

ОСОБЕНОСТИ НА КОМУНИКАЦИОННИ УСЛУГИ, ИЗИСКВАНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ 6G

Цветелина Симеонова

FEATURES OF COMMUNICATION SERVICES, REQUIREMENTS AND APPLICATIONS FOR 6G

Tsvetelina Simeonova

Резюме: Цел на работата е да се разгледат особеностите на кандидат-типовете услуги при 6G въз основа на групиране на приложения със сходни изисквания, т.е. въз основа на връзката "бъдещи приложения - приоритет на конкретни ключови показатели за производителност - тип услуга". При първоначалните изследвания за 6G, една от основните цели е идентифицирането на бъдещите приложения, изискванията от тях (формулирани чрез ключови показатели за производителност) и възможните типове услуги. Поради това, че многообразието от изисквания непрекъснато се увеличава, за 6G се очакват по-комплексни типове услуги. Резултатите са свързани с анализ на особеностите на функциониране на различните комуникационни услуги. Приносите на работата са свързани с направения задълбочен анализ на взаимовръзката между тип услуги, приложения и изисквания при 6G.

Ключови думи: 5G, 6G, ключови показатели за производителност, услуги при 6G

Abstract: The aim of the work is to consider the peculiarities of the candidate types of services in 6G based on the grouping of applications with similar requirements, i.e. based on the link "future applications - priority of specific key performance indicators - type of service". In initial 6G research, one of the main objectives was to identify future applications, their requirements (formulated through key performance indicators) and possible types of services. Due to the ever-increasing variety of requirements, more complex types of services are expected for 6G. The results are related to the analysis of the peculiarities of the functioning of the various communication services. The contributions of the work are related to the in-depth analysis of the relationship between the type of services, applications and requirements in 6G.

Keywords: 5G, 6G, key performance indicators, services in 6G

1. ВЪВЕДЕНИЕ

При първоначалните изследвания за 6G, една от основните цели е идентифицирането на бъдещите приложения, изискванията от тях (формулирани чрез ключови показатели за производителност KPI (Key Performance Indicator)) и възможните типове услуги. Поради това, че многообразието от изисквания непрекъснато се увеличава, за 6G се очакват по-комплексни типове услуги. Тенденция е кандидат-типовете услуги да се съставят чрез групиране на приложения със сходни изисквания, т.е. водеща е връзката "бъдещи приложения - приоритет на конкретни KPI - тип услуга".

В изложението са използвани свързани с тематиката понятия, които, в съответния контекст, могат да се обобщят с използване на публикувани дефиниции. Тези контекстно-зависими понятия са:

- случай на използване (use case) и сценарий за използване (usage scenario);
- услуга, типове услуги (service types) и класове услуги (service classes); в тази връзка имаме свързаните понятия: предоставяне на услуга, доставяне на услуга, пренос на услуга, поддържане на услуга, съхранение на услуга;

- приложения (applications), случаи на използване и сценарии на използване за приложение (application scenarios).

1.1. Случай на използване (use case) и сценарий на използване (usage scenario)¹

Случай на използване е конкретна ситуация, при която продукт или услуга потенциално би могла да се използва (например, има много случаи на използване на роботизиран хардуер, от подпомагане на потребители с увреждания до автоматизиране на фабрики)

Случай на използване е методология, използвана при системния анализ за идентифициране, изясняване и организиране на системните изисквания. Случаят на използване се състои от набор от възможни последователности на взаимодействия между системи и потребители в определена среда и свързани с определена цел. По такъв начин се създава документ, който описва всички стъпки, предприети от потребителя за извършване на дадена дейност.

Случаите на използване обикновено се пишат от бизнес анализатори и могат да бъдат използвани по време на различни етапи от разработването на софтуер (например, системни изисквания относно планиране, валидиране на дизайна, тестване на софтуера и създаване на контур за онлайн помощ и ръководства за потребителя). Документът за случай на използване може да помогне на разработчика да идентифицира къде могат да възникнат грешки по време на транзакция, за да ги отстрани.

Всеки случай на използване представлява списък с действия или стъпки на събития, които обикновено дефинират процеса на взаимодействия между участник с определена роля (известна на унифицирания език за моделиране UML (Unified Modeling Language) като участник) и система за постигане на крайна цел (вкл. необходимите функционални изисквания и очакваното поведение на процеса), и съдържа три основни елемента:

- актьор (участник с определена роля) - системният потребител може да бъде едно лице или група хора (друга външна система), взаимодействащи с процеса.
- цел (крайният успешен резултат, който завършва процеса).
- система.

