

**ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРЕД НОВИЯ
РАДИО ИНТЕРФЕЙС ПРИ 5G МРЕЖИТЕ****CHALLENGES TO THE NEW RADIO-ACCESS
NETWORK, IMPLEMENTED IN 5G****Teodor Iliev, Grigor Mihaylov, Elena Ivanova, Ivaylo Stoyanov***University of Telecommunications and Post, 1 acad. Stefan Mladenov, Sofia 1700, Bulgaria**University of Ruse, 8 Studentska, Ruse 7017, Bulgaria*

tiliev@uni-ruse.bg, gregmihaylov@gmail.com, epivanova@uni-ruse.bg, stoyanov@uni-ruse.bg

Abstract

5G wireless access is envisioned to enable a networked society, where information can be accessed and shared anywhere and anytime, by anyone and anything. To enable a truly networked society, there are three major challenges: a massive growth in the number of connected devices; a massive growth in traffic volume and a wide range of applications with diverse requirements and characteristics. To address these challenges, 5G wireless access not only requires new functionalities but also substantially more spectrum and flexible new radio interface.

Keywords: 5G networks, radio access, MIMO.**ВЪВЕДЕНИЕ**

Нарастването на мобилния трафик се дължи главно на увеличеното потребление на мобилни устройства и най-вече на смартфоните. Темпът на нарастване на мобилния трафик на данни е много по-висок от гласовия трафик. Мобилният гласов трафик е изпреварен от мобилния трафик на данни, като нарастването на тази тенденция показва, че в световен мащаб мобилният трафик се увеличава с 1000x от 2010 до 2020 г. Друг основен фактор, свързан с огромния растеж на мобилния трафик, е нарастващото търсене на усъвършенствани мултимедийни приложения – с високо разделителна способност, 3D видео, както и виртуалната реалност. [1]

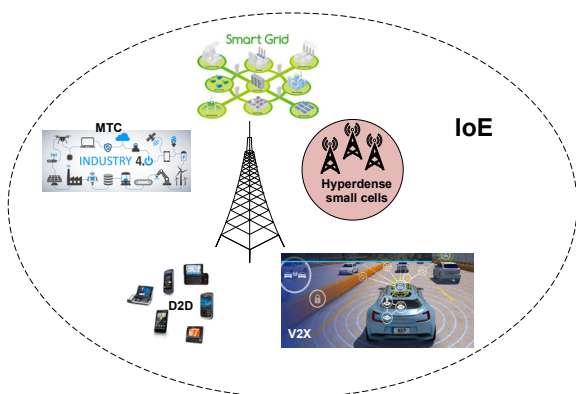
Освен увеличеният мобилен трафик, нарастващият брой свързани устройства налага още едно предизвикателство пред бъдещата мобилна мрежа от пето поколение. Може да се твърди, че в бъдеще всички устройства ще бъдат взаимно свързани – под общото наименование Интернет на всичко (*Internet of Everything IoE*), където десетки до стотици устройства ще бъдат свързани едно с друго и могат да бъдат използвани от всеки. Тази инфраструктура на

мрежите от пето поколение и използването на големи бази данни ще бъдат началото на създаването на интелигентни градове. Данните ще бъдат генерирани навсякъде – както от хора, така и от машини, и ще бъдат анализирани в реално време, за да се извлече полезна информация, от навигацията и предпочитанията на хората към състоянието на движението по улиците, както и мониторинг на здравето на пациентите и възрастните хора. Мобилните комуникации ще играят основна роля в осигуряването на ефективен и безопасен транспорт, като позволяват на превозните средства да комуникират както помежду си, така и с пътна инфраструктура, за да предупреждават или дори да помагат на водачите в случай на непредвидими опасности. Този тип комуникация между отделните устройства изисква много малко закъснение (по-малко от 1 ms), което налага допълнителни предизвикателства при разработването на бъдещата мрежа. [2]

ИЗЛОЖЕНИЕ

Както е показано на фиг. 1, 5G мрежата е конвергентна комуникационна система, поддържаща широка гама от приложения

от мобилен гласов трафик, мобилен интернет (Gbps) до комуникация устройство до устройство (D2D) и моторно превозно средство до всичко (V2X), както и приложения за обществена безопасност. Производителността на комуникационната система по отношение на покритие, капацитет и енергийна ефективност (EE) ще бъде допълнително подобрена в зоните с радио сянка с помощта на релейни станции, използване на малки клетки или разтоварване на трафика посредством Wi-Fi мрежи или милиметрови вълни. Облачните технологии може да бъдат приложени към мрежата за радио достъп (RAN), а от там и на мобилните потребители, които могат да формират виртуални ресурси, управлявани от мрежата. Привеждането на приложенията през облачната инфраструктура по-близо до крайния потребител позволява да се намали латентността при комуникацията. [3]



Фиг. 1. Архитектура на мобилна мрежа от пето поколение

Радио интерфейсът при 5G мрежите е отговорен за всички функции на цялата мрежа, свързани с планиране, управление на радио ресурси, протоколи за препредаване, кодиране и различни схеми с множество антени.

