

## АНАЛИЗ НА ТИПОВЕ КОМУНИКАЦИОННИ УСЛУГИ ПРИ 6G

Цветелина Симеонова

## ANALYSIS OF TYPES OF COMMUNICATION SERVICES FOR 6G

Tsvetelina Simeonova

**Резюме:** Цел на настоящата работа е да се направи анализ на различните типове комуникационни услуги, изисквания и приложения, свързани с внедряване при 6G, обвързано със съществуващите при 5G, и в съответствие с дефинициите в препоръките на ITU. В тази връзка са разгледани изискванията при 6G, описани чрез ключови показатели за производителност, обвързани с приложения при 6G, произтичащи от технологичното развитие. Резултатите са свързани с получаване на обобщена информация за структурите и особеностите на функциониране на различните предложени комуникационни услуги. Направено е класифициране на типовете услуги при 6G (нови типове услуги при 6G, комбинирани типове услуги при 6G (базирани на типове услуги при 5G), въвеждане на типови комуникационни услуги за поддържане на потенциални сценарии за приложение при 6G комуникации). Приносите на работата са свързани с направения задълбочен анализ на взаимовръзката между тип услуги и дефинирани изисквания при 6G, представена в таблична форма и са направени изводи.

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

**Abstract:** The aim of this paper is to analyze the different types of communication services, requirements and applications related to 6G deployment, in accordance to those in 5G, and based on the definitions in the ITU recommendations. In this regard, the requirements for 6G and key performance indicators related to applications for 6G are described, arising from technological development. The results are related to obtaining summary information about the structures and features of the functioning of the various proposed communication services. Classification of the types of services in 6G has been made (new types of services in 6G, combined types of services in 6G (based on types of services in 5G), introduction of standard communication services to maintain potential scenarios for application in 6G communications). The contributions of the work are related to the in-depth analysis of the relationship between the type of services and defined requirements for 6G, presented in tabular form and conclusions are drawn.

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

### 1. УВОД

Бързото развитие на разнообразни технологии в различни области на приложение, като изкуствен интелект AI (artificial intelligence), виртуална реалност VR (virtual reality), 3D медия (three-dimensional media), Интернет свързващ всичко IoE (Internet of Everything), ще доведе до значително увеличаване на мрежовия трафик.<sup>1,2</sup>

С развитието на концепцията на IoE изградена върху идеята за всеоткриваща свързаност на обекти (неща), хора и процеси, повишаване на интелигентността и познанието, като продължава безпрецедентно разпространение на нови услуги. Примерите варират от услуги с разширена реалност XR/ER (Extended Reality), включващи увеличена, смесена и

---

<sup>1</sup> Иванова Й. Най-интересните интерактивни 3D симулации в реално време, София: Българска наука, бр. 86, 2016, (стр. 171 – 179), <http://image.nauka.bg/magazine/bg-science86.pdf>

<sup>2</sup> Goleva R., R. Stainov, N. Kletnikov, J. Achkoski, S. Mirtchev, I. Ganchev, Al. Savov, Performance Analysis of End-to-End Sensor-to-Cloud Personal Living Platform, In Procedia Computer Science, Volume 113, 2017, Pages 615-620, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.309>.

виртуална реалност AR/MR/VR (Augmented, Mixed, and Virtual Reality), до телемедицина, тактилен Интернет, дроне, интерфейси мозък-компютър и свързани автономни системи. С увеличаването на трафика и навлизането на пазара на нови услуги търсенето на безжична свързаност ще продължава да нараства експоненциално, както през последните няколко десетилетия. За да се задоволи търсенето на безжична свързаност, мобилните комуникации продължават да се усъвършенстват с всяко следващо поколение. Мобилните комуникации от пето поколение 5G (Fifth-generation), с много повече функции от тези от четвърто поколение, скоро ще бъдат внедрени в целия свят. В тази връзка, новата концепция (парадигма) на мобилна комуникация от шесто поколение 6G (Sixth-generation) е с разширени възможности спрямо предходното поколение, като се очаква да бъде внедрена до 2030 г. и да поддържа безпрецедентно разнообразие от приложения, проникващи във всеки аспект от човешкия живот.<sup>3,4,5,6,7,8</sup>

Една от основните цели при първоначалните изследвания за 6G е идентифицирането на бъдещите приложения, изискванията от тях (формулирани чрез ключови показатели за производителност KPI (Key Performance Indicator)) и възможните типове услуги.