Характеристики на случай на използване:

- Случаите на използване описват функционалните изисквания към системата от гледна точка на крайния потребител, създавайки последователност от събития, фокусирана върху целта, която е лесна за следване от потребителите и разработчиците.

- Пълният случай на използване ще включва един главен поток или основен поток и различни алтернативни потоци. Алтернативният поток (известен като разширяване на случая на използване), описва нормалните вариации на основния поток, както и необичайни ситуации.

- Случаят на използване трябва да:
 - организира функционалните изисквания.
 - моделира целите на взаимодействията система / актьор.
 - записва пътища - наречени сценарии на използване - от задействащи събития до постигнати цели.
 - описва един основен поток от събития и различни алтернативни потоци.
 - е многостепенен (multi-level), така че един случай на използване да може да използва функционалността на друг.

В системното инженерство случаите на използване се използват на по-високо ниво, отколкото в софтуерното инженерство, като често представляват мисии или цели на

¹ SearchSoftwareQuality Viewed on 14.06.2021 Available from: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/use-case>

заинтересованите страни. Подробните изисквания относно случаите на използване могат да бъдат записани посредством езика за системно моделиране SysML (Systems Modeling Language) или като договорни постановки.

1.2. Услуга (service).

Съгласно ITU-T (ITU-T Z.100-series) услуга е: набор от функции и съоръжения, предлагани на потребител от доставчик.

В това определение:

- "потребител" и "доставчик" може да бъде двойка като: приложение/приложение, човек/компютър, абонат/организация (оператор).
- Различните видове услуги, включени в определението, са:
 - услуги за предаване на данни и телекомуникационни услуги, предлагани от оперативна агенция на своите клиенти, и
 - услуги, предлагани от един слой в многопластов протокол на други слоеве.

Съгласно ITU-T Y.3001 е необходима универсализация на услугите, т.е. като процес за предоставяне на телекомуникационни услуги на всеки индивид или група хора, независимо от социалния, географския и икономическия статус.

1.3. Приложение (application).

Приложение е структуриран набор от възможности, които осигуряват функционалност с добавена стойност, поддържана от една или повече услуги, която може да се поддържа от API интерфейс (ITU-T Y.2261).

В тази връзка съществуващите при 5G сценарии за използване (URLLC, eMBB и mMTC), както и новите за 6G (uMBB, ULBC и mULC) в някои случаи се интерпретират като услуги.

Например, услугата свръхнадеждна комуникация с ниска латентност URLLC е въведена в 5G, за да поддържа случаи на използване със строги изисквания за изключително ниска латентност (напр. 1 ms) и висока надеждност/ безотказност (напр. 99,999%). Примери за подобни случаи на използване включват: обществена безопасност, дистанционна диагностика / операция, реагиране при спешни случаи, автономно шофиране, индустриална автоматизация, интелигентна енергия и мрежа.

2. ВЗАИМОВРЪЗКА МЕЖДУ ТИП УСЛУГИ, ПРИЛОЖЕНИЯ И ИЗИСКВАНИЯ ПРИ 6G^{2,3,4,5}

Една от основните цели на първоначалните изследвания при 6G, е идентифицирането на бъдещите приложения, изискванията от тях и възможните типове услуги. Тези компоненти и връзката между тях може да се разгледат като последователност от стъпки:

² Ahmet Yazar, Seda Doğan Tusha, Huseyin Arslan. 6G VISION: AN ULTRA-FLEXIBLE PERSPECTIVE. ITU Journal on Future and Evolving Technologies, Volume 1 (2020), Issue 1, 18 December 2020. https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/itu-jnl/S-ITUJNL-JFETF.V1I1-2020-P09-PDF-E.pdf

³ Walid Saad, Mehdi Bennis, Mingzhe Chen. A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. DOI: 10.1109/MNET.001.1900287

⁴ Imoize, A.L.; Adedeji, O.; Tandiya, N.; Shetty, S. 6G Enabled Smart Infrastructure for Sustainable Society: Opportunities, Challenges, and Research Roadmap. Sensors 2021, 21, 1709. <https://doi.org/10.3390/s21051709>

⁵ S. Dang, O. Amin, B. Shihada and M. Alouini, "What should 6G be?," in Nature Electronics, vol. 3, pp. 20– 29, 2020. https://www.researchgate.net/publication/337170157_What_should_6G_be.

- Идентифициране и описване на потенциалните бъдещи приложения, включващо конкретни изисквания, възможно с различни приоритети.
- Конкретизираните изисквания се групират по подходящ начин при различните типове услуги, за всеки от тях.
- Всеки тип услуга трябва да отговаря на уникален набор от изисквания за конкретни, свързани по дефиниран признак, групи приложения. Т.е. група приложения използват дадена типизирана услуга.

