

INTERACTION BETWEEN THE 4G - EPC CORE AND THE 5G RAN

Rosen Pasarelski, Krasen Angelov

Abstract: The Radio Access Network - 5G RAN is designed to work seamlessly with the existing 4G EPC network infrastructure. This enables a smooth transition from fourth 4G to fifth generation 5G mobile systems, both for operators and end users. The radio access network - 5G RAN uses a new core network architecture - 5GC, which is designed to be more flexible and scalable than the previous EPC architecture.

The purpose of writing the article is to analyze the methods of interaction between the EPC core of 4G networks and the 5G system core. To explore interfaces and interconnection protocols with an emphasis on roaming and non-roaming architectural models. To discuss the interaction between the 5GC core network and the E-UTRAN radio network associated with the EPC in terms of achieving this goal through non-3GPP access.

Analysis of the methods of interaction between the EPC core of 4G networks and the 5GC, the study of interfaces and interaction protocols in different operating environments can be noted as contributions to the development of the article.

Keywords: 5GC, 4G, EPC, RAN, E-UTRAN, INTERACTION.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

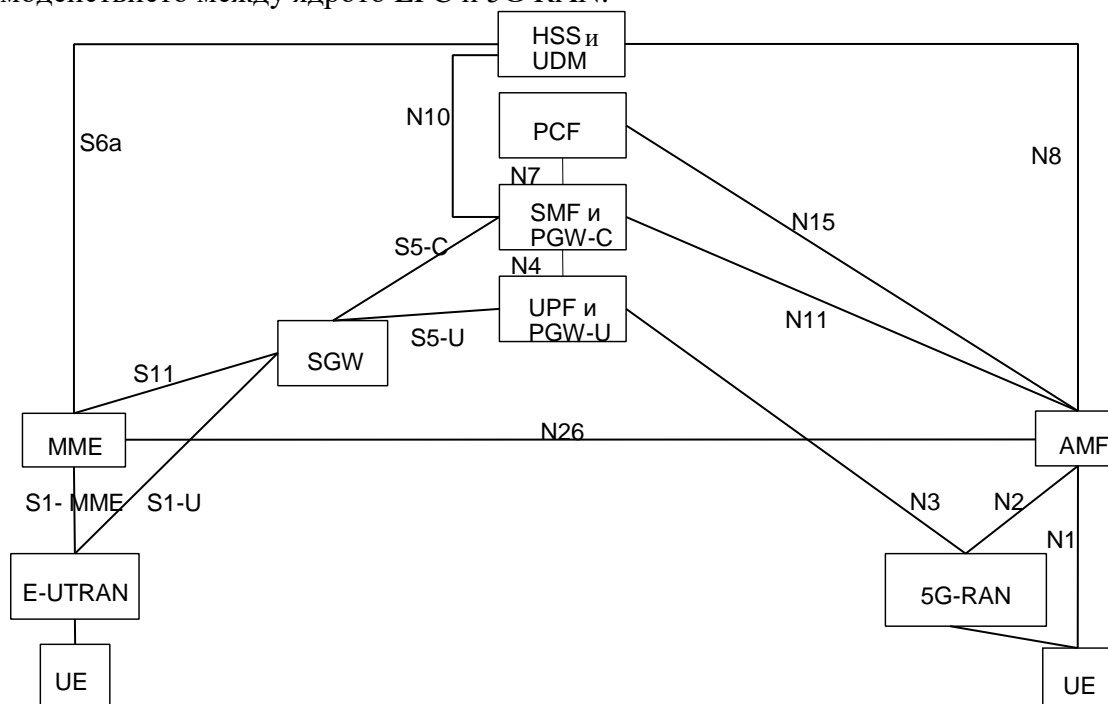
Въвеждането на 5G мобилните системи от пето поколение бележи трансформиращ период в безжичната свързаност, предлагайки безпрецедентна скорост, надеждност и сигурност за потребителите по целия свят. В сърцето на тази новаторска промяна стои мрежата за радио достъп - RAN, основен мост, свързващ съществуващата 4G инфраструктура с възможностите на 5G технологията. Взаимовръзката между радиомрежата 5G RAN и вече установената мрежа 4G-EPC, полага основата за безпроблемен преход между тези поколения, осигурявайки хармонична еволюция, както за мобилните оператори, така и за крайните потребители.

