

Петото поколение (5G) – мобилни системи и технологии за комуникации на бъдещето

Росен Пасарелски*, Васил Къдрев** и Теодора Пасарелска***

* Нов Български Университет София, Департамент „Телекомуникации“, София 1000, България, ул. „Монтевидео“ 21, e-mail: rpassarelski@mail.bg

*** Министерство на транспорта, информационните технологии и съобщенията на Република България, София 1000, ул. "Дякон Игнатий" № 9

Резюме. Мобилните клетъчни мрежи са неизменна част от битието на хората днес, а ще бъдат и утре. Като основна техническа характеристика на настоящите системи започва да се разглежда скоростта на пренос на данни. Нуждите на потребителите нарастват и изискванията към системите се увеличават многократно. Новите мрежи е необходимо да са високо надеждни, ниско латентни, високо ефективни и производителни, енергоспестяващи, да осигуряват масивна свързаност и много високи скорости. През последните две, три години "5G" определено е една от най-горещите ключови думи в телекомуникациите, както и в областта на информационните технологии (ИТ). С въвеждането на петото поколение и технологиите на бъдещето като – мобилен облак, когнитивно радио, виртуализация, софтуерно дефинирани мрежи, представата ни за мобилни клетъчни системи ще се промени изключително съществено.

За повече информация пишете на e-mail: rpassarelski@mail.bg

Fifth Generation (5G) - Mobile Systems and Communication Technologies of the Future (Rosen Pasarelski, Vasil Kadrev, Teodora Pasarelska). Mobile cellular networks are an indispensable part of today's existence, and will be tomorrow. As a basic technical characteristic of current systems, the speed of data transmission is considered. Users' needs are increasing and system requirements are increasing many times. Next generation networks need to be highly reliable, low latent, highly efficient and productive, energy-saving, provide massive connectivity and very high speeds. Over the last two, three years, "5G" is definitely one of the hottest keywords in telecommunications as well as in information technology (IT). With the introduction of the fifth generation and future technologies as mobile cloud, cognitive radio, virtualization, software-defined networks, our idea of cellular mobile systems will change very significantly.

For more information, please e-mail: rpassarelski@mail.bg

1. Въведение

Със създаването на третото поколение цифрови мобилни клетъчни системи се налага преходът от теснолентови към широколентови мобилни мрежи, които не предлагат само пренос на глас като услуга, а също така и високоскоростен пренос на данни или мобилен Интернет. Те са част от развитието и еволюцията на мобилните клетъчни системи, които отговорят на нарасналите изисквания и нужди на потребителите на мобилни услуги. Третата генерация мобилни клетъчни системи са известни като универсални мобилни телекомуникационни

системи и се отбелязват с абревиатурата UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). С подобрената си структура и технологични компоненти те са подходящи за предоставяне на високоскоростен Интернет достъп, високо ниво на сигурност и надеждност при преноса на данни, мултимедийни услуги и др. Като основна техническа характеристика на системите от трето поколение започва да се представя скоростта на пренос на данни, а именно те са проектирани за първоначална максимална скорост от 2 Mb/s на базова станция. Тази скорост не отговаря за дълго на нуждите на потребителите. Предлагат се

решения за гарантирана по-висока скорост на пренос на данни като HSPA (High speed Packet Access) и HSPA+. Въвеждането на тези технологии води до увеличаване на преносните скорости до 20Mb/s на базова станция. За трета генерация мобилни клетъчни системи в България се заговори през 2007г., но за широколентови и бързоскоростни услуги доста по-късно. Мобилните системи от трета генерация са етап от развитието на цифровите клетъчни системи и са важна част за бъдещия просперитет на мобилните мрежи. Те са отправна точка за усъвършенстване на системата и услугите, предоставяни на крайните потребители и дават поле за действие на разработчиците на комуникационно оборудване и стандартизационните организации за създаване на подобрено четвърто поколение мобилни клетъчни системи. Погледнато в общ план на всеки 10 години се въвежда ново поколение клетъчна система. През 2011г. стартира въвеждането на най-новата четвърта генерация - 4G LTE (Long Term Evolution) мрежи. С имплементирането на новата технология се преследват скорости за пренос на данни от 100Mb/s на базова станция. Системите от четвърто поколение не само стремят към високи скорости на пренос, но при тях изцяло се променя структурата на мрежата, която се гради на IP ядро. Следвайки тази тенденция се очаква в началото на 2020 г. въвеждане на мобилна клетъчна система от ново поколение - 5G. Идеята на петата генерация мрежи е да промени начина, по който се предлагат клетъчни услуги и планове в световен мащаб. Целта е да започне нова ера в мобилните комуникации.