При 5G, от гледна точка на приложението, се дава приоритет на съответните изисквания при съответните услуги. Системата 5G е проектирана да отговори на по-разнообразни изисквания за QoS, произтичащи от голямо разнообразие от вертикални приложения и услуги, които никога не са срещали мобилни абонати в предишните поколения. За да се определи 5G, първо са препоръчани три сценария на използване (ITU-R Standard M.2083-0, Sep. 2015).

В 5G системите приложенията (разглеждани в подкрепа на случаи на използване със строги изисквания) се разглеждат по отношение на три типа услуги, като от гледна точка на приложението се дава приоритет на съответните изисквания при съответните услуги, както е показано в табл. 1:

Таблица 1. Характеристики на услугите, приети за 5G.

Тип услуга	Особености	Приоритет на съответните изисквания
Подобрен мобилен широколенов достъп eMBB (enhanced Mobile BroadBand)	Обслужва приложенията (ориентирани към потребител) за достъп до мобилни услуги с висока скорост на предаване на данни, мултимедийно съдържание и данни. Този сценарий се отнася за прилагането на нови услуги и приложения върху интелигентни устройства (смартфони, таблети и носима електроника). Сценарият акцентира на широкообхватното покритие, за да осигури безпроблемен достъп и голям капацитет в свързващите точки за достъп.	Висока производителност, капацитет и спектрална ефективност.
Свръх-надеждна комуникация с ниска латентност URLLC (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications)	Осигурява критична свързаност за нови приложения, като например, автономни превозни средства, Smart Grid и Industry 4.0, които имат строги изисквания за надеждност/безотказност (reliability), латентност (latency) и наличност (availability)	Висока надеждност/ безотказност и ниска латентност.
Масова комуникация "машина-машина" mMTC (massive Machine-Type Communications)	Поддържа плътност на свързаността на много голям брой свързани устройства (обикновено използвани в сценарии на IoT). Устройствата (като сензори) са с ниска цена и ниска консумация на енергия, като обикновено предават малък обем данни, допускащи забавяне.	Енергийна ефективност и масова свързаност.

"Масова комуникация" или "масов достъп" изисква висока плътност на свързаността ("масова свързаност") на много голям брой свързани "машинни" (процесорни) устройства. Услугата mMTC е един от основните случаи на използване при пето поколение (5G) и след 5G (B5G) безжични мрежи. Типично приложение на масов достъп е клетъчният Интернет на нещата (IoT).

Съществуват първоначални проучвания за системи 6G, които по същество анализират взаимовръзките между бъдещите приложения и приоритета на конкретни изисквания с цел предлагане на кандидат-типове услуги. Въз основа на тях не може да се твърди, че

техническите изисквания на случаите на използване при 6G могат да бъдат задоволени от параметрите при сценариите на използване на 5G.

Например, потребител (с очила за VR), който играе интерактивни игри, изисква не само свръхвисока честотна лента, но и ниска латентност. Автономните пътни превозни средства или летящите дроне се нуждаят от повсеместна свързаност с висока производителност/пропускателна способност (throughput), висока надеждност/безотказност и ниска латентност.

В тази връзка, може да бъдат илюстрирани потенциални приложения за 6G, например: дроне (drone) и безпилотни летателни апарати UAV (Unmanned Aerial Vehicle), дрон такси, напълно автоматизиран V2X (Vehicle-to-Everything), дистанционна хирургия, мониторинг на здравето, електронно здраве, напълно сензорна виртуална реалност VR и увеличена реалност AR, холографска конференция, виртуално образование, виртуален туризъм, интелигентен град, интелигентен дом, интелигентни дрехи, управление/мениджмънт на бедствия и извънредни ситуации, както и работа отвсякъде.^{6,7} Този списък, с времето, ще се трансформира и разшири с повече приложения. Повечето от тях първоначално са били предвидени за 5G, но не е могло да бъдат практически реализирани, и следователно те заемат челни места като кандидат приложения при 6G мрежите.

Общите изисквания към безжичната комуникация в системите от следващо поколение (за дадените примери за приложение) могат да бъдат дефинирани като: висока скорост на предаване на данни, висока пропускателна способност, голям капацитет, висока надеждност/безотказност, ниска латентност, висока мобилност, висока сигурност, ниска сложност, висока свързаност, дълъг живот на батерията, ниска цена, широко покритие и др. (същевременно трябва да се получат по-високи нива на производителност (performances)).^{8,9,10}

Важността и приоритетът на разнообразните изисквания могат да се променят в различни случаи, като кандидат-типовете услуги се съставят чрез групиране на сценарии на използване със сходни изисквания, при съответно приложение. В резултат, при 6G се очакват по-комплексни типове услуги.