За да се реализира това, някои основни характеристики и параметри на 5G трябва да бъдат усъвършенствани, за да се постигне по-висок капацитет на системата, по-висока скорост на предаване на данни, по-ниска латентност, по-висока сигурност и подобро качество на услугата QoS (Quality of Service) при 6G. Услугите типични за 5G също трябва да се трансформират, разграничат и допълнят с нови за да отговорят на конкретни потребителски изисквания при 6G. В тази връзка:

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

- Случай на използване (use case) е конкретна ситуация, при която продукт или услуга потенциално би могла да се използва в съответствие с конкретен сценарий (usage scenario)<sup>9</sup>.

- Съществуващите при 5G сценарии за използване (свръх-надеждна комуникация с ниска латентност URLLC (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications), подобрен мобилен ширококолов достъп eMBB (enhanced Mobile BroadBand) и масова комуникация “машина-машина” mMTC (massive Machine-Type Communications)), както и новите за 6G (uMBB, ULBC и mULC - описани по-долу) в някои случаи се интерпретират като услуги.

- 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).

## 2. КЛЮЧОВИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧНОТО РАЗВИТИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НА 6G И ТЕХНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ<sup>10</sup>

<sup>3</sup> Пасарелски Р. Милиметровият честотен обхват като перспектива за 5G мрежи. Годишник Телекомуникации 2019, том 6, с. 161-170, eISSN 2534-854X, DOI: <https://doi.org/10.33919/YTelecomm.19.6.16>

<sup>4</sup> Пасарелски Р. Изследване на мощност на мобилна радиопредавателна апаратура. Годишник Телекомуникации 2017, том 4, с. 19 - 24, ISSN 2534-854X

<sup>5</sup> Р. Пасарелски, Универсални мобилни телекомуникационни системи, ISBN: 978-954-535-770-1, издателство на Нов Български Университет, 2013

<sup>6</sup> Р. Пасарелски, Т. Пасарелска, Анализ, мониторинг и контрол на мрежовия трафик в интернет, Сборник научни трудове от годишна научна конференция 03 - 04 юли 2014г. на Национален военен университет “Васил Левски” - ISSN: 1314-1937, Велико Търново, 2014.

<sup>7</sup> Петров Г.. Развитие на Интернет и отворените системи. Част 1. Авангард Прима - София, 2017, 401 с. <http://www.bg.cobiss.net/scripts/cobiss?ukaz=DISP&id=1947124467419891&rec=1&sid=1>, ISBN 978-619-160-834-8.

<sup>8</sup> Александров, А., Т. Стефанова. Излъчване и разпространение на електромагнитните вълни, Изд. “Аскони-Издат”, София, 2014.

<sup>9</sup> SearchSoftwareQuality Viewed on 14.06.2021 Available from: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/use-case>

Централни за 6G ще останат традиционните приложения, като мултимедийно поточно предаване на живо, но ключовите фактори определящи производителността на системата, ще бъдат свързани с четири нови домейна на приложения.

### **2.1. Мултисензорни приложения за разширена реалност XR (Multisensory XR Applications)**

Разширената реалност XR осигурява много приложения за 6G от типа на AR/MR/VR. Съществуващите 5G системи обаче не успяват да осигурят всичките аспекти за пълноценно функциониране на разширената реалност XR за всички сензорни входове, поради неспособността им да осигурят за XR приложенията много ниска латентност и висока скорост при интензивно предаване на данни.

От друга страна, всичките аспекти за пълноценно функциониране на приложенията за разширена реалност XR изискват съвместното им разглеждане "от край до край", т.е. вкл. и усещанията свързани с възприемането от потребителя, базирани на човешките сетива. Поради това се налага да се използва параметърът качество на физическото преживяване QoPE, обединяващ физическите фактори на потребителя с параметрије на QoS (напр. латентност и скорост) и на QoE (Quality of Experience).

Някои фактори, които влияят на QoPE, включват познаване функционирането на мозъка, физиологията на тялото и значението на жестовете. Например, от една страна, човешкият мозък може да не е в състояние да прави разлика между различни измерения на латентността осигурявана от URLLC, а от друга страна, визуалните и хаптичните възприятия може да са ключови за максимално използване на ресурсите.

Накратко, изискванията на услугите с XR са комбинация от традиционните комуникационни типове услуги URLLC и eMBB, с включени фактори за възприятие (визуални и осезаеми/хаптични), които трябва да поддържа 6G.

### **2.2. Свързани роботика и автономни системи CRAS (Connected Robotics and Autonomous Systems):**

Основен мотив за развитие на 6G системите е предвижданото внедряване на свързани роботика и автономни системи CRAS (Connected Robotics and Autonomous Systems), вкл. автономни автомобили, групи превозни средства, автономни рояци (swarms) дроне, системи за доставка с дроне, и автономни роботи.

