

---

## CDMA : ОСНОВА ЗА 3G - МОБИЛНИТЕ СИСТЕМИ

**Стилиян Паунов**

[stp@tu-sofia.acad.bg](mailto: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:** CDMA, 3G мобилни системи, схеми за множествен достъп, широколентови мобилни мрежи*

***Резюме:** Свидетели сме през последните години на едно изключително силно развитие на мобилните комуникации, за което се прогнозира, че ще продължи и занапред.*

*Появата на широколентови мобилни приложения, както и експоненциалното нарастване на Интернет базирания трафик, изискват ново поколение мобилни системи, които трябва да бъдат в състояние да предлагат значително по-високи скорости на предаване на информацията, по-голяма гъвкавост, едновременно да се поддържат множество услуги за даден абонат, както и услуги с различно качество. Именно широколентовите CDMA системи, които са в състояние да посрещнат тези изисквания, се явяват основата, приета и като стандарт, върху която ще се изгражда третата генерация мобилни системи (IMT – 2000).*

### **1. Радиотехнологии за множествен достъп**

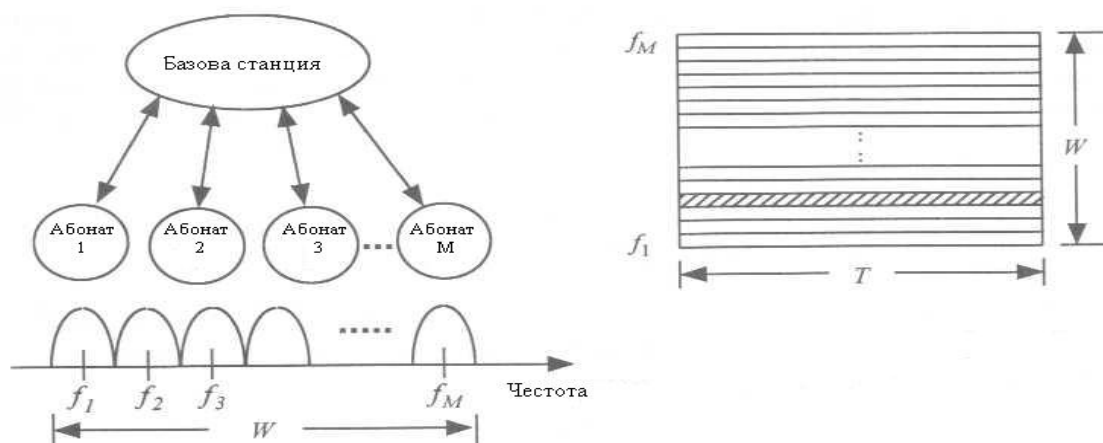
Основата при проектирането на всеки един въздушен интерфейс е как общата среда за предаване на информацията да се подели между отделните мобилни абонати, което се явява всъщност технологията за множествен достъп.

Основните схеми за множествен достъп до общата радиосреда са илюстрирани на фигури 1, 2 и 3. При FDMA ( Frequency Division Multiple Access ) системите наличната честотна лента, предоставена на системата, е разделена на отделни честотни канали, които са предоставени на отделните мобилни абонати.