⁶ Петров Г., В. Къдрев Система за мониторинг и интернет свързаност за малки земеделски стопанства в отдалечени и труднодостъпни региони. Годишник Телекомуникации 2019, том 6, с. 137-145, eISSN 2534-854X, DOI: <https://doi.org/10.33919/YTelecomm.19.6.14>

⁷ Къдрев В., А. Станчева., Р. Пасарелски, И. Богомилов. Анализ на факторите за развитие на функционалността на сигнализацията в телекомуникационните мрежи. Научна конференция с международно участие на НБУ „В. Левски”, В. Търново, 01-02.06.2017. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 734-743, ISSN 2367-7481.

⁸ Станчева А., П. Цветков, Г. Петров. Хармонизирани стандартни методи за измерване на параметрите и нивата на електромагнитно излъчване от най-разпространените мобилни терминали. В: Сб-к доклади на XXIII национален научен симпозиум с международно участие "Метрология и метрологично осигуряване 2013", 9-13 септември 2013, Созопол, с.331-338. ISSN:1313-2926.

⁹ Цветков П., А. Станчева, Г. Петров. Измерване и оценка на електромагнитно излъчване в честотния диапазон от 100 kHz до 6 GHz. В: Сб-к доклади на XXIII национален научен симпозиум с международно участие "Метрология и метрологично осигуряване 2013", 9-13 септември 2013, Созопол, с.339-348. ISSN:1313-2926.

¹⁰ Пасарелски Р., П. Цветков, А. Станчева, Механизми за превенция от електромагнитно излъчване от мобилни радиопредавателни станции, "Metrology and metrology assurance 2016", ISSN: 1313-9126, 2016

3. ИЗИСКВАНИЯ ПРИ 6G, ОПИСАНИ ЧРЕЗ КЛЮЧОВИ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТ (KPI)¹¹

Тенденциите за развитие на мобилните мрежи от следващо поколение са насочвани от изисквания свързани и с различни нови иновативни случаи на използване и приложения, като се очаква 6G да осигури изключителен капацитет, безотказност, ефективност и др.

С цел приемственост, при определяне на минималните технически изисквания за 6G, се използват различни количествени или качествени индикатори (ключови показатели за производителност KPI (Key Performance Indicator)). Повечето KPI, които се прилагат за оценка на 5G, се използват и при 6G, но се въвеждат и нови KPI за оценка на нови технологични характеристики.

В тази връзка, актуализираните KPI за 6G (първоначално въведени и за 5G), са както следва:

- **Пикова скорост на предаване на данни (Peak data rate)** е най-високата скорост на предаване на данни при идеални условия, при която всички налични радиоресурси са напълно разпределени към дадена мобилна станция. Традиционно това е най-показателният параметър за разграничаване на различни поколения мобилни системи/мрежи. Важността на този параметър е следствие, както от потребителското търсене, така и от технологичния напредък (като THz комуникации), като се очаква при 6G да достигне до 1 Tbps, което в сравнение с 5G (с максимална скорост от 20 Gbps за низходяща връзка (downlink) и 10 Gbps за възходяща връзка (uplink)) е десетки пъти повече.

- **Скорост на данни получавана от потребителя (User-experienced data rate)** се определя чрез точката 5% от функцията на разпределение с натрупване на потребителската пропускателна способност. Това означава, че потребителят може да получи минимум тази скорост на данни (по всяко време или място) с вероятност 95%. По-информативно е да се измерва и използва за оценяване **възприеманата производителност**, особено в периферията на клетката, както и да се отразява качеството на мрежовия дизайн (като плътност на сайта (локацията), архитектура, оптимизация между клетките и др.).

При сценарий за внедряване на 5G в гъста градска среда, границата на възприеманата от потребителя скорост е 100 Mbps за низходяща връзка и 50 Mbps за възходяща връзка. Очаква се, че 6G може да предложи 1Gbps и дори по-висока, което е 10 пъти повече от 5G.

- **Латентност (Latency)** на мрежата има различен смисъл в различните мрежови равнини - в потребителската равнина означава абсолютно закъснение (забавяне) във времето (delay), а в управляващата равнина означава периода от време за преход от пасивно в активно състояние (реактивността).

Латентността на потребителската равнина е закъснението във времето на пакет в радиомрежата (от момента на изпращането от източника, до момента на получаване от получателя), ако се приеме, че мобилната станция е в активно състояние.