Основната мрежа при 5G е отговорна за функции, които не са свързани с радио интерфейса, но са необходими за осигуряване на пълното функциониране на мрежа. Това включва удостоверяване, функционалност за зареждане и настройка на комуникациите от край до край. Обработката на тези функции се осъществяват поотделно, вместо да се интегрират в RAN, тъй като позволява няколко технологии за радио достъп да се обслужват от една и съща основ-

на мрежа. Възможно е обаче мрежата за радио достъп да се свърже и с основната част от архитектурата на LTE (*Long-Term Evolution*), известна като еволюирано пакетно ядро (*Evolved Packet Core EPC*).

Основната мрежа при 5G се основава на EPC, но с допълнени три нови области, в сравнение с EPC: архитектура, базирана на услуги, поддръжка на мрежово разделяне и разделяне на контролна равнина / потребителска равнина.

Базираната на услуги архитектура е в основата на 5G ядрото. Това означава, че спецификацията се фокусира върху услугите и функционалностите, предоставени от основната мрежа, а не върху възли като такива. Това се дължи на факта, че основната мрежа днес е силно виртуализирана с функционалността на основната мрежа, работеща на общ мрежови хардуер.

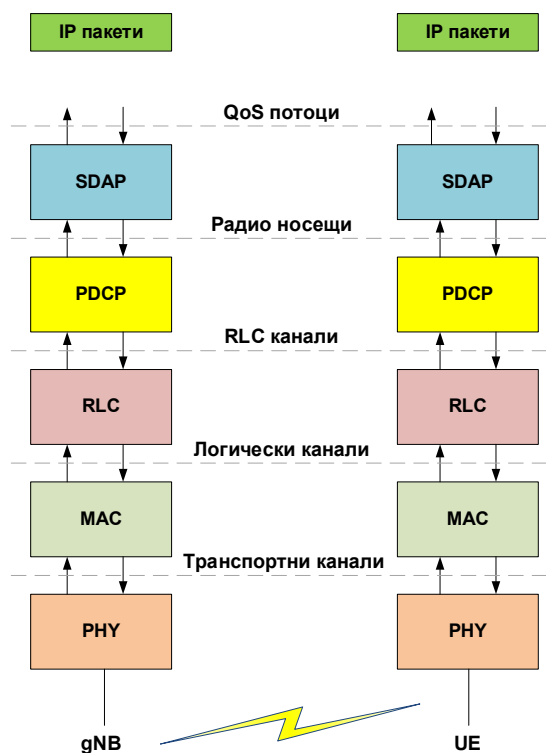
5G NR ФИЗИЧЕСКИ СЛОЙ

Подобно на всяка безжична технология, физическият слой формира гръбнака на новият радио интерфейс при 5G мрежата. Физическият слой трябва да поддържа широк диапазон от честоти (от под 1 GHz до 100 GHz) и различни вариант за изграждане на мрежата (пико клетки, микро клетки, макро клетки). Очаква се в бъдеще да има и нови приложения с нови изисквания. За успешно справяне с тези предизвикателства, 3GPP разработват гъвкав физически слой за новият радио интерфейс (NR). Новият радио интерфейс е първата по рода си технология за мобилен достъп до радиочестотния спектър от милиметрови вълни (с честота до 100 GHz), насочена към честотната лента на каналите в диапазона GHz, и дава възможност за използването на масивни многоантенни системи.

В 3GPP, базовата станция е реализирана на логически мрежов възел за радиодостъп. 5G NR базовата станция е наречена възел B от следващо поколение (gNB). Важно е да се подчертае, че gNB е логическа единица, а не физическа реализация на базова станция. Базова станция може да бъде реализирана по различни начини въз основа на стандартизиран gNB протокол.

Архитектурата на протоколите за новият радио интерфейс може да бъде разделена

на архитектурата на контролната равнина и архитектурата на потребителската равнина. Потребителската равнина доставя потребителски данни, докато контролната равнина е главно отговорна за настройката на връзката, мобилността и сигурността. На фиг. 2 е показан протоколният стек на потребителската равнина на NR.



Фиг. 2. 5G NR User-plane protocol stack

Протоколът е разделен на следните слоеве: физически (*PHY*) слой, слой за контрол на достъпа до средата (*MAC*), слой за контрол на радиовръзка (*RLC*), слой протокол за сближаване на пакети данни (*PDCP*) и слой за протокол за адаптация на данни за услуги (*SDAP*). [4]

✓ *SDAP* слойът обработва потока за качеството на услугата (*QoS*) и данните от радио каналите, в права и обратна посока. *IP* пакетите се съпоставят с радио каналите в съответствие с техните изисквания за *QoS*. Радио каналът може да се разглежда като комуникационен канал, през който се предават *IP* пакети и получава приоритет според определеното изискване за *QoS*.