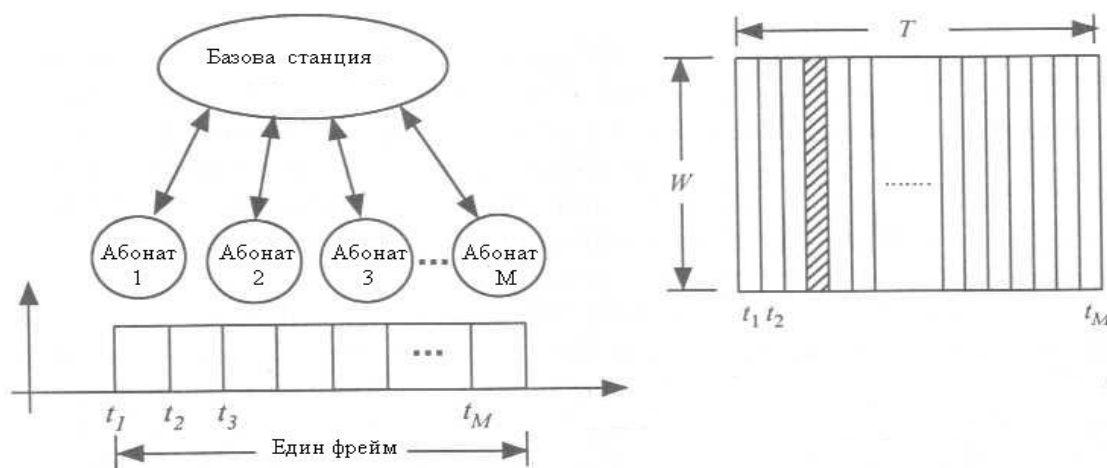
При TDMA ( Time Division Multiple Access ) системите всеки един честотен канал е разделен на отделни времеви слотове и на всеки мобилен абонат е предоставен съответно един времеви слот. При CDMA ( Code Division Multiple Access ) системите множественият достъп до общата радиосреда се постига като на всеки 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.

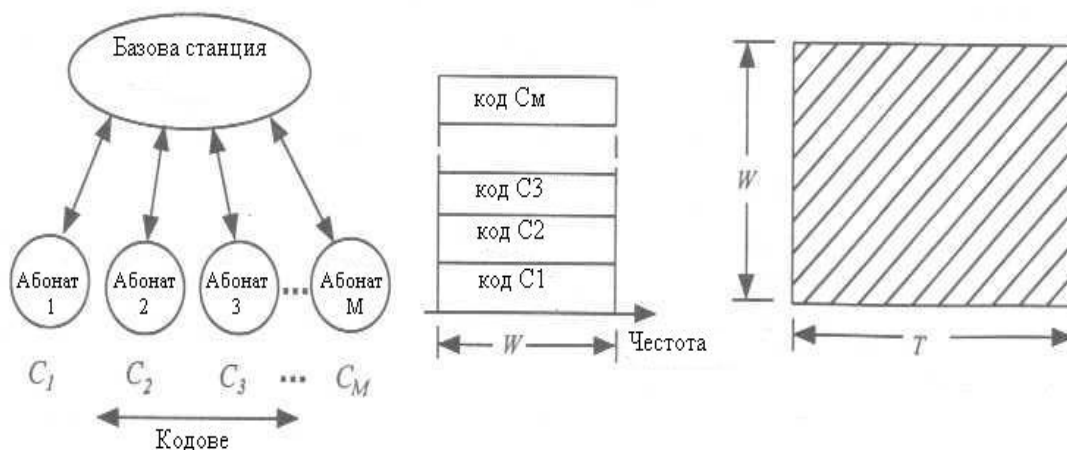
След това приемникът трансформира този широколентов сигнал в оригиналния теснолентов сигнал, използвайки същия псевдослучаен код. Широколентовите сигнали на другите мобилни абонати остават широколентови. Евентуалната тесночестотна интерференция в случая се подтиска при този процес. TDMA и CDMA схемите обикновено използват FDMA технологията за множествен достъп с цел да разделят наличната си честотна лента на по-малки честотни канали, които след това се делят по времеви или кодов признак.



Фиг.1. FDMA схема за множествен достъп



Фиг.2. TDMA схема за множествен достъп



Фиг.3. CDMA схема за множествен достъп

## 2. Основни концепции на CDMA технологията

В CDMA системата на всеки мобилен абонат е присвоена една уникална кодова последователност (разнесен код), чрез която се кодира информационния носещ сигнал на всеки абонат. Приемникът, познаващ съответната кодова последователност на потребителя, декодира приемания сигнал и възстановява оригиналната информация. Това е възможно, тъй като взаимната корелация между кода на съответния мобилен абонат и кодовете на останалите абонати е много малка. Поради факта, че ширината на кодовия сигнал е избрана да бъде значително по-голяма от тази на информационния носещ сигнал, процесът на кодиране увеличава (разширява) спектъра на сигнала, за което такъв тип модулация е известен като модулация с разширяване на спектъра. Полученият сигнал се нарича разнесен спектрален сигнал, а CDMA технологията често се отбелязва и като множествен достъп с разнасяне на спектъра.