Тази статия се задълбочава в симбиотичната връзка между мрежата за радио достъп и революционната 5G архитектура с 4G-EPC мрежа, подчертавайки техните съвместни усилия за придвижване напред на мобилните технологии. В основата на тази еволюция лежи иновативната 5GC основна мрежа, динамична рамка, проектирана да засенчи ограниченията на своя предшественик, а именно EPC архитектурата. Присъщата гъвкавост и мащабируемост на 5GC предвещават нова ера в телекомуникациите, предоставяйки подобрени възможности и неограничен потенциал за непрекъснато разширяващата се сфера на безжичната свързаност.

2. ВЗАЙМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЯДРОТО EPC И 5G RAN

Мрежата за радиодостъп - 5G RAN е проектирана да работи безпроблемно със съществуващата мрежова инфраструктура 4G EPC. Това позволява плавен преход от четвърто 4G към пето 5G поколение мобилни системи, както за операторите, така и за крайните потребители. Мрежата за радиодостъп - 5G RAN използва нова архитектура на основна мрежа - 5GC, която е разработена да бъде по-гъвкава и мащабируема от предишната EPC архитектура. Въпреки това, 5GC все още може да взаимодейства с EPC чрез набор от стандартизирани интерфейси и протоколи. Когато потребителско устройство се свърже към 5G RAN, то първо установява връзка с основната 5G мрежа. След това 5G RAN използва режима „несамостоятелен“ (NSA) [1], за да се свърже със съществуващия EPC, позволявайки на потребителското устройство да продължи да има

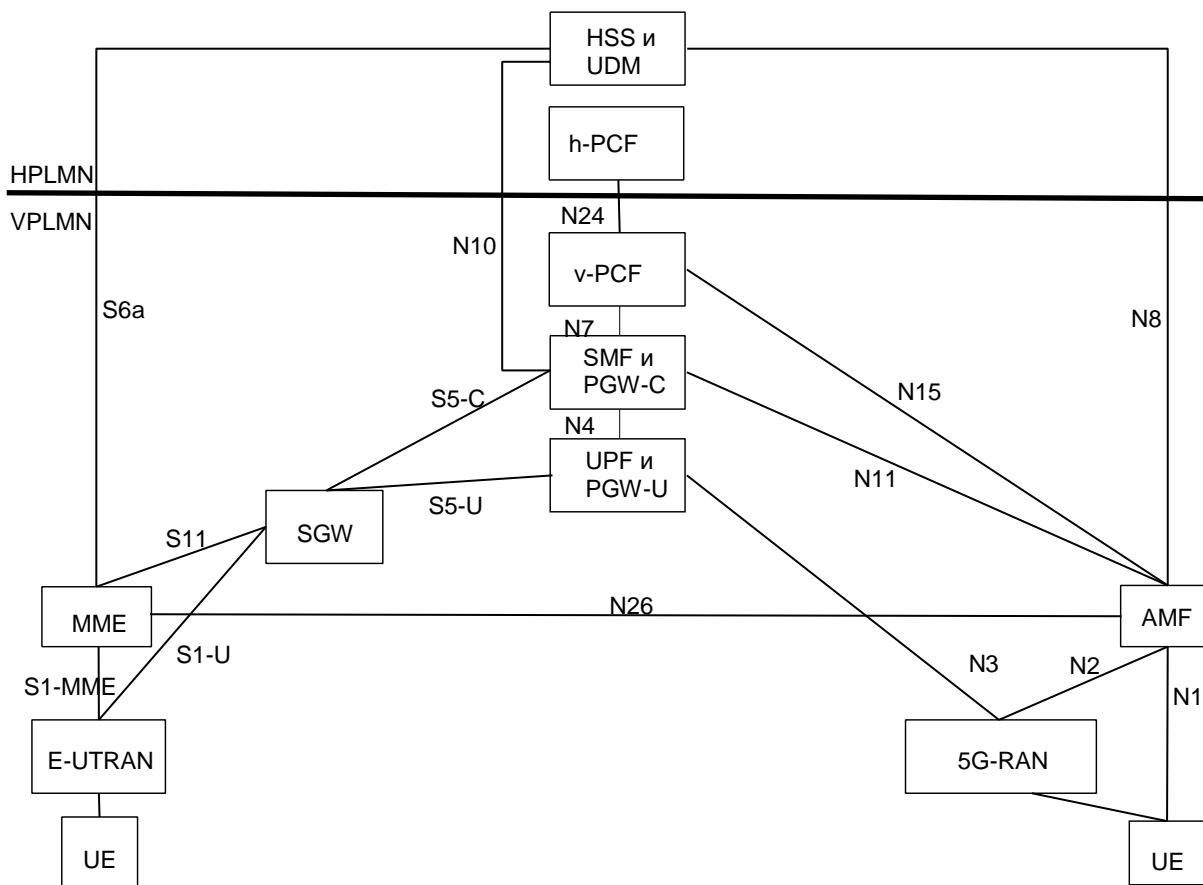
достъп до 4G услуги, като същевременно може да използва 5G услуги. Това дава възможност на потребителите безпроблемно да преминават между 4G и 5G мрежи, без да губят свързаност. Освен това 5G RAN може да използва и самостоятелен - SA режим, който не изисква използването на EPC. В този режим 5G RAN се свързва директно към 5GC, осигурявайки по-ефективна и рационализирана мрежова архитектура. Взаимовръзката между ядрото EPC и 5G RAN може да бъде анализирана в контекста на мрежовата архитектура без роуминг и архитектурата с роуминг. Архитектурата без роуминг се отнася до архитектурата, при която потребителското оборудване - UE се свързва към локална 5G мрежа и има достъп до услугите, предоставени от мрежовия оператор, без да има роуминг към мрежата на друг оператор. В тази архитектура 5G RAN и EPC са отговорни за обработката на данните на потребителя и сигнализирането на трафика в локалната мрежа. В аспекта на взаимодействието с EPC, архитектурата без роуминг включва установяване на връзка между 5G RAN и EPC чрез стандартизиран интерфейс, наречен S1. Интерфейсът S1 позволява обмен на сигнализация и потребителски данни между 5G RAN и EPC, осигурявайки безпроблемно взаимодействие между двете мрежови архитектури. Когато потребителско устройство се свърже към 5G RAN, то първо установява връзка с основната 5GC мрежа чрез интерфейса за ядро от следващо поколение (NGC). След това 5G RAN използва режима - NSA, за да се свърже със съществуващия EPC през интерфейса S1, позволявайки на потребителското устройство да продължи да има достъп до 4G услуги, като същевременно може да използва 5G услуги. В тази архитектура 5G RAN и EPC работят във взаимовръзка, за да осигурят на потребителя възможно най-добрата свързаност, използвайки комбинация от 5G и 4G мрежови технологии, ако е необходимо. На фигура 1 е представено графично взаимодействието между ядрото EPC и 5G RAN.