Латентността на управляващата равнина се отнася до времето за преход от пасивно състояние "на празен ход" (idle state, при което има "най-ефективно използване на батерията") към активно състояние (active state, т.е. към началото на "непрекъснат трансфер на данни").

Минималното изискване за латентност на потребителската равнина в 5G е 4 ms за eMBB (enhanced Mobile Broadband) и 1 ms за URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication). Предвижда се тази стойност да бъде допълнително намалена в 6G до 100 μ s или дори 10 μ s.

¹¹ Wei Jiang, Bin Han, Mohammad Asif Habibi, Hans Dieter Schotten. The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey. Digital Object Identifier 10.1109/OJCOMS.2021.3057679

Минималната латентност за управляващата равнина трябва да бъде 10ms в 5G и се очаква също да бъде значително подобрена в 6G.

В допълнение към закъснението в радиопреносната част (въздушния тракт), закъснението "от край до край" E2E (End-to-End), както и при двупосочно предаване (round-trip), е поинформативно, но и по-сложно поради големия брой включено мрежово оборудване. В 6G латентността E2E може да се разглежда като цяло.

- **Мобилност (Mobility)** означава най-високата скорост на движение на мобилна станция, поддържана от мрежата, с осигуряване на приемливо качество на опит (за потребителя) QoE (Quality of Experience).

В подкрепа на сценария на високоскоростни влакове, най-високата мобилност, поддържана от 5G, е 500 км/ч. В 6G е предвидена максималната скорост от 1000 км/ч, ако се вземат предвид търговските авиокомпаниии.

- **Плътност на връзки (Connection density)** е KPI, прилаган за целите на оценката при случаи на използване на mMTC (massive Machine Type Communications).

Като се имат предвид ограниченията на радио ресурса в 5G, минималният брой устройства на квадратен километър (km²) с приемливо QoS, е 10⁶, което се предвижда да бъде допълнително подобрено 10 пъти до 10⁷ на km².

- **Енергийната ефективност (Energy efficiency)** е важна за реализиране на икономически ефективни мобилни мрежи и намаляване на общите въглеродни емисии. При 5G мрежи енергийната ефективност на бит е значително подобрена в сравнение с предишните поколения. В 6G мрежите този KPI ще бъде 10-100 пъти по-добър от този на 5G, за да се подобри енергийната ефективност на бит, като същевременно се намали общата консумация на енергия на мобилната индустрия.

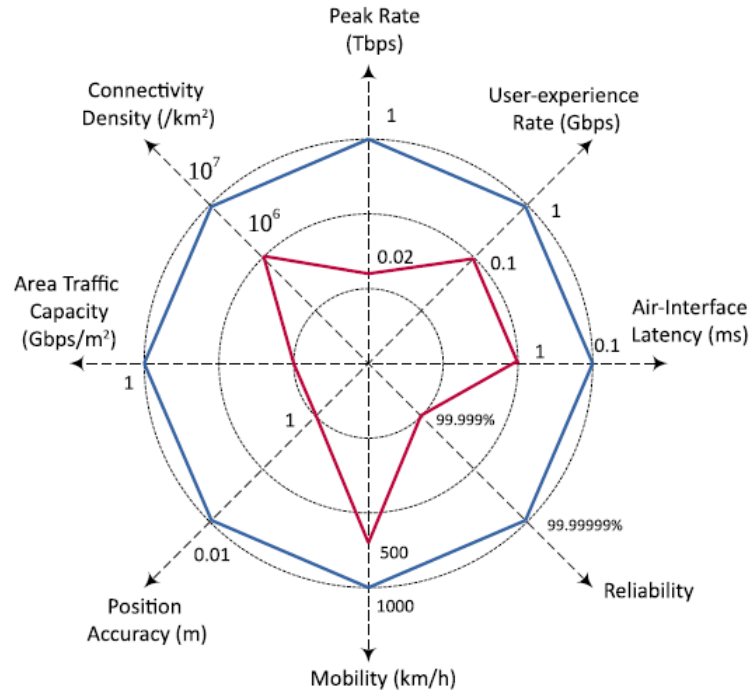
- **Пиковата спектрална ефективност (Peak spectral efficiency)** е важен KPI за измерване на напредъка на технологиите за радиопредаване. Минималното изискване при 5G за пикова спектрална ефективност е 30 bps/Hz в низходящата връзка и 15 bps/Hz във възходящата връзка. Според емпиричните данни се очаква, че усъвършенстваните 6G радио технологии могат да постигнат три пъти по-висока спектрална ефективност в сравнение с 5G системата.