Въвеждането на CRAS в клетъчния домейн не е прост случай за поредна IoE услуга с малък размер на предавания пакет нагоре (uplink), а всъщност изискванията относно CRAS са за управление на латентността от система за управление, както и потенциалната необходимост от eMBB при предаване на географски карти с висока разделителна способност HD (high definition).

Понятието QoPE се прилага също така и за CRAS; обаче физическата среда вече е система за управление, потенциално допълнена с изкуствен интелект AI (Artificial Intelligence).

CRAS е може би първия случай на използване, при който има строги изисквания в цялостната съвкупност "скорост-надеждност/безотказност-латентност", баланс, който все още не е наличен в 5G.

---

<sup>10</sup> 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

### 2.3. Безжични взаимодействия "мозък-компютър" BCI (Wireless Brain-Computer Interactions)

Освен при услугата XR, приспособяването на безжичните системи към техните човешки потребители е задължително, за да се поддържат услуги с директно взаимодействие мозък-компютър. Традиционно, приложенията за BCI (Brain-Computer Interactions) са ограничени до здравни сценарии, при които хората могат да управляват протези на крайници или изчислителни устройства в съседство, използвайки мозъчни импланти.

Използването на безжични интерфейси "мозък-компютър", както и на импланти, се очертава да бъде революция в тази област и ще доведе до нови сценарии за използване, които изискват 6G свързаност. Използването на безжични технологии за BCI ще замести смартфоните, като хората ще взаимодействат със заобикалящата ги среда и други хора, използвайки дискретни устройства (някои преносими, други имплантирани, а други вградени в света около тях). Това ще позволи на хората да управляват обкръжението си чрез жестове и да общуват с близките си чрез осезателни/хаптични съобщения.

Такива съпричастни и осезателни/хаптични комуникации, съчетани със свързани идеи като "емоционални изчисления" (affective computing), при които устройствата, управлявани от емоции, могат да съчетаят функциите си с настроението на потребителя, представляват важни случаи на използване при 6G.

Безжичните услуги за BCI изискват принципно различни показатели за производителност в сравнение с това, което предлага 5G. Подобно на услугите с XR, безжичните услуги за BCI се нуждаят от високи скорости, свръх ниска латентност и висока надеждност/безотказност. Те обаче са много по-чувствителни от услугите с XR към физическите възприятия и изискват гаранции относно QoPE.

### 2.4. Блокчейн (Blockchain) и технология на разпределената отчетна книга DLT (Distributed Ledger Technologies):

Blockchains и DLT ще бъдат едни от най-пробивните технологии на ЮЕ. Приложенията на Blockchain и DLT могат да се разглеждат като следващо поколение разпределени услуги с усещания (sensing services), чиято нужда от свързаност ще изисква синергична комбинация от URLLC и mMTC, за да се гарантира ниска латентност, безотказна свързаност и мащабируемост.

---

## 3. ТИПИЗИРАНЕ НА УСЛУГИ ПРИ 6G

---

### 3.1. Нови типове услуги при 6G<sup>11</sup>

При новите технологични тенденции, свързани с 6G, се налагат и нови показатели за производителност (performance metrics), както и предефиниране на типовете 5G приложения, налагащо от своя страна преобразуване на класическите услуги URLLC, eMBB и mMTC и въвеждане на нови услуги (обобщени в табл. 1).

- **Мобилна широколентова надеждна комуникация с ниска латентност MBRLLC (Mobile Broadband Reliable Low Latency Communication).** За поддържане на приложения, свързани с XR (Extended Reality), безжичен BCI (Brain-Computer Interactions) или CRAS (Connected Robotics and Autonomous Systems), е необходимо наличие на висока безотказност и ниска латентност, както и високи скорости на предаване на данни. Поради това, фиксираното разделяне на функционалността между eMBB и URLLC (както е при 5G) се налага да се реструктурира и да се въведе нов клас услуга - MBRLLC (обобщение на услугите URLLC и eMBB), която позволява на 6G системите да осигурят изискваната

---

<sup>11</sup> 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>

производителност в рамките на съвкупността "скорост-надеждност/ безотказност - латентност".

В тази връзка, енергийната ефективност е от първостепенно значение при MBRLLC, поради въздействието ѝ върху безотказността и скоростта, както и поради ограничения ресурс на свързаните устройства.