Спектралното разнасяне на предавания сигнал дава на CDMA неговата способност за множествен достъп. При разнасянето на спектъра на сигнала трябва да се изпълняват два основни критерия :

1. Ширината на честотната лента на предавания сигнал трябва да бъде значително по-голяма от тази на информационния сигнал.
2. Резултантната радиочестотна лента се детерминира чрез функция, различаваща се от функцията, която определя информационния сигнал (така че честотната лента е статистически независима от информационния сигнал). Това изключва такива техники за модулация като честотна модулация и фазова модулация.

Приемникът в CDMA системата извършва корелация на приемания сигнал със синхронно генерирано копие на разнасящия код с цел възстановяване на оригиналния информационно-носещ сигнал. Това разбира се означава, че приемникът трябва да познава съответния код, използван за модулиране на информацията.

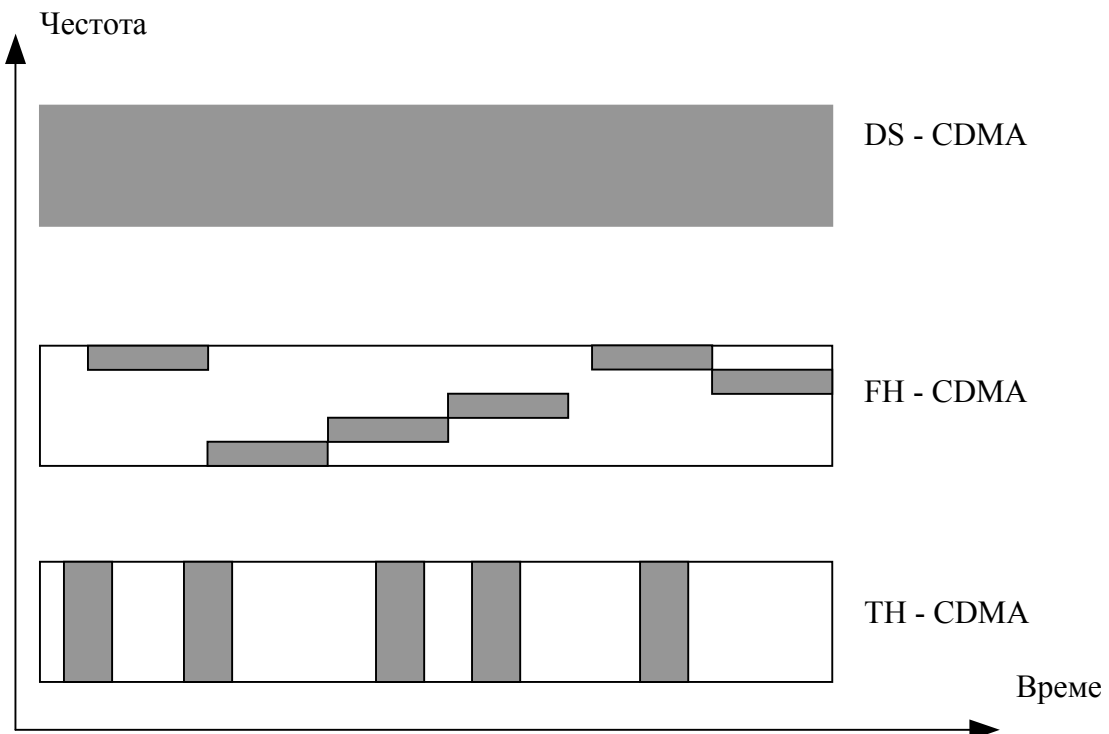
Вследствие на кодирането и в резултат на увеличаване на честотната лента, сигналите с разнесен спектър имат някои особености, които ги отличават от теснолентовите сигнали :