2. Технически характеристики и изисквания към петото поколение мобилни системи

Технически характеристики и паралел между поколенията мобилни клетъчни системи, най-вече свързани с преноса на данни са представени на Таблица 1.

Таблица 1

Поколения	Трето поколение 3G	Четвърто поколение 4G	Пето поколение 5G
Преносна скорост на данни	2 Mbit/s	100 Mbit/s	1 Gbit/s (до 10 Gbit/s)
Технология	WCDMA	OFDMA IP-ядро	OFDMA IP-ядро комбинация от LAN и WLAN
Мултиплексиране	CDMA	CDMA OFDM	CDMA OFDM

Хендовър	По хоризонтал на равнина	По хоризонтал на и вертикална равнина	По хоризонтална и вертикална равнина
----------	--------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

Петото поколение мобилни системи се различава от предходните трето и четвърто поколения по това, че представлява хетерогенна мрежа, интегрираща в себе си 4G, WiFi и други безжични технологии. То обединява облачна инфраструктура, виртуализирано мрежово ядро, интелигентни крайни услуги и дистрибутивен модел с висока изчислителна мощност, предвиден за пренос на данни, генерирани от милиарди мобилни устройства, машини и сензори. Петата генерация ще бъде предпоставка мобилната мрежа да се трансформира от човеко-потребителска към много по-обширна мрежа, към която ще бъдат включени и много машини, сензори и други интерактивни неща, което ще доведе до милиарди мобилни устройства. Високата скорост на пренос на данни и интелигентността ще са основните характеристики на 5G мрежата. Към настоящия момент, с предлаганите скорости от 4G операторите, е възможно да се изтегли един филм за около 10 минути, а в 5G мрежата това ще става за по-малко от 10 секунди. Тази висока скорост ще даде възможност за приложения, като игри в мрежа, телевизия с висока резолюция, виртуална реалност, телероботика, отдалечен достъп до домашни електроуреди и сензори, управление на пътен трафик, автомобили без шофьор и много други. В 5G мрежите качеството на услугите и тяхната приоритетност ще бъде на изключително високо ниво и самата мрежа ще определя това автоматизирано. Ще бъдат налични мрежови комутатори, проектирани да управляват трафика и снабдени с множество интелигентни функции, изпълняващи се във фон режим, невидими за крайните потребители. В 5G мрежите ще бъдат имплементирани приложения за анализ на данните, предсказване на трафика и изследване на цялата мрежа, с цел пестене на време, висока ефективност и интелигентност на мрежата. Системата ще може да оптимизира и персонализира възможностите на всяко потребителско приложение.

2.1 Изисквания към петото поколение

1) Повишаване на скоростите на пренос на данни

С петото поколение мобилни клетъчни системи ще бъдат постигнати хиляди пъти по-

високи скорости на пренос на данни в сравнение с настоящите системи и това увеличение на скоростта ще се измерва от гледна точка на отделните крайни потребители, противопоставени към най-добрия възможен пиков процент на пренос на данни, измерен от гледна точка на мрежата. Мрежите от пето поколение ще поддържат широколентови канали от няколко десетки гига бита за секунда, за да се гарантира обслужването на потребителите навсякъде и по всяко време на гигабитово ниво. По-конкретно 5G системата ще отговаря на следното:

- 1 Gbit/s за краен потребител във всяка клетка от мрежата и по всяко време.
- 20 Gbit/s пикова преносна скорост.

2) Редуциране на латенцията в мрежата

Включването на различни устройства с отдалечено администриране като например роботи, управление на машини и автомобили и други ще доведе до необходимостта от високо надежден безжичен комуникационен канал, с изключително ниско ниво на време закъснение на сигнала. Тези нарастващи изисквания ще бъдат отправна точка за стандартизиращите организации в задачата им за внедряването на такава изключително високо надеждна мобилна връзка.