- **Масова свръх-надеждна комуникация с ниска латентност mURLLC (massive Ultra-Reliable and Low-Latency Communications).** При 5G услугата URLLC отговаря на изисквания, свързани с надеждност и латентност (по отношение на посока нагоре (uplink)), на много специфични IoE приложения (използвани, например, в интелигентни фабрики). При условията на 6G обаче, функционалността на услугата URLLC трябва да може да се мащабира с отчитане на дименсията на устройството. Това води до нова функционалност, нова услуга масова свръх-надеждна комуникация с ниско закъснение mURLLC, която обединява URLLC с mMTC.

При mURLLC се прави компромис като се акцентира на изискванията "надеждност/ безотказност-латентност-мащабируемост", което при някои мрежови проекти може да предизвика значителни отклонения спрямо средната база (напр. средна производителност-пропускателна способност-забавяне".

Всъщност е необходима принципна и мащабируема работна рамка, при която да се отчитат параметрите: забавяне, надеждност, размер на пакета, архитектурата и топологията (през цялата мрежа за достъп, периферията и ядрото).

- **Услуги, ориентирани към човека HCS (Human-Centric Services).** Характерни за 6G са нов клас услуги, ориентирани към човека-потребител HCS (Human-Centric Services). При тях се акцентира на качеството на физическото преживяване QoPE (Quality-of-Physical-Experience), пряко свързано с хората-потребители, а не на първични показатели/ метрики, като скорост-надеждност-латентност. Пример за HCS е безжичното взаимодействие мозък-компютър, при който производителността на мрежата се определя основно от физиологията на хората-потребители и техните действия. За този клас услуги е необходимо да се дефинира нов набор от метрики за QoPE, като функция на първични показатели/ метрики, свързани с QoS и QoE.

- **Многоцелево сближаване на услуги за комуникация, компютинг, управление, локализация, усещане и енергийни услуги, MPS (Multi-Purpose Convergence of Communications, Computing, Control, Localization, Sensing and Energy Services), т.е. Multi-Purpose 3CLS and Energy Services.** При 6G системите трябва да има услуги, базирани на съвместно сближаване на услуги за комуникация, компютинг, управление, локализация и усещания и техните производни. Може също потенциално да се предоставя енергия на малки устройства чрез безжичен трансфер на енергия.

Такива многоцелеви MPS са особено важни за приложения като свързани роботика и автономни системи CRAS (Connected Robotics and Autonomous Systems).

Услугите MPS изискват съвместно проектиране на връзките (каналите на предаване) нагоре-надолу (uplink-downlink) и трябва да отговарят на целева производителност, по отношение на: управление (напр. стабилност), компютинг (напр. латентност при компютинг), енергия (напр. целева енергия за прехвърляне), локализация (напр. точност на локализация) и функции на усещане (sensing) и на картографиране (mapping) (напр. точност на картографирана радиосреда).

**АНАЛИЗ НА ТИПОВЕ КОМУНИКАЦИОННИ УСЛУГИ, ИЗИСКВАНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ  
6G  
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

Таблица 1. Обобщение на типовете услуги при 6G, техните показатели за производителност (performance indicators) и примерни приложения.

Услуга	Изисквания	Приложения
<b>HCS</b>	Качество на физическото преживяване QoPE обхваща първични (необработени) показатели/метрики на безжична комуникация, както и човешки и физически фактори.	а. Изразителна (emphatic) комуникация. б. Взаимодействие мозък-компютър BCI в. Емоционална (по отношение на чувства, афективна) комуникация. г. Хаптична (осезателна, haptics)
<b>MPS</b>	а. Енергия. б. Латентност при компютинг (обработка). в. Латентност и надеждност/ безотказност на комуникацията г. Стабилност на управлението д. Точност на локализация. е. Точност на усещане и картографиране.	а. Картографиране и изобразяване на околната среда. б. Телемедицина. в. Свързани роботика и автономни системи CRAS. г. Някои специални случаи на услуги с разширена реалност XR.
<b>MBRLLC</b>	а. Енергийна ефективност. б. Строги изисквания към скорост на предаване-надеждност, спрямо латентност. в. скорост на предаване-надеждност, спрямо латентност в мобилни среди.	а. Услуги от 5G eMBB и URLLC. б. XR/VR/AR. в. Автономни автомобилни системи. г. Автономни дроневи.
<b>mURLLC</b>	а. Машабиреуем URLLC. б. Масова надеждност/ безотказност. в. Свръх висока надеждност/ безотказност. г. Масова свързаност.	а. Блокчейн и технология отчетна книга DLT (Distributed Ledger Technology). б. Автономна роботика. в. Масово усещане (sensing). г. Интернет на нещата. д. Проследяване на потребител.