- **Капацитетът на местния трафик (Area traffic capacity)** е измерване на общия мобилен трафик, който мрежата може да обслужи (accommodate) на единица площ. Показателят зависи от наличната честотна лента, ефективността на спектъра и уплътняването на мрежата. Минималното изискване за 5G е 10 Mbps на квадратен метър (m²), като се очаква да достигне 1 Gbps/m² в някои сценарии за внедряване, като например точки за достъп на закрито.

На фиг. 1 е дадено количествено сравнение на техническите изисквания между 5G и 6G въз основа на разгледаните KPI.

Върховете на вътрешния многоъгълник представляват KPI за 5G, а върховете на външния осмоъгълник представляват тези на 6G. Чрез три пунктирани окръжности е дадено в експоненциален формат (а не пропорционална скала) изменението на величините в рамките на три порядъка.

Например, минималната латентност на 5G е 1ms в сравнение с 0,1 ms, очаквана при 6G, което е 10 пъти по-добро, а пиковата скорост на 6G се предвижда да бъде 1 Tbps, което е 50 пъти над 5G.



Фиг. 1. Количествено сравнение на техническите изисквания между 5G и 6G въз основа на възприетите KPI.¹¹

В допълнение, към изброените ключови възможности, има също и няколко разширени или нови KPI, които могат да бъдат необходими по отношение на изискванията за 6G.

- **Надеждност/безотказност (Reliability)** се отнася до възможността за предаване на даден обем трафик в рамките на предварително определено време с голяма вероятност за успех. Това изискване е дефинирано за целите на оценката в сценария за използване на услугата URLLC.

В 5G мрежите, при предаване на пакет данни от 32 байта в рамките на 1 ms, минималното изискване за безотказност се измерва с вероятност за успех от $1-10^{-5}$, като се има предвид качеството на канала при покритие в периферията, при сценарий градска макро среда. Очаква се при 6G да се подобри поне с два порядъка, т.е. $1-10^{-7}$ или 99,99999%.

- **Ширина на честотната лента на сигнала (Signal bandwidth)** е максималната обща/агрегирана ширина на честотната лента (bandwidth) на системата. Ширината на честотната лента може да се поддържа от единични или множествени радиочестотни носещи честоти (Radio Frequency Carriers). Изискването за ширина на честотната лента в 5G е най-малко 100 MHz, а при 6G се очаква да се поддържа до 1 GHz за работа в по-високи честотни ленти (или дори по-високи, при THz комуникации или при оптични безжични комуникации OWC (Optical Wireless Communications)).

- **Точност на позициониране (Positioning accuracy)** - при 5G услугата за позициониране има точност под 10 m. Засилено търсене на по-висока точност на позициониране има при много вертикални и индустриални приложения, особено в закрита среда, която не може да бъде покрита от сателитни позициониращи системи.

При използването на THz радиостанции, при които има голям потенциал за позициониране с висока точност, се очаква точността, поддържана от 6G мрежи, да достигне ниво на сантиметър (cm).

- **Покритие (Coverage)** - в дефиницията на 5G изискването се фокусира главно върху резултативното качество на радиосигнала в рамките на една базова станция.

Границите на загубата на свързаност се използват за определяне на площта, обслужвана от базова станция. Загубата на свързаност се определя като обща продължителна загуба на канал за връзката между терминал и базова станция и зависи от усилването на антената, загуба на маршрута и засенчване.

В 6G мрежите допълнителното значение на покритието трябва да бъде значително разширено, като се има предвид, че покритието ще бъде повсеместно в световен мащаб и ще бъде преобразувано, от "само 2D" в наземни мрежи, към 3D в наземно-сателитни-въздушни интегрирани системи.

• **Навременност (Timeliness)** е нововъзникващо изискване към бъдещите комуникационни системи за ефективност във времевата област.

Типичните показатели за навременност включват известния параметър "актуалност на информацията" AoI (Age of Information) и впоследствие предложените компоненти: "актуалност на задача" AoT (Age-of-Task) и "актуалност на синхронизация" AoS (Age-of-Synchronization).

Различавайки се от класическата метрика, че латентността е без памет, която се фокусира върху общото времево закъснение, което имат всички пакети данни или сесии на услуги през целия им процес на доставка, концепцията за навременност подчертава актуалността на най-новите данни и услуги, които се доставят успешно на крайния потребител.

Това изисква в системата да се използват ограничения насочени срещу относително остарели данни/услуги (като памет за тяхното състояние). По такъв начин се увеличава както въздействието, така и сложността на планирането на задачите при оптимизация на системата.