По-общо специфицирано 5G мобилните системи ще поддържат следното:

- 1 ms радио латенция в едната посока от базовата станция към потребителя.
- 10 ms латенция от край до край (от потребител до потребител).

3) Масивна свързаност

С появата на петото поколение се очаква броят на свързаните устройства да се увеличи с много бързи темпове. Също така многократно ще бъде увеличено количеството на данни, пренасяно през мобилната мрежа. По-конкретно мрежата ще трябва да отговаря на следната плътност на свързаност:

- 10^6 мобилни връзки на квадратен километър.

4) Висока надеждност

Мобилните системи от пето поколение ще бъдат проектирани да са високо надеждни и достъпни с 0 % отказ на услугите. Това е предпоставка за поддръжка на различен вид критични услуги, които не са предлагани досега в настоящите мрежи. Основната разлика между четвъртото и петото поколение ще бъдат услуги

като виртуализация, мобилен облак, интернет на нещата, софтуерно дефинирана мрежа и други. В крайна сметка целта е да се осигури надеждно обслужване от край до край и нулево отказване на услугите, предлагани от мобилната мрежа.

5) Висока ефективност и производителност

Един от ключовите фактори за висока производителност в петото поколение мрежи е разгръщането на инфраструктурата на много малки по размер клетки и висока енергийна ефективност. Малките клетки по дефиниция са ниско енергийни безжични точки за достъп, които работят в лицензирания спектър и се управляват от оператора, с цел да се осигури подобро клетъчно покритие, капацитет и услуги за домашни и бизнес потребители в урбанизирани и извънградски пространства. По-конкретно изискванията към системата са следните:

- 100 пъти по-висока енергийна ефективност от 4G.
- 10 Mb/s квадратен метър пренос на данни.

Малките клетки могат да бъдат в различни профили на покритие – най-малките по размер са фемто-клетките, следват пико-клетки, микроклетки и най-големите по размер са метро-клетките, предназначени за гъсто населени, урбанизирани градски райони. На таблица 2 са показани мощностните характеристики за базовите станции, предназначени за отделните типове клетки.

Таблица 2

Тип клетка	Зона на покритие	Конкуриращи се и поддържани потребители	Мощност на станция		Обхват
			Вътрешно ползване	Външно ползване	
Фемто	Частни домове, бизнес организации и ведомства	За частни домове – от 4 до 6 потребители За бизнес организации - от 8 до 32 потребители	10–100 mW	0.2–1W	От 10 до 50 метра
Пико	Публични зони - летища, метро и влакови гари, голями вериги магазини, молове и др.	От 64 до 128 потребители	100–250 mW	1–5 W	От 50 до 200 метра
Микро	Урбанизирани зони	От 128 до 2568 потребители	-	5–10 W	От 1000 до 2000

Метро	Градски урбанизирани райони за допълнителен капацитет	>256 потребители	-	10–20 W	метра От 1000 до 10000 метра
-------	---	------------------	---	---------	---------------------------------

3. Пето поколение технологии на бъдещето

3.1 Мобилен облак

Облачните услуги и обменът на ресурси, базирани на облак в своя период на развитие включват множество различни вариации от ресурси, които могат да бъдат споделени в рамките на конкретен облак или между свързани помежду си облаци. И в двата случая можем да различим ресурсите по следните признаци - хардуерни или софтуерни, ограничени или неограничени, специфични за конкретен случай или общи. Съществуват и редица други алтернативи, които могат да образуват група от виртуални ресурси, споделяни в облака. Някои примери за различни по вид облаци са – облаци за така наречените изчислителни ресурси (процесор, памет, мрежа), облаци за съхранение, облаци за игри и други.