### 3.2. Комбинирани типове услуги при 6G, базирани на типове услуги при 5G<sup>12</sup>

Дефинирането на съществуващите предложения за потенциални сценарии за използване при 6G, като просто подобрене или разширение на сценарии при 5G, ще бъде самоцелно и непълно, ако не са правилно изяснени взаимодействието между сценарии за използване при 6G и връзките им със сценариите за използване при 5G. В тази връзка, чрез разширяване на обхвата на съществуващите сценарии на използване, може да се предложи цялостна методология за дефиниране на сценарии на използване при 6G - фиг. 1. С цел поддържане на навлизащи случаи на използване и приложения при 6G, се използват нови подобрени типове услуги (uMBB, ULBC и mULC), в допълнение на съществуващите типове услуги при 5G (eMBB, ULRR и mMTC).

В резултат на необходимостта да се отговори на изискванията на случаите на използване при 6G, се формират функционалности на три нови услуги, при което се използват припокриващите се области на услугите за сценариите при 5G, така че да се образува пълен набор.

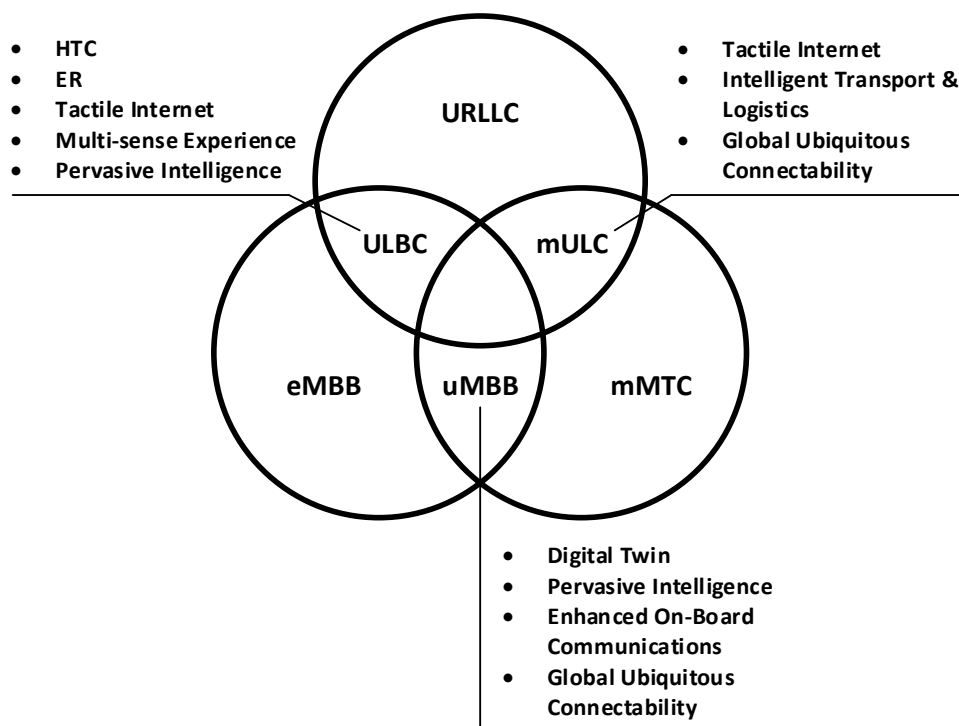
- **Повсеместен мобилен широколентов достъп uMBB (ubiquitous Mobile Broad Band).** Услугата uMBB (на базата на съществуващия MBW) поддържа висококачествени бордови (on-board) комуникации и глобална повсеместна свързаност.

Също така, uMBB предоставя съществено увеличаване на капацитета на мрежата и скоростта на предаване в точките за достъп, за да се поддържат навлизащи услуги. Например при използване на VR от група потребители в ограничено пространство е необходима скорост на предаване на данни от няколко Gbps на потребител.

<sup>12</sup> 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

Сценариите с използване на uMBB се предполага, че ще бъдат в основата на: цифровия близък (digital twin), широко разпространена интелигентност, подобрена бордова комуникация и глобална повсеместна свързаност.

В сравнителен план, в допълнение към KPI, които се използват за оценка на eMBB (като пикова скорост на предаване на данни и скорост на предаване на данни за потребителя), за uMBB са по-критични други KPI (т.е. мобилност, покритие и позициониране) - вж. табл. 2.



Фиг. 1. Принципи на методологията за дефиниране на сценарии за използване и типове услуги при 6G<sup>12</sup>.