Фиг. 1 Взаимодействие между 5G RAN и 4G EPC в архитектура без роуминг
 (Източник [13])

Архитектурата без роуминг позволява на операторите да разгръщат 5G мрежи постепенно, като същевременно поддържат наследени 4G технологии, обезпечавайки, че потребителите имат достъп до услугите, от които се нуждаят, без да правят компромис с производителността или надеждността на мрежата.

В контекста на взаимодействието с ЕРС, роуминг архитектурата в 5G включва позволяване на потребителите да се свързват към локална 5G мрежа, докато са в роуминг извън домашната си мрежа. Това изисква взаимодействие между посетената 5G мрежа и ЕРС на домашната мрежа на потребителя. Архитектурата с роуминг в 5G се основава на принципа на безпроблемна мобилност, следователно потребителят може да продължи да използва услугите на своето устройство без никакво прекъсване, докато преминава от една мрежа към друга. За да постигнат това 5G RAN и ЕРС използват различни интерфейси за взаимодействие помежду си и с 5G RAN на посетената мрежа. Когато потребителско устройство преминава към посетена 5G мрежа, посетената 5G RAN първо удостоверява потребителя, като използва процедурите за удостоверяване и оторизация. След като потребителят бъде удостоверен, посетената 5G RAN установява връзка с ЕРС в домашната мрежа на потребителя, използвайки интерфейса S6a. Това позволява на посетената мрежа да извлече информацията за абоната на потребителя и друга подходяща информация, необходима за предоставяне на потребителя на исканите услуги. След това ЕРС на домашната мрежа на потребителя установява сесия с посетената 5G RAN с помощта на интерфейса S11, което дава възможност на 5G RAN на посетената мрежа да се свърже с ЕРС на домашната мрежа на потребителя и да получи достъп до необходимите услуги. Това позволява на потребителя да продължи да използва своето устройство и да има достъп до услугите на своята домашна мрежа, докато е в роуминг в посетената мрежа. Архитектурата с роуминг в 5G също поддържа различни изисквания за качество на услугата - QoS, осигурявайки на операторите средство да приоритизират различни видове трафик въз основа на нуждите на потребителя и мрежовите условия. Това се постига чрез различни интерфейси, като например интерфейса Gx, който позволява на 5G RAN на посетената мрежа да поиска QoS параметри от ЕРС на домашната мрежа на потребителя и да ги наложи в мрежата. На фигура 2 е представено взаимодействие между 5G RAN и 4G ЕРС в архитектура с роуминг.