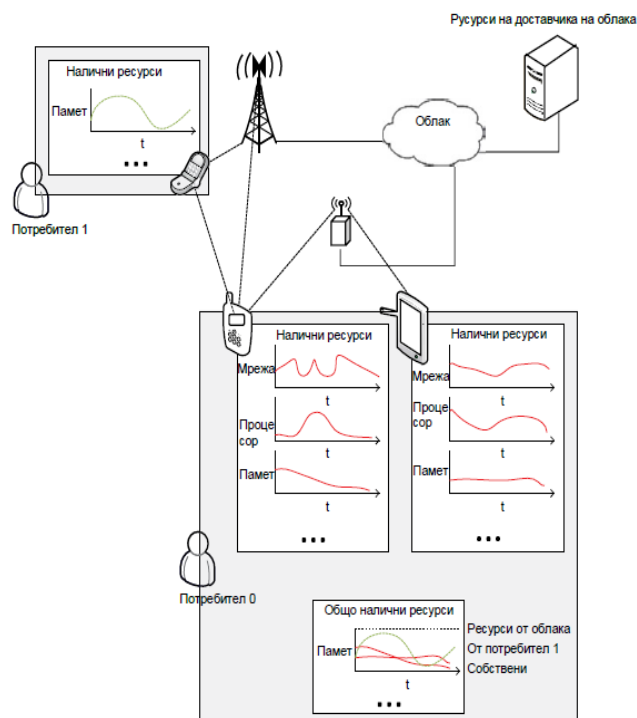
3.2 Потребителски ресурси

Докато по принцип потребителят не е част от облака във физически смисъл, в крайна сметка ресурсите, които разглеждаме са собственост и се управляват и контролират от потребителите. В зависимост от степента на интеграция в социален контекст, можем да различим нивата на потребителски ресурси, както следва:

- Индивидуални, при които отделен потребител контролира едно или няколко устройства и настройва оперативните параметри не само за отделното устройство, но и всички устройства. Това може да се нарече "личен" облак. Тук всяко взаимодействие зависи пряко от потребителя, но в крайна сметка това може да не е отделен човек, а например дадена организация. Познаването или предсказването на индивидуалното поведение на потребителя е изключително полезно, тъй като то може да бъде приложено към реализирането на общи стратегии за взаимна работа между множествата устройства, съставляващи този "личен" облак.
- Груповите нива включват множество потребители или оператори, което сега

включва социалният аспект, изискващ допълнителни съображения. Познаването на социалното или груповото поведение добавено към индивидуалното дава възможност за извличане на кооперативни стратегии, с цел максимизиране на полезността за цялата група и отделните членове съвместно. Общо погледнато отделните членове ще се присъединят към облака ако има ползи, които могат да бъдат реализирани.

- Универсалните ресурси включват възможностите за общ контрол на наличните ресурси в обхвата на облака. Един аксиоматичен пример за такава инфраструктура би бил сензор за измерване на вредните емисии, който се поддържа от общността-правителството, но изпраща кратки съобщения в некодиран вид на всички устройства в облака.



Фиг.1 Постановка за участници в мобилен облак

На фигура 1 се представя примерна постановка за участници в мобилен облак и тяхното споделяне на ресурси. Потребител 0 има достъп до индивидуални ресурси, споделени ресурси от Потребител 1 и ресурси, които са достъпни чрез сътрудничество с доставчик на облачни услуги за съхранение.

3.3 Софтуерни ресурси

Необходимо е да разграничим операционната система от несервизирания софтуер, идващ с мобилно устройство от една страна и потребителски поддържащия софтуер например - мобилните приложения, от друга:

- Операционните системи определят цялостната работа на облачния възел. Примери за операционни системи – Android, Windows, iOS и др.
- Несервизираният софтуер, обикновено присъства на повечето мобилни устройства и работи във фонов режим за потребителите. Такъв тип програми предварително са инсталирани на мобилните устройства, с цел следене на използването на устройството и връщане на данни за това към доставчика.
- Мобилните приложения могат да бъдат инсталирани въз основа на нуждите на потребителите. За отделните операционни системи са налични голям брой приложения, които потребителите могат да изтеглят и инсталират на своите устройства. Приложенията на потребителско ниво могат да се споделят в облака.