- **Свръх-надеждна широколентова комуникация с ниска латентност ULBC (Ultra-reliable low-latency broadband communication).** Свръх-надеждната широколентова комуникация с ниска латентност ULBC поддържа приложенията изискващи не само URLLC, но заедно с това и изключително висока производителност, като например игри базирани на HTC (Holographic-Type Communication). Очаква се от този тип услуга да се възползват случаите на използване на HTC, XR/ER (Extended Reality), тактилен Интернет, мултисетивност и всеобхватна интелигентност.

- **Масова свръх-надеждна комуникация с ниска латентност mULC (massive Ultra-reliable low-Latency Communication).** Услугата масова свръх надеждна комуникация с ниска латентност mULC, съчетава характеристиките както на mMTC, така и на URLLC, което ще улесни сценариите при масово внедряване на сензори и изпълнителни механизми във вертикални индустрии.



### 3.3. Въвеждане на типови комуникационни услуги за поддържане на потенциални сценарии за приложение при 6G комуникации<sup>13</sup>

Въз основа на обобщение на случаите на използване и съответните възможни сценарии, свързани с разнообразно приложение при 6G комуникации, може да се обособят няколко характерни типа комуникационни услуги, всяка от тях със специфичен комплект вероятни характеристики.

- **Подобрена мобилна широколентова връзка-плюс eMBB-Plus (Enhanced Mobile Broadband Plus), поддържа висококачествени конвенционални мобилни комуникации.** Комуникационната услуга eMBB е предвидена в 5G за обслужване на конвенционални мобилни комуникации, а услугата eMBB-Plus за 6G представлява нейно развитие с много по-високи изисквания.

Функционалността е допълнена с:

- подобро оптимизиране на клетъчните мрежи по отношение на смущения (interference) и хендовър, както и при предаване и обработка на големи данни;
- подобрена сигурност, секретност и поверителност.

Ще бъде осигурена също и допълнителна функционалност (с достъпна цена за абонатите), например точно позициониране на закрито (indoor) и глобално съвместима връзка между различни функциониращи мобилни мрежи.

- **Големи комуникации BigCom (Big Communications), поддържа основни комуникации за отдалечени райони.** При 5G се акцентира изключително на предоставянето на добри комуникационни услуги в гъсто населени райони, за разлика от тяхното предоставяне в отдалечени райони.

Услугата BigCom в 6G акцентира върху справедливото разпределяне на услугите между гъсто населени и отдалечени райони. Това ще се постига чрез поддържане на по-добър баланс на ресурсите, а не чрез предоставянето на еднакво добри услуги и в двете области. Като минимум, услугата BigCom гарантира, че покритието на мрежата трябва да бъде достатъчно голямо, за да се осигури приемлива услуга за трансфер на данни, където и да се намират районите на абонатите на комуникационната мрежа.

Предложено е да се извършва оценка на справедливостта на услугите, предоставяни чрез BigCom.

- **Сигурни свръх-надеждни комуникации с ниско закъснение SURLLC (Secure Ultra-Reliable Low-Latency Communications).** Услугата SURLLC при 6G представлява съвместно надграждане на URLLC и mMTC от 5G, но с по-високи изисквания за:

- надеждност/безотказност (по-висока от 99,9999999%, т.е. „седем деветки“, от гледна точка на управление на качеството и подобряване на процеса);
- латентност (по-малка от 0,1 ms);
- допълнително изискване за сигурност.

SURLLC обслужва основно промишлените и военните комуникации, напр. разнообразни работи, машини с висока точност и конвейерни системи, базирани на 6G, а също и автомобилните комуникации.

- **Триизмерни интегрирани комуникации 3D-InteCom (Three-Dimensional Integrated Communications).** Услугата 3D-InteCom в 6G въвежда нов подход, а именно - анализът, планирането и оптимизирането на мрежата да бъдат развити от две измерения на три измерения, т.е. като се вземат предвид височините на комуникационните възли.

<sup>13</sup> 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](https://www.researchgate.net/publication/337170157_What_should_6G_be)



Примери за такъв триизмерен сценарий могат да бъдат сателитните БЛА (безпилотни летателни апарати, UAV (Unmanned Aerial Vehicles)) и подводните комуникации, при които може да се използва триизмерен анализ, планиране и оптимизация.

В тази връзка, аналитичната рамка, съществуваща за двумерни безжични комуникации, базирана на стохастична геометрия и теория на графите, при 6G трябва да бъде актуализирана.

Също така, разглеждането и на височината на възела позволява реализацията на кодово лъчеобразуване с пълноразмерни (full-dimensional) MIMO архитектури, чрез което се осигурява друга възможност за оптимизиране на мрежата.