Фиг. 2 Взаимодействие между 5G RAN и 4G EPC в архитектура с роуминг
 (Източник [13])

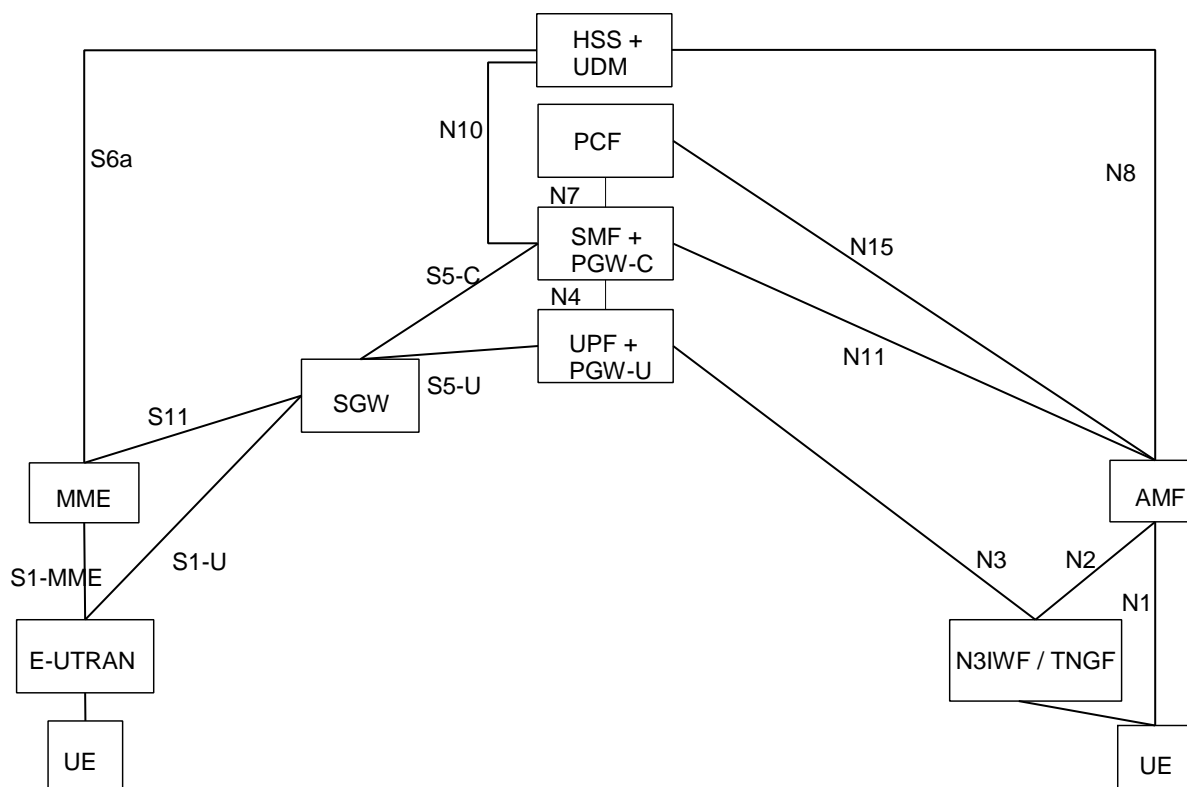
В общ план роуминг архитектурата в 5G [2] е проектирана да предоставя на потребителите безпроблемна свързаност и непрекъснат достъп до услуги, докато са в роуминг извън домашната си мрежа. Взаимодействието между 5G RAN на посетената мрежа и EPC на домашната мрежа на потребителя дава възможност за обмен на информация и позволява на посетената мрежа да предоставя на потребителя необходимите услуги.