3.4 Хардуерни ресурси

Хардуерните ресурси предоставени на потребителите на мобилния облак, представляват физическите устройства или компоненти, които изграждат самият облак. По дефиниция наличните ресурси могат да бъдат категоризирани в различни групи:

- Компютърни или изчислителни - процесори (CPU), графични процесори (GPU) или специализирани процесори за цифрова обработка на сигнали (DSP) и др.
- За съхранение – оперативна енергозависима памет (RAM), енергонезависима памет за дългосрочно съхранение (FLASH), дискови масиви (HDD RAID) и др.
- Датчици или сензори – за температура, налягане, местоположение. Също така микрофони и камери и др.
- Задвижващи механизми - серво мотори, дисплей, светкавица, светофари и семафори за уведомяване и др.
- За захранване – акумулатори, мобилни батерии, слънчеви панели или непрекъсваемата по презумпция мощност от електрическата мрежа.

3.5 Мрежови ресурси

Тъй като разглеждаме мобилните устройства като главни участници в методически-изследователските модели за мобилни облаци на бъдещето, възможностите за свързване с цел споделяне на ресурси и свързаността сама по себе си като ресурс, са значителни. Общите технологии налични в мобилните устройства са, както следва:

- Клетъчни - от 2G до текущите 4G технологии.
- Безжичните локални мрежи - популярни още от първите дни на мобилност. С появата на смартфоните, WLAN интерфейсът е допълнително използван за разтоварване от трафик на клетъчните мрежи и за трансфериране на големи по размер файлове в режим от точка до точка (ad hoc) между мобилни устройства.
- Интерфейс Bluetooth - неизменно допълнение към мобилните устройства в продължение на десетилетия. Днешните преимущества на тази технология са редуцираното количество енергия (Bluetooth Low Energy, BLE), необходима за трансфер на малки обеми от данни в почти сензорен мрежов подход. Интерфейсът Bluetooth има и широк спектър от бъдещи възможности за приложение.
- Инфрочервените (IR) видими светлинни комуникации - оптични въздушни интерфейси базирани на радиочестоти. Съществуват производители на интелигентни устройства започнали да включват IR приемо-предаватели в техните устройства, с цел позволяване на симулация на отдалечен контрол.
- Кабелните интерфейси могат да присъстват в някои мобилни устройства, за да позволят комутируеми комуникации, директно или чрез използване на разширения (донгъли).

Всеки комуникационен интерфейс има свои собствени характеристики, профил и възможности за трансфер на обеми от данни, обхват и консумацията на батерията в зависимост от конкретната задача. В допълнение комуникационните интерфейси са необходими за улесняване на мобилния облак и на свой ред са едни от най-важните ресурси, които трябва да се имат предвид при реализиране на мобилнен облак.

3.6 Мрежово кодиране

С въвеждането на мобилни облаци комуникационната архитектура ще се промени коренно. Към настоящият момент при проектирането на архитектурите за клетъчни комуникации все още доминират връзките с централизираното управление от типа „от точка до точка“. Мобилните облаци ще прекъснат този тип структурен дизайн, като се разчита на разпределени функционалности. За да представим това може да бъде илюстриран следния пример - най-съвременните комуникационни системи получават съдържание от един обект, например един облак за съхранение през един единствен въздушен интерфейс. Мобилният облак е в състояние да изтегли съдържанието от няколко източника по едно и също време и потенциално през няколко въздушни интерфейса. Поради тези радикални промени, основната комуникационна технология, както и политиките, също ще се променят. Някои от основните предизвикателства при използването на множество източници и интерфейси включват:

- необходимостта да се координират, кои пакети от данни трябва да се предават от всеки източник и/или въздушен интерфейс, което изисква голямо сигнално натоварване и
- факта, че производителността ще зависи силно от променящите се условия на тези източници/интерфейси.

За да премахнат тези проблеми мобилните облаци могат да използват мрежовото кодиране като ключ, позволяващ тази технология. Мрежовото кодиране прекъсва с концептуалната схема на „Запази и препрати“ при настоящите мрежи, където всеки възел в пакетната комутируема мрежа приема, съхранява и препраща пакети без да променя тяхното съдържание и замества този модел с нов „изчисляване и препращане“. В тази нова схема пакетите, които влизат в даден възел в мрежата, ще бъдат съхранени, но пакетите, които излизат ще бъдат генерирани като комбинации от пакети, които вече са съхранени в буфера на възела. Това означава, че междинен възел в мрежата може да работи върху съдържанието на входящите данни. Изводът е дълбок. От една страна, това позволява на дестинациите да се фокусират върху получаването на достатъчно комбинации, за да възстановят оригиналните данни, вместо да се фокусират върху получаването на индивидуални