- **Неконвенционални комуникации на данни UCDC (Unconventional Data Communications), дава възможност за включване на нови комуникационни прототипи и принципи.** Услугата неконвенционални комуникации на данни UCDC е може би най-отворена за предоставяне на различни сценарии на приложение в 6G комуникациите. Услугата ще обхване нови прототипи и принципи за комуникация, които не могат да бъдат класифицирани в обслужвани чрез другите четири услуги. Понастоящем дефинирането на UCDC все още е в процес на проучване, но трябва като минимум да обхваща холографски и тактилни комуникации, както и комуникации свързващи хората.

#### 4. АНАЛИЗ НА ТИПОВЕТЕ УСЛУГИ И СЪОТВЕТНИТЕ ПРИЕТИ ИЗИСКВАНИЯ ПРИ 6G

В табл. 2 е дадено разпределение на типовете комуникационни услуги и ключовите показатели за производителност, като са посочени и зависимостите между тях.

Таблица 2. Анализ на зависимостта между типовете комуникационни услуги и ключовите показатели за производителност.

Означения в таблицата, относно влиянието на показателите върху комуникационните услуги:

- Специализиран показател със силен акцент;
- ✓ Общ показател без да има силен акцент.

Тип комуникационна услуга	Ключови показатели за производителност KPI (Key Performance Indicators)															
	Peak data rate	User-experienced data rate	Latency	Mobility	Connection density	Energy efficiency	Peak spectral efficiency	Area traffic capacity	Reliability	Signal bandwidth	Positioning accuracy	Coverage	Timeliness	Security and privacy	CAPEX and OPEX	QoPE
<b>в 5G и 6G:</b>																
eMBB	•	•	✓	✓		✓	•	•		•		✓		✓	•	
URLLC			•			✓			•	✓	✓	•	•	•		
mMTC					•	•						✓		✓		

**АНАЛИЗ НА ТИПОВЕ КОМУНИКАЦИОННИ УСЛУГИ, ИЗИСКВАНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ  
6G  
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

Тип комуникационна услуга	Ключови показатели за производителност KPI (Key Performance Indicators)															
	Peak data rate	User-experienced data rate	Latency	Mobility	Connection density	Energy efficiency	Peak spectral efficiency	Area traffic capacity	Reliability	Signal bandwidth	Positioning accuracy	Coverage	Timeliness	Security and privacy	CAPEX and OPEX	QoPE
<b>6G, от т. 6.1</b>																
MBRLLC	•	•	•	✓		•	•	•	•	•	✓	•	•	•		
mURLLC			•		•	•			•	✓	✓	•	•	•		
HCS	•	•	•	✓		✓	•	•	•	•	✓	•	•	•		•
MPS	✓	✓	•	✓	✓	•	•	✓	•	•	•	•	•	✓	✓	✓
<b>6G, от т. 6.2</b>																
uMBB	•	•	✓	•		✓	•	•	✓	•	✓	•		✓	•	
mULC			•		•	•			•	✓	✓	•	•	•		
ULBC	•	•	•	✓		✓	•	•	•	•	✓	•	•	•		
<b>6G, от т. 6.3</b>																
eMBB-Plus	•	•	•	•		•	•	•		•	•	•		•	•	
BigCom	✓							✓				•				
SURLLC			•		•	•			•	✓	✓	•	•	•		
3D-InteCom	•	•	•	•		•	•	•		•	•	✓	•	✓	•	
UCDC	•	•	•	✓		✓	•	•	•	•	✓	•	•	•		•

**5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ:**

Таблично е направен анализ на зависимостите между типовете комуникационни услуги и изискванията в ключовите показатели за производителност при 6G.

Най-общо, влиянието на ключовите показатели за производителност е прието да има три степени: показател без пряко влияние, общ показател без да има силен акцент, специализиран показател със силен акцент.

Въз основа на това може да се направят следните изводи:

1. Тенденциите на развитие и формирането на типовете услуги показват, че поради съвместното съществуване на услуги, ориентирани към човека и от машинен тип, както и хибридни между тях, би било целесъобразно към ключовите показатели за производителност да се добави като минимум и показателят QoPE (T-REC-Y.Sup64-202007-I!!PDF-E (07/2020)).

2. Въз основа на съпоставката на отчетените при различните услуги показатели, при съществуващите изследвания се очертава формирането на сходни услуги, например:

2.1. Услугите MBRLLC и ULBC обединяват услугите eMBB и URLLC, типични за 5G, като при MBRLLC изискването за енергийна ефективност е по-силно в сравнение с ULBC.

2.2. При услугите UCDC и HCS като един основен акцент е показателят QoPE, свързан с услуги, ориентирани към човека, но въз основа на случаите на използване се изисква и обединяване с някои KPI на eMBB и URLLC.