В обобщение взаимодействието между 5G RAN и EPC позволява на операторите да осигурят плавен преход към 5G мрежите, като същевременно обезпечават, че съществуващите 4G услуги остават достъпни за потребителите. Това дава възможност на операторите постепенно да разгръщат 5G мрежи, като същевременно поддържат наследени технологии, обезпечавайки потребителите да имат достъп до услугите, от които се нуждаят.

3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ 5GC С НЕ-3GPP ДОСТЪП И EPC/E-UTRAN

Взаимодействието между 5GC основната мрежа и E-UTRAN, свързан с EPC, е възможно да бъде постигнато чрез не-3GPP [3] достъп. Достъпът не-3GPP се отнася до мрежи, които не са базирани на 3GPP технологии за радиодостъп, като Wi-Fi, Етернет или DSL. В този сценарий потребителско оборудване - UE може да се свърже към 5GC чрез не-3GPP достъп и все пак да има достъп до услугите, предоставени от E-UTRAN, свързан към EPC. Взаимодействието между двете мрежи се постига чрез 5G сервизен шлюз - SGW в еволюция на системната архитектура (SAE) и EPC сервизен шлюз - SGW. Когато UE се

свърже към 5GC чрез не-3GPP достъп, 5GC присвоява мрежов шлюз за пакетни данни - PGW за UE. Шлюзът PGW отговаря за маршрутизирането на потребителски данни между UE и 5GC. Шлюзът 5GC SGW отговаря за управлението на сигнализирането на контролната равнина между 5GC и UE, докато PGW обработва трафика на равнината на данни. За достъп до услуги, предоставяни от E-UTRAN, свързан към EPC, UE трябва да установи връзка към шлюза EPC SGW. Това се постига чрез процедура, известна като резервна система на разширената пакетна система (EPS). В тази процедура UE първо установява връзка към 5GC SGW чрез не-3GPP достъп. След това SGW задейства резервната процедура на EPS, която включва установяване на връзка към EPC SGW чрез интерфейса SGi. След като връзката бъде установена, UE може да има достъп до услугите, предоставяни от E-UTRAN, свързан към EPC. Шлюзът EPC SGW управлява сигнализирането на контролната равнина между EPC и UE, докато шлюзът PGW обработва трафика на равнината на данни. На фигура 3 е представено взаимодействие между 5GC основната мрежа с не-3GPP достъп и E-UTRAN, свързан с EPC.



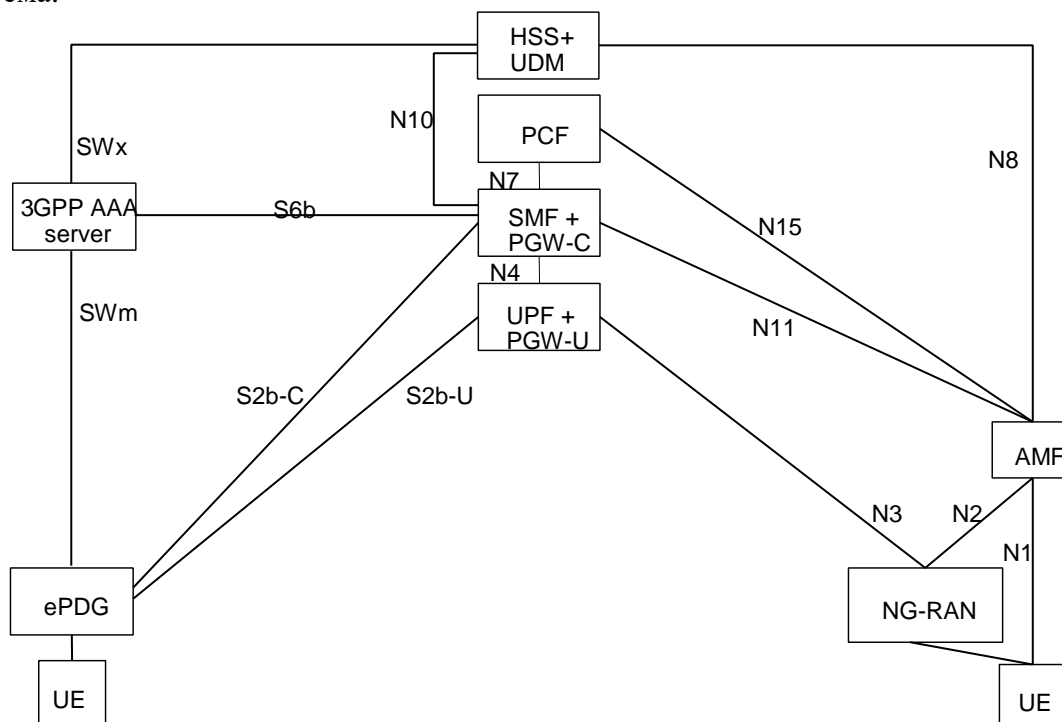
Фиг. 3 Взаимодействие между 5GC с не-3GPP достъп и EPC/E-UTRAN
(Източник [13])