парчета. Това означава, че координацията между множество източници/интерфейси се облекчава, така че всеки източник/интерфейс може да предава различни линейни комбинации към крайните получатели. Това също позволява по-стабилни механизми за справяне със системната динамика като възстановяването на данните не зависи повече от конкретен пакет, който се забавя или интерфейсът се прекъсва, след като получи достатъчно от него. От друга страна, мрежовото кодиране променя фундаментално ресурсното управление в мрежата. Докато всички пакети, влизащи в даден възел, ще напуснат този възел след известно време, като съхранени и препратени, мрежовото кодиране прекъсва с това и изпраща (линейни) комбинации от получените пакети, позволявайки на възела да изпраща по-малко със същата или по-висока от входящата скорост в зависимост от условията на мрежата и топологията. За разлика от съществуващите стратегии за кодиране на принципа „изтриване/грешка“ и кодиране на източника или канала, мрежовото кодиране не е лимитирано до комуникации от край до край. По този начин тези характеристики правят мрежовото кодиране изключително важно решение за мобилни облаци.

4. Когнитивно радио за пето поколение (5G) мобилни мрежи

Когнитивното радио е нова технология, която има потенциал да се справи със строгите изисквания за наличие на честотен спектър в петото поколение мрежи. Когнитивното радио се определя като радио, което може да адаптира трансмисионните си параметри според характеристиките на средата, в която оперира. Когнитивните радиа са оборудвани с когнитивни способности и са реконфигурируеми. В мрежите с когнитивно радио съществуват два типа потребители - първични потребители, които са лицензираните потребители и имат приоритет над честотния спектър и вторични потребители, които са опортюнистични потребители. Те имат достъп до радиочестотния спектър на базата на неинтерфективна или лизингова основа, съгласно политиките, съгласувани с основните потребители или определени от регулаторните органи. Честотният спектър е един от най-важните природни ресурси, който е регулиран и изчерпаем. Скокът в предлагането на нови приложения в съчетание с търсенето на по-строги изисквания и капацитет на канала поставят огромни очаквания

на 5G мрежите да се реализират, тъй като при днешните еталони, широчината на честотната лента и консумацията на енергия биха били пречка. Ето защо понастоящем се концентрират усилия върху нови модели за комуникация и работа в мрежа, които могат интелигентно и ефективно да решат тези проблеми. На базата на теорията на Шанън за информационния капацитет е очевидно, че модерните модели на разпространение и техниките за модулация и коригиране на грешки са подобрили капацитета на настоящите мобилни системи, близки до максимално възможните. Да се увеличи наличната честотна лента за пренос на данни, изглежда е най-обещаващият подход за нарастване на капацитета на бъдещите мобилни мрежи, включително и петото поколение.

За предаване от точка до точка в AWGN (Additive White Gaussian Noise) канал, е дадено:

$$R = W \log_2(1 + P/WN_0),$$

постижимата преносна скорост R , при дадена предавателна мощност P и N_0 (спектрална плътност на мощността), е възможно значително да се увеличи, ако може да се осигури по-голяма честотна лента. Технологиите за когнитивно радио може да бъде представена като възможност за ефективно управление и използване на ресурсите, което се дължи на интелигентният ѝ и приспособим характер. Мрежите с когнитивно радио ще бъдат различни от традиционните комуникационни модели, в смисъл, че радиостанциите/устройствата са способни да адаптират техните оперативни параметри, като честота, мощност на предаване и видове модулация с вариациите в тяхната работна радио среда. Когнитивното радио работи като първо придобива знания за състоянието на неговата радио среда. Така на първо място то е наясно с радиочестотния спектър, географската информация, предаваните вълни, видовете мрежови протоколи, политиките за сигурност, локалните налични ресурси и нужди на потребителите. Базирано на тази контекстуална платформа когнитивното радио определя най-ефективната стратегия за използване и адаптиране на преносните параметри, за да се използват възможно най-добре наличните технологии. Типичният когнитивен цикъл е показан на фигура 2.

Основните функции на когнитивното радио в когнитивния цикъл са:

- наблюдение и анализ на радиочестотния спектър
- разпределение и управление на радиочестотния спектър
- препредаване (хендоф) на спектъра и мобилност.