• **Сигурност и поверителност (Security and privacy)** са необходими, за да се оцени дали работата на мрежата е достатъчно сигурна, за да се защити инфраструктурата, устройствата, данните и активите. Основните задачи за сигурност при мобилните мрежи са:

○ поверителност (confidentiality) - предотвратява предоставянето на чувствителна информация на неупълномощени субекти;

○ цялост (integrity) - гарантира, че информацията междуременно не се променя незаконно;

○ автентификация (authentication) - гарантира, че комуникиращите страни са тези, за които се представят.

В тази връзка, неприкосновеността на личния живот е важен приоритет в законодателството за осигуряване на поверителност, като например Общия регламент за защита на данните GDPR (General Data Protection Regulation) в Европа.

Някои KPI могат да бъдат приложени за количествено измерване на сигурността и неприкосновеността, например процент на заплахи за сигурността, които се идентифицират посредством алгоритми за идентифициране на заплахи, с които може да се оцени ефективността на откриването на аномалии.

• **Капиталови и оперативни разходи (Capital and operational expenditure)** са критичен фактор при определяне на достъпността на мобилните услуги, оказващи съществено влияние върху търговския успех на мобилната система. Разходите на мобилния оператор включват на два основни аспекта:

○ Капиталови разходи CAPEX (capital expenditure) - разходи за изграждане на комуникационна инфраструктура. Високите CAPEX, поради естествения процес на уплътняването на мрежата, водят до финансов натиск върху мобилните оператори.

○ оперативни разходи OPEX (operational expenditure) - Разходи за поддръжка и експлоатация. При отстраняването на неизправности на мобилните мрежи (системни откази, кибератаки и влошаване на производителността и т.н.), все още не може да се избегнат ръчни операции. Мобилният оператор трябва да поддържа оперативна група с голям брой мрежови администратори с висок опит, което води до високи OPEX, които понастоящем са три пъти по-високи от CAPEX и продължават да нарастват.

• **Качество на физическото преживяване QoPE (Quality-of-Physical-Experience)** - концепцията за измерване на качеството на физическото преживяване QoPE обединява като входни данни физическите фактори на самия потребител, с класическите QoS (Quality of Service) и QoE (Quality of Experience).

Във връзка с приложенията за потребителите, които представляват съществен търговски акцент, свързан с необходимостта от 6G, е необходимо да се постигне съществено по-реалистично възприемане на мащабните услуги свързани с технологиите AR/MR/VR.

Това изисква съвместен дизайн, интегриращ не само инженерни изисквания (по отношение на безжична свързаност, компютинг, съхранение), но и изисквания свързани с възприемането, произтичащи от човешките сетива, познание и физиология. Минималните и максималните изисквания и ограничения при възприемането трябва да бъдат взети предвид в инженерния процес (компютинг, обработка и т.н.).^{12,13}

За целта е необходима нова концепция за измерване на качеството на физическото преживяване QoPE (Quality-of-Physical-Experience), за да се обединят като входни данни, физическите фактори от самия потребител с класическите параметри на QoS (напр. латентност и скорост) и на QoE (например, оценка на средното мнение MOS (Mean-Opinion Score)).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ:

Направено е задълбочено проучване в областта на потенциалните кандидат типове комуникационни услуги, въз основа на изискванията във връзка с конкретни сценарии на използване при 6G.

Обособяването на ключовите показатели за производителност и тяхното влияние при всяка от формираните услуги, както и свързано с всеки от случаите на използване, зависи от множество фактори и е предмет на бъдещи изследвания.

В резултат, изследванията ще имат за цел да се получи относителен баланс на разпределеността на функционалността на всяка формирана комуникационна услуга, така че ефективността на мрежата като цяло да е максимална, и в зависимост от случаите и сценариите на използване.

ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ (REFERENCES):

1. *SearchSoftwareQuality* [online]. [viewed 14 November 2021]. Available from: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/use-case>
2. YAZAR, Ahmet, Seda Doğan TUSHA, and Huseyin ARSLAN. 6G Vision: an ultra-flexible perspective. *ITU Journal on Future and Evolving Technologies* [online]. 2020, vol. 1(1), pp. 121-140 [viewed 15 November 2021]. ISSN 2616-8375. Available from: https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/itu-jnl/S-ITUJNL-JFETF.V111-2020-P09-PDF-E.pdf
3. SAAD, Walid, Mehdi BENNIS, and Mingzhe CHEN. A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. *IEEE Network* [online]. 2020, vol. 34(3), pp. 134-142 [viewed 15 November 2021]. IEEE Xplore. ISSN 1558-156X. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8869705>
4. IMOIZE, A. L., O. ADEDEJI, N. TANDIYA, and S. SHETTY. 6G Enabled Smart Infrastructure for Sustainable Society: Opportunities, Challenges, and Research Roadmap. *Sensors* [online]. 2021, (21), № 1709