2.3. При услугите SURLLC, mURLLC и mULC се обединяват типичните за 5G услуги URLLC и mMTC, въз основа на което се получава сходна функционалност.

3. Характерно за направения преглед на мотивацията и особеностите при 6G е използването в различните литературни източници на сходна терминология в различен контекст или на различни термини за сходен контекст. Относно "услуги" (G.QoE-5G ITU-T WORK PROGRAMME [2017-2020] : [SG12] : [Q13/12]) са използвани понятията типове, класове и категории услуги (service types, service classes, service categories). Пример също така са понятията "услуга" (типове услуги), "случай на използване", "сценарий на използване", "сценарии за приложение".

4. Комуникационните услуги при 6G са формирани въз основа на анализ на ключовите показатели за производителност, така, че да се обхванат характерни случаи на използване и да се удовлетворят максимално изискванията при различните специфични сценарии на използване.

Поради това, въз основа на подбраните ключови показатели за производителност, всяка услуга е формирана с определена специфика. В тази връзка, с цел удовлетворяване максимално ефективно на множеството разнообразни сценарии на използване, влиянието на ключовите показатели за производителност е различно. Именно тази "разпределеност" на функционалността спомага за повишаването на ефективността.

#### ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ (REFERENCES):

1. ИВАНОВА, Й. Най-интересните интерактивни 3D симулации в реално време. *Българска наука* [онлайн]. 2016, (86), с. 171-179 [прегледан 6 декември 2021]. ISSN 1314-1031. Достъпен на: <http://image.nauka.bg/magazine/bg-science86.pdf>
2. GOLEVA, R. and all. Performance Analysis of End-to-End Sensor-to-Cloud Personal Living Platform. *Procedia Computer Science* [online]. 2017, (113), pp. 615-620 [viewed 15 November 2021]. ScienceDirect. ISSN 1877-0509. Available from: <https://www.sciencedirect.com/>
3. ПАСАРЕЛСКИ, Р. Милиметровият честотен обхват като перспектива за 5G мрежи. *Годишник Телекомуникации 2019* [онлайн]. 2019, год. 6, с. 161-170 [прегледан 6 декември 2021]. eISSN 2534-854X. Достъпен на: <http://ojs.nbu.bg/ojs/index.php/YT/article/view/352>
4. ПАСАРЕЛСКИ, Р. Изследване на мощност на мобилна радиопредавателна апаратура. *Годишник Телекомуникации 2017* [онлайн]. 2017, год. 4, с. 19-24 [прегледан 6 декември 2021]. ISSN 2534-854X. Достъпен на: <http://ojs.nbu.bg/ojs/index.php/YT/article/view/164/120>
5. ПАСАРЕЛСКИ, Р. *Универсални мобилни телекомуникационни системи: Радиоинтерфейс-изследване на каналите, словесте и протоколите*. София: Нов български университет, 2013. ISBN 978-954-535-770-1.
6. ПАСАРЕЛСКИ, Р. и Т. ПАСАРЕЛСКА. Анализ, мониторинг и контрол на мрежовия трафик в интернет. *Сборник доклади от годишната университетска научна конференция на НБУ „Васил Левски“ 03 - 04 юли 2014 г.* В. Търново: Национален военен университет „Васил Левски“, 2014, с. 82-90. ISSN 1314-1937.
7. ПЕТРОВ, Г. *Развитие на Интернет и отворените системи*. Част 1. София: Авангард Прима, 2017. ISBN 978-619-160-834-8.
8. АЛЕКСАНДРОВ, А. и Т. СТЕФАНОВА. *Излъчване и разпространение на електромагнитните вълни*. София: Аскони-Издат, 2014. ISBN 978-954-383-075-6.
9. Use case. *SearchSoftwareQuality* [online]. [viewed 14 June 2021]. Available from: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/use-case>
10. 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]. eISSN 1558-156X. Ieee Xplore. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8869705>
11. IMOIZE, A. L., ADEDEJI, O., TANDIYA, N., SHETTY, S. 6G Enabled Smart Infrastructure for Sustainable Society: Opportunities, Challenges, and Research Roadmap. *Sensors* [online]. 2021, (21), 1709 [viewed 15 November 2021]. ISSN 1424-8220. MDPI. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1709>
12. JIANG, Wei, Bin HAN, Mohammad Asif HABIBI, 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]. ISSN 2644-125X. IEEE Xplore. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349624>

**АНАЛИЗ НА ТИПОВЕ КОМУНИКАЦИОННИ УСЛУГИ, ИЗИСКВАНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ  
6G  
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

---

13. 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>

**Информация за автора:**

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

**Contacts:**

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