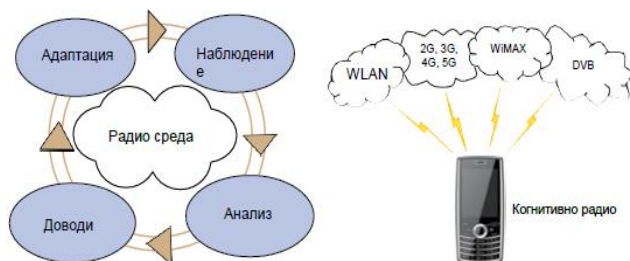
➤ *Наблюдение на спектъра и анализ*

- Тази функция позволява на когнитивното радио да открива част от честотния спектър, която не се използва от основните потребители. Тези неизползвани порции се наричат спектрално бяло пространство. Функцията също следи всяко бяло пространство, което се използва за вторична трансмисия да може да се освободи в случай, че основният потребител се появи отново. Характеристиките от наблюдаваните радио канали се изчисляват въз основа на събраната информация от наблюдавания модул. След това се използва ефективен алгоритъм за извличане на информация за спектрални състояния по отношение на времето и честотата на използване на спектъра и предоставя информация за пространствено-времевата наличност на лицензиран спектър.

➤ *Разпределение и управление на радиочестотния спектър*

- След първоначалния процес на наблюдение и анализ на спектъра, разпределението, управлението и препредаването на спектъра позволява на вторичните потребители да имат най-добрата честотна лента за пренос на данни и да прескачат около многобройни радиочестотни ленти в зависимост от характеристиките на каналите, променящи се във времето, докато отговарят на изискването за качество на услугите (QoS). Естеството на спектралната мобилност в мрежите с когнитивно радио може да бъде разделено в следните категории:
 - мобилност на спектъра във времева област, където когнитивното радио адаптира неговите работни честотни ленти към новите налични свободни ленти през различни времеви слотове.
 - Спектралната мобилност в пространствения домейн, където когнитивното радио променя работната си

честота на базата на действащия географски район. Това означава че, когато се придвижва от едно място на друго, то съответно и неговата работната честота се променя.



Фиг.2 Типичен когнитивен цикъл

5. Пето поколение устройства за когнитивно радио

Терминалите предназначени за 5G когнитивно радио са предвидени да бъдат софтуерно дефинирани устройства, които да осигуряват, както много режимна поддръжка, така и да използват ефективно възможностите на радиочестотния спектър. Устройствата могат да бъдат готови за предизвикателствата на петото поколение мобилни мрежи ако имат възможностите да предлагат следните свойства: отлична производителност, надеждност, достъпност и лекота на персонализация и използване, способност да предоставят разнообразни приложения. Компонентите на когнитивните терминали за 5G са илюстрирани на фигура 3.



Фиг. 3. Компонентите на когнитивните терминали за 5G

Компоненти на Софтуерно дефинирано радио:

- Гео-локатор – когнитивното радио използва местоположението на

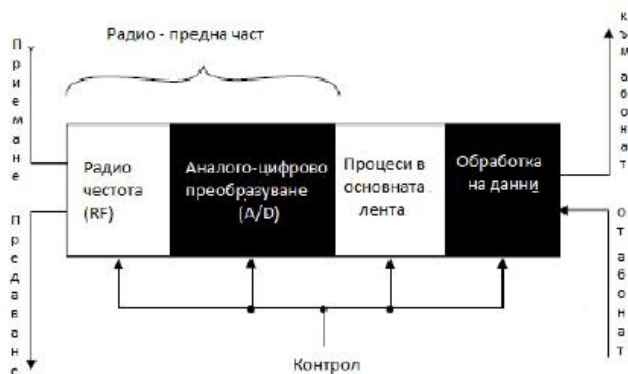
предавателя, което се осигурява от геолокатор (като GPS приемник) при вземането на подходящи решения.