✓ *PDCP* слойът е отговорен основно за компресиране/декомпресиране на *IP* заглавната част, пренареждане и откриване на дубликати, шифриране/дешифриране и защита на пакетите като цяло.

✓ *RLC* слой основно извършва корекция на грешки чрез механизъм за автоматично повторение на заявка (*ARQ*), сегментиране / повторно сегментиране на (*IP*) пакети, компресирани в заглавието и последователна доставка на данни към по-високи слоеве.

✓ *MAC* слойът осъществява коригиране на грешките чрез хибриден *ARQ* (*HARQ*) механизъм и планиране на връзката в права и обратна посока.

✓ *PHY* слойът обработва сигналите посредством кодиране/декодиране, модулация/демодулация, многоантенна система към физическите времево-честотни ресурси;

Контролната равнина е отговорна за сигнализиция и контрол за настройка на връзката, мобилност и сигурност. Основните услуги от слоя на радио ресурсите (*RRC*) включват излъчване на системна информация, предаване на информационни съобщения, управление на сигурността, предаване на сигнали, избор на клетка / повторно избиране, управление на качеството на услугите (*QoS*), и откриване и възстановяване от неизправности на радио връзките. *RRC* съобщенията се предават, като се използват същите слоеве *PDCP*, *RLC*, *MAC* и *PHY* за потребителя при предаване в права и обратна посока, както при технологията *LTE*. Освен това се поддържа $\pi/2$ -*BPSK* в права посока, за да се даде възможност за допълнително намаляване на съотношение пикова към средна мощност и повишена ефективност на усилвателя на мощност при по-ниски скорости на предаване на данни. [5]

Табл. 1. Параметри на новият радио интерфейс при 5G мрежата

OFDM	15 kHz	30 kHz	60 kHz	120 kHz
Честотен обхват	0.45-6 GHz	0.45-6 GHz	0.45-52.6 GHz	24-52.6 GHz
Продълж. на OFDM символа	66.67 μs	33.33 μs	16.67 μs	8.33 μs
Циклически префикс	4.69 μs	2.34 μs	1.17 μs	0.59 μs
Максимална честотна лента	50 MHz	100 MHz	200 MHz	400 MHz

МНОГОАНТЕННИ СИСТЕМИ

Предимствата на многоантенните системи са важни не само в LTE, но и в NR, тъй като те имат основна роля в проектирането на системата. Многоантенните техники са от решаващо значение за изпълнение на изискванията за производителност за 5G, както и за традиционните клетъчни мобилни мрежи.

Напредъкът в технологията с активна антенна система дава възможност за управление на голям брой антенни елементи, понякога наричани масивни многовходни множествени изходи (MIMO). Това позволява по-висока пространствена разделителна способност при мултиантенната обработка, която може да даде по-висока спектрална ефективност. За тази цел NR осигурява по-добра поддръжка за многопотребителска MIMO (MU-MIMO) система. Разработена е нова рамка за получаване на информация за състоянието на канала (CSI), за да се даде възможност за по-голяма гъвкавост при предаването на референтни сигнали и да се даде възможност на CSI с по-висока пространствена резолюция.

За високи честоти получаването на покритие е основното изискване, а не толкова постигането на висока спектрална ефективност. Причината за това е, че загубите при предаване, когато се използват съществуващите методи за разпространение на радио вълните, са значително по-високи, докато в спектъра на милиметровите вълни има налична широка честотна лента. За преодоляване на по-високите загуби при предаване и осигуряване на достатъчно покритие, се използва техниката за формиране на насочени лъчи. [6]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новият радио интерфейс при 5G мобилни мрежи е гъвкава платформа, способна да се развива, за да задоволи нуждите на бъдещите безжични комуникации. NR ще допринесе за създаването на допълнителни възможности и допълнително ще повиши производителността на системата. Допълнителните възможности не само ще осигурят по-добра производителност в съществуващите приложения, но и ще бъдат отворени или дори мотивирани от нови области на приложение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящият материал е изготвен с финансовата помощ на проект НИД-№17/26.03.2019 “Разработване на комплексна охранителна система за нуждите на Висше училище по телекомуникации и пощи” от Висше училище по телекомуникации и пощи, София.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld, 4G LTE-Advanced Pro and The Road to 5G, Academic Press, 2016.
- [2] E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld, 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology, Academic Press, 2018.
- [3] 3GPP, TS 38.211 NR Physical channels and modulation, June 2018.
- [4] 3GPP, TS 38.213 NR Physical layer procedures for control, June 2018.
- [5] 3GPP, TS 38.214 NR Physical layer procedures for data, June 2018.
- [6] A. Zaidi, F. Athley, J. Medbo, et al., 5G Physical Layer: Principles, Models and Technology Components, Academic Press, 2018.