- Възможност за множествен достъп. Ако множество от мобилни абонати предават сигнал с разнесен спектър по едно и също време, приемникът ще бъде в състояние да разграничи отделните абонати, тъй като всеки от тях използва уникален код с достатъчно малка корелация с останалите кодове. Корелацията на приемания сигнал с един кодов сигнал от определен абонат ще извлече информационния сигнал само на този абонат, докато останалите сигнали ще останат разнесени върху широка честотна лента.
- Защита срещу многолъчевата интерференция. В даден радиоканал винаги съществува повече от един път между даден предавател и приемник. Поради отраженията и рефракциите, даден сигнал ще бъде приет от определен брой различни пътища, като всички тези сигнали ще са копия на един и същ предаден сигнал, но с различни амплитуди, фази, закъснения. За едни честоти добавянето на тези сигнали в приемника ще бъде конструктивно, а за други – деструктивно. Модулацията с разнасяне на спектъра може да се справи с многолъчевата интерференция, като начинът по който това се постига зависи много от типа на използваната модулация.
- Конфиденциалност. Предаваният сигнал може да бъде извлечен и данните възстановени единствено, ако е известна на приемника дадената кодова последователност.
- Елиминиране на интерференцията. Взаимната корелация на кодовия сигнал с един теснолентов сигнал ще разнесе мощността на теснолентовия сигнал, редуцирайки по този начин мощността на интерференцията в информационната честотна лента. Така интерференцията ще се яви като слаб фон шум.
- Малка вероятност за прислушване. Тъй като разнесенният в спектъра сигнал притежава много ниска плътност на мощността си, то е изключително трудно той да бъде засечен и подслушан.

### **3. Класификация на CDMA схемите за множествен достъп**

Съществуват няколко различни начина за класифициране на CDMA схемите. Най-общият от тях представлява разделяне, базиращо се на метода на модулация, използван за получаването на широколентовия сигнал. По този начин се дефинират три типа CDMA схеми : директна последователност ( DS ), скокообразно изменение на честотата ( FH ) и скокообразно изменение на времето ( TH ), както е показано на фигура 4. При DS – CDMA схемите спектърът се разнася чрез умножение на информационния сигнал с една псевдослучайна последователност, вследствие на което се получава широколентовия сигнал. При разнасянето на спектъра чрез скокообразно изменение на честотата, една псевдослучайна последователност дефинира постоянната честота на предаване. Ширината на честотната лента във всеки един момент е малка, но общата честотна лента, например , в продължение на един символен период е огромна. Скокообразното изменение на честотата може да бъде бързо ( няколко скока за един символ ) или

бавно (няколко символа се предават за един скок). При разнасяне на спектъра чрез скокообразно изменение на времето, дадена псевдослучайна последователност дефинира момента на предаване. Разбира се са възможни и комбинации от описаните по-горе техники. Трябва да се отбележи, че за третото поколение мобилни системи, е избрана DS – CDMA схема за множествен достъп, където информацията се разнася върху честотна лента с ширина приблизително 5 MHz или по-голяма.