- Система за обучение - учебният капацитет е най-важната част от когнитивното радио. Различни обосновки и системи за обучение се използват за изграждане и прилагане на знания за научените състояния и реакции. При друга употреба на класическия изкуствен интелект се използва размита логическа система за адаптация на вълната.
- База данни за политики - базата данни може да бъде дефинирана и актуализирана от местни или глобални регулаторни органи. Тя може да включва състоянието на локалните радиочестотни ленти и незаетите канали.
- Сензори - сензорните елементи измерват и наблюдават радиосъобщенията в околната среда и осигуряват събраната информация към когнитивното ядро.
- Алгоритми за оптимизация - когнитивните устройства използват различни алгоритми и технологии за изграждане и адаптиране на радиовълни. Сензорите събират информация от радио средата, която се подава към когнитивното радио, отговорно за оптимизирането и избора на подходяща честота, предавателна мощност, маршрутизация, производителност и ниво на цифрова грешка.
- Когнитивна система (ядро) - когнитивното ядро играе съществена роля в координацията и управлението на вътрешните части на устройството. Този модул поддържа различни алгоритми за предсказване и радиосхеми за разпределение на ресурсите.

Софтуерно дефинираното радио е основният компонент на когнитивния терминал. Това устройство е реконфигурируемо, базирано на софтуер и конструирано с програмируеми компоненти като цифрови сигнални процесори (DSP), полеви програмируеми шлюзови масиви (FPGAs), акуратен аналого-цифров и цифрово-аналогов преобразувател (ADC/DAC), реконфигурируеми усилватели, интелигентни антени и широколентови радиочестотни схеми (RF). Софтуерно дефинираното радио се определя като обект, който осигурява софтуерно управление

на различни модулационни техники, широколентова или теснолентова оперативност, функции за комуникационна сигурност и вълнови изисквания по настоящите и развиващите се стандарти в широк честотен диапазон.

На фигура 4 е представена архитектура на софтуерно дефинирано радио.



Фиг. 4 Архитектура на софтуерно дефинирано радио

Основните характеристики на софтуерно дефинираното радио се представят, както следва:

- Безпрепятствена повсеместна комуникация - като се избере подходящата безжична мрежа за местоположението и изискванията на потребителя.
- Преконфигуриране - може да променя всички свои радио параметри, базирани на вътрешни и външни политики.
- Оперативна съвместимост - способни да изследват различни мобилни мрежи и да комуникират с тях.
- Приближаване до желаното качество на услугата - като се подобрява икономичността на услугите, според скоростта на пренос на данни и цената.

Заклучение

Мобилните клетъчни мрежи са неизменна част от битието на хората днес, а ще бъдат и утре. Като основна техническа характеристика на настоящите системи започва да се разглежда

скоростта на пренос на данни. Нуждите на потребителите нарастват и изискванията към системите се увеличават многократно. Новите мрежи е необходимо да са високо надеждни, ниско латентни, високо ефективни и производителни, енергоспестяващи, да осигуряват масивна свързаност и много високи скорости. С въвеждането на петото поколение и технологиите на бъдещето като – мобилен облак, когнитивно радио, виртуализация, софтуерно дефинирани мрежи, представата ни за мобилни клетъчни системи ще се промени изключително съществено.

Литература:

- [1] SK Telecom, 5G architecture design and implementation, 2015
- [2] Dohler M., 5G Ultra-High Capacity Network Design, IEEE ComSoc, 2012
- [3] Frank H. P. Fitzek, Marcos D. Katz, Mobile Clouds: Exploiting Distributed Resources in Wireless, Mobile and Social Networks, John Wiley & Sons, Inc., 2014
- [4] Controlling Aggregate Interference Under Adjacent Channel Interference Constraint in TV White Space, Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications, Shi, L., Sung, K.W., and Zander, J., CROWNCOM, 2012
- [5] Specialized Databases for Spectrum Management Research, Analysis and Forecasting of the Effects of Working Electromagnetics Fields, Petrov G., A. Stancheva, V. Kadrev, годишник на Департамент "Телекомуникации", НБУ – София, 2014
- [6] Универсални мобилни телекомуникационни системи, Пасарелски Р., НБУ, 2013
- [7] Dimensioning and evaluation of the radio frequency spectrum, Petrov G.K., Balabanov B.H., Monthly scientific and technical journal Elektrotechnica & Elektronika, The Union of Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications /CEEC/, BULGARIA 2016.