¹² Иванова Й. Моделиране на корпоративна глобална IP мрежа с мултимедийни услуги. Годишник Телекомуникации 2019, том 6, с. 45-53, eISSN 2534-854X, DOI: <https://doi.org/10.33919/YTelecomm.19.6.5>

¹³ Иванова Й. Принципи и съвременни приложения на холографските симулации. Научно-популярна статия, София: Българска наука, бр. 88, 2016, (стр. 130-137), <https://issuu.com/bgnauka/docs/bgnauka88>

[viewed 15 November 2021]. MDPI. ISSN 1424-8220. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1709>

5. DANG, S., O. AMIN, B. SHIHADA and M. ALOUINI. What should 6G be?. *Nature Electronics* [online]. 2020, (3), pp. 20-29 [viewed 15 November 2021]. ISSN 2520-1131. Available from: <https://www.nature.com/natelectron/journal-information>

6. ПЕТРОВ, Г. и В. КЪДРЕВ. Система за мониторинг и интернет свързаност за малки земеделски стопанства в отдалечени и труднодостъпни региони. *Годишник Телекомуникации 2019* [онлайн]. 2019, (6), с. 137-145 [прегледан 6 декември 2021]. eISSN 2534-854X. Достъпен на: <http://ojs.nbu.bg/ojs/index.php/YT/article/view/350>

7. КЪДРЕВ, В., А. СТАНЧЕВА, Р. ПАСАРЕЛСКИ, и И. БОГОМИЛОВ. Анализ на факторите за развитие на функционалността на сигнализацията в телекомуникационните мрежи. *Научна конференция с международно участие на НВУ „В. Левски”, В. Търново, 01-02.06.2017: Сборник доклади*. Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2017, с. 734-743. ISSN 2367-7481.

8. СТАНЧЕВА, А., П. ЦВЕТКОВ, и Г. ПЕТРОВ. Хармонизирани стандартни методи за измерване на параметрите и нивата на електромагнитно излъчване от най-разпространените мобилни терминали. *XXIII Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и метрологично осигуряване 2013”, 9-13 септември 2013, Созопол: Сборник доклади*. 2013, с. 331-338. ISSN 1313-9126.

9. ЦВЕТКОВ, П., А. СТАНЧЕВА и Г. ПЕТРОВ. Измерване и оценка на електромагнитно излъчване в честотния диапазон от 100 kHz до 6 GHz. *XXIII Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и метрологично осигуряване 2013”, 9-13 септември 2013, Созопол: Сборник доклади*. 2013, с. 339-348. ISSN 1313-9126.

10. ПАСАРЕЛСКИ, Р., П. ЦВЕТКОВ и А. СТАНЧЕВА. Механизми за превенция от електромагнитно излъчване от мобилни радиопредавателни станции. *XXVI Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и метрологично осигуряване 2016”, 7-11 септември 2016, Созопол: Сборник доклади* [онлайн]. 2016, с. 383-392 [прегледан 10 декември 2021]. ISSN 1313-9126. Достъпен на: <http://metrology-bg.org/fulltextpapers/169.pdf>

11. LIANG, Wei, Bin HAN, Mohammad Asif HABIBI, and Hans Dieter SCHOTTEN. The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey. *IEEE Open Journal of the Communications Society* [online]. 2021, (2), pp. 334-366 [viewed 15 November 2021]. IEEE Xplore. ISSN 2644-125X. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349624>

12. ИВАНОВА, Й. Моделиране на корпоративна глобална IP мрежа с мултимедийни услуги. *Годишник Телекомуникации 2019* [онлайн]. 2019, (6), с. 45-53 [прегледан 6 декември 2021]. eISSN 2534-854X. Достъпен на: <http://ojs.nbu.bg/ojs/index.php/YT/article/view/340>

13. ИВАНОВА, Й. Принципи и съвременни приложения на холографските симулации. *Българска наука* [онлайн]. 2016, (88), с. 130-137 [прегледан 6 декември 2021]. ISSN 1314-1031. Достъпен на: <https://issuu.com/bgnauka/docs/bgnauka88>

Информация за автора:

ас. д-р инж. Цветелина Симеонова, ВТУ "Т. Каблешков", ул. Гео Милев № 158, катедра „СОТС“, ts.b.simeonova@abv.bg

Contacts:

Assist. Prof. Tsvetelina Simeonova, PhD, University of Transport "T. Kableshkov", 158 Geo Milev St., Sofia, Department Communication and security equipment and systems, e-mail: ts.b.simeonova@abv.bg

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 20.06.2021

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 30.09.2021