3] Wang, J., and Tung-Sang Ng. Advances in 3G Enhanced Technologies for Wireless Communications , 2002.

CONVENTIONAL TRANSMISSION POWER CONTROL AND SSDT POWER CONTROL AT 3G CELLULAR SYSTEM

Stiliyan Paunov

*Technical University, Faculty of Communication
Technology, bul. Kl. Ohridsky 8, 1000 Sofia, BULGARIA*

Key words: CDMA, 3G mobile systems, basic multiple access schemes, wideband mobile networks, SSDT, power control.

Summary: TPC (Transmission Power Control) is key to a high-capacity and reliable CDMA cellular system. Uplink TPC is required to combat the near-far problem because the base stations receive uplink signals that are asynchronous and nonorthogonal. Downlink TPC, however, is mainly used to reduce the transmission power used by base stations. In both uplinks and downlinks, TPC reduces intercell interference and thus increases system capacity. This paper describes SSDT (Site Selection Diversity Technique) power control, an advanced form of downlink TPC that can solve the problems incurred when conventional TPC is used. The principles of SSDT power control and conventional TPC are compared in the paper also.