Фиг. 4. DS , FH и TH – CDMA схеми за множествен достъп

#### 4. Еволюция на CDMA стандартите към 3G мобилните клетъчни системи

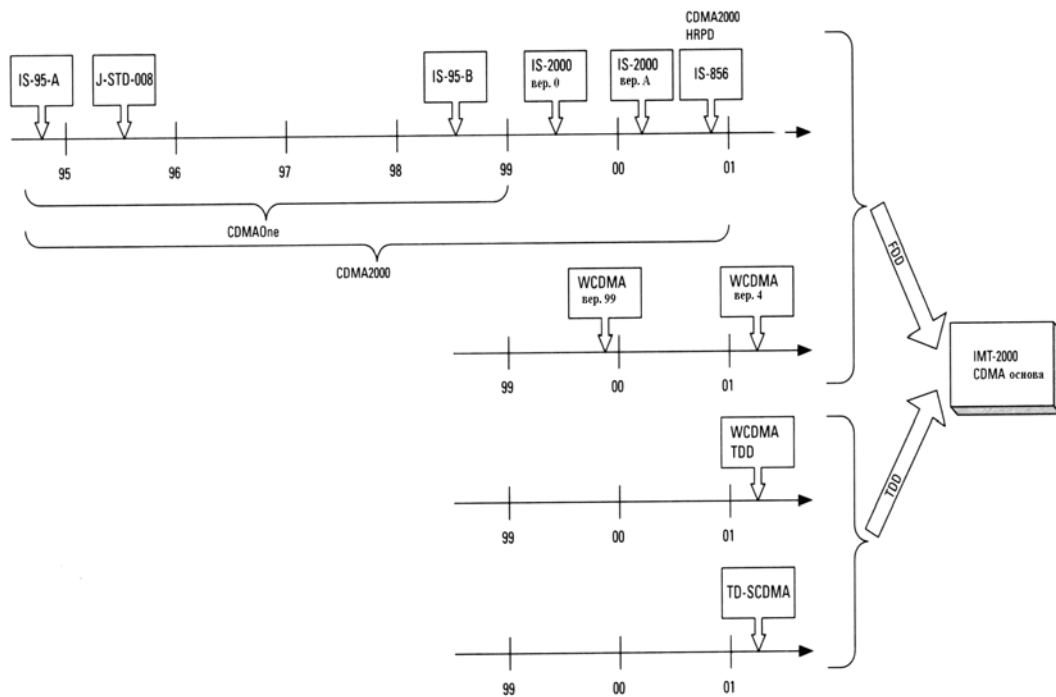
CDMA технологията беше представена в клетъчните системи в началото на 90-те години с развитието на т.нар. стандарт IS-95. От тогава тази технология се разпространява изключително бързо по целия свят, достигайки 90 милиона потребители в началото на 2001 година. Едно от основните преимущества на IS-95 базираните мрежи е средно с 10 пъти нарастване на капацитета на системата за гласови връзки спрямо първото поколение (1G) аналогови системи. В допълнение трябва да се отбележи, че IS-95 системата претърпя значително развитие през последното десетилетие, в резултат на което се появиха усъвършенствуваните версии IS-95-A и IS-95-B съответно през 1994 и 1998 години.

Основният успех на CDMA технологията се явява приемането и в безжичната индустрия, тъй като и двата основни 3G стандарти се явяват базирани на двете CDMA технологии. Единият от тези стандарти, CDMA2000, е специално разра-

ботен като обратно съвместима версия на IS-95 системите за понататъшно подобряване на капацитета на гласовите услуги, докато се поддържа високоскоростно пренасяне на данни. В резултат на подобрените си характеристики, комерсиалното развитие на 3G системите, базирани на CDMA2000 започва в началото на 2000 година в Южна Корея.

Интересно е да се проследи развитието на няколко CDMA-базирани стандарта и тяхната връзка с хармонизираните 3G мобилни комуникационни системи, представени от Международния Телекомуникационен Съюз (ITU) и известни като IMT-2000. Трябва да се отбележи, че в областта на мобилните комуникации, където има изключително много акроними и разнообразни технологии, е от изключителна важност цялостното разбиране на различните компоненти, формиращи 3G CDMA технологията.

На фигура 5 са показани основните стандарти, базирани на CDMA, както и начина по който те се комбинират, за да формират основата на CDMA групата до IMT-2000.



**Фиг. 5. Еволюция на CDMA стандартите към 3G мобилните системи**

Трябва да се отбележи, че и двата режима на комуникация *time-division duplex* (TDD – дуплекс с разделяне по време) и *frequency-division duplex* (FDD – дуплекс с разделяне по честота), се поддържат от IMT-2000. Най-общо казано FDD режима използва различни честотни ленти за носещите за възходящия и низходящия тракт, разделени от една фиксирана честота, докато TDD системите използват една и съща честотна лента и за двата тракта. Повече спектър за 3G системите се базира на използването на двойка честоти (FDD); докато TDD режима може

да бъде използван в нелицензираните честотни ленти и тези области от спектъра, за които едно FDD разположение е невъзможно. FDD режимът се поддържа от WCDMA (широколентова версия на CDMA) и от CDMA2000 системите. WCDMA системата използва разнасяне на спектъра чрез директна кодова последователност и окупира 5 MHz от честотния спектър за всяка посока на връзката. Процесът по стандартизацията на WCDMA системата започва от първата версия в края на 1999 година до осъвременената версия (4) в началото на 2001 година. Другият компонент на FDD системите от IMT-2000 е фамилията от стандарти, които най-общо се отнасят до CDMA2000. Те са ясно представени на фигура 5, като началото е поставено със системата IS-95-A, появила се през 1995 година. След няколко години се появява и IS-95-B, която включва в себе си значителни нововъведения, като подобрен достъп и процедури по хендоувъра в допълнение към другите отличителни черти като поддръжка на услуги за предаване на данни, определяне на местоположение и глобален роуминг. IS-95-A/B и няколко свързани с тях стандарта формират основата на второто поколение (2G) клетъчна технология, известна като CDMA one. Развитието на CDMA one към 3G мобилните системи включва в себе си една фамилия от стандарти, известни като CDMA2000, която за първи път се появява с публикацията на IS-2000 през 1999 година. Скоро след това се появява версия A на IS-2000, която включва в себе си допълнителни опции като нови общи канали, споразумения за качеството на услугата, шифриране и конкурентни услуги. От друга страна, този стандарт включва в себе си две версии на системата: теснолентова и широколентова, които съответно заемат 1.25 и 3.75 MHz честотна лента. Трябва да се отбележи, че CDMA2000 системата е проектирана да бъде обратно съвместима със съществуващите CDMA one мрежи и гласови терминали. Тази характеристика дава възможност за миграция на съществуващите 2G CDMA мрежи към високоскоростното предаване на информация и множеството услуги, поддържани от 3G системите.

За IS-2000 стандарта може да се каже, че поддържа два пъти по-висок гласов капацитет от своя предшественик IS-95. Друга важна специфична особеност, представена в CDMA2000, е поддръжката на свързаност към мрежите едновременно на IS-95 и GSM-MAP. Това означава, че докато радио интерфейса се управлява според спецификацията на CDMA2000, то контролът на обаждането, управлението на мобилността, както и другите мрежови аспекти могат също така да бъдат управлявани, както е при GSM-MAP базираните терминали.

Въпреки новостите, представени в IS-2000, които значително подобряват гласовия капацитет и услугите за пренасяне на данни, дизайнът на тази система все пак не е достатъчно оптимизиран за високоскоростния IP трафик. Например най-високата скорост на предаване за правия тракт е 307.2 Kbps. Затова като допълнение към системата CDMA2000 се появява новият стандарт IS-856 в края на 2000-та година, който е изключително ориентиран към високоскоростно пакетно предаване на данни.

## 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.

## CDMA : THE BASE FOR THIRD GENERATION MOBILE SYSTEMS

Stiliyan Paunov

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

**Keywords:** *CDMA, 3G mobile systems, basic multiple access schemes, wide-band mobile networks.*

**Summary:** *Third generation mobile radio networks, often dubbed as 3G, have been under intense research and discussion recently and will emerge around the year 2000. In the International Telecommunication Union (ITU), 3G networks are called International Mobile Telecommunications – 2000 (IMT – 2000). Wideband code division multiple access (CDMA) has emerged as the mainstream air interface solution for the 3G networks. This paper provides a basic introduction to wideband CDMA and 3G networks, multiple access schemes, classification of CDMA and evolution of the CDMA standardization toward 3G.*