Взаимодействието между 5GC и EPC чрез не-3GPP достъп осигурява безпроблемни потребителски емоции, като позволява на UE да осъществява достъп до услугите, предоставяни от двете мрежи, без никакво прекъсване. Това също така дава възможност на операторите да използват своите съществуващи EPC инвестиции, докато преминават към 5G, без необходимост от значителни надстройки на мрежи си.

4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЕВОЛЮИРАЛ ШЛЮЗ ЗА ПАКЕТНИ ДАННИ СВЪРЗАН КЪМ EPC И 5G СИСТЕМА

Взаимодействието между еволюиран шлюз за пакетни данни (ePDG), свързан към EPC и 5G система (5GS) включва поддръжка на не-3GPP достъп до основната 5G мрежа. Това е необходимо за активиране на 5G свързаност за устройства, които нямат собствени 5G възможности и разчитат на други технологии за достъп, като Wi-Fi или кабелни връзки.

Възелът ePDG действа като шлюз между мрежи за достъп извън 3GPP, като Wi-Fi, и EPC. Той установява защитен IPsec тунел между потребителското оборудване - UE и мрежовия шлюз за пакетни данни - PGW в EPC, позволявайки на UE достъп до услугите на основната мрежа. За да се даде възможност за достъп извън 3GPP до 5GS, се предприема подобен подход с използването на функция за управление на достъпа и мобилността - AMF в основната 5G мрежа. Функцията AMF служи като интерфейс за 5GS за взаимодействие с мрежата за достъп, която не е 3GPP, а функцията на потребителската равнина - UPF служи като интерфейс между AMF и равнината на данни. Взаимодействието между ePDG, свързан към EPC и 5GS, се постига чрез използването на дефинирания от 3GPP S2b интерфейс, който позволява прехвърляне на трафик на потребител и контролна равнина между ePDG и 5GS. Това позволява безпроблемно предаване между двете мрежи, осигурявайки непрекъсната свързаност за потребителя. На фигура 4 е представено взаимодействие между между ePDG, свързан към EPC и 5G система.



Фиг. 4 Взаимодействие между ePDG свързан към EPC и 5G система
(Източник [13])

Взаимодействието между ePDG, свързан към EPC и 5G система е от съществено значение за разрешаване на не-3GPP достъп до основната 5G мрежа. Шлюзът ePDG действа като портал между не-3GPP мрежи за достъп и EPC, докато AMF и UPF в 5GS служат като интерфейс между 5G основната мрежа и не-3GPP мрежата за достъп.

Използването на интерфейса S2b позволява прехвърлянето на потребителски и контролен трафик между ePDG и 5GS, осигурявайки безпроблемно предаване и непрекъсната свързаност за потребителя. Това взаимодействие между двете мрежи е необходимо за обезпечаване на повсеместна и надеждна 5G свързаност на потребителите, независимо от тяхната технология за достъп.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В областта на еволюцията на телекомуникациите, взаимодействието между 4G-EPC и нововъзникващата 5G мрежа за радио достъп - RAN е стратегически съюз, осигуряващ методично и ефективно развитие. Това сътрудничество не е прекъсване на установеното, а безпроблемна интеграция, проектирана да поддържа приемственост и да подобрява способностите на мобилната мрежа. Оперативната съвместимост между 4G-EPC и 5G RAN е фундаментална за операторите, управляващи прехода. Възползвайки се от надеждността и познаваемостта на 4G-EPC ядрото, 5G RAN въвежда трансформативна архитектура, без да прави компромис със съществуващите услуги. Тази симбиотична връзка осигурява постепенна миграция, като дава възможност за въвеждането на усъвършенствани 5G функции, като същевременно осигурява поддръжка за наследени устройства и услуги. Тъй като 5G RAN заема централно място със своята ориентирана към бъдещето архитектура, тя разчита на здравата основа, осигурена от 4G-EPC. Преходът е белязан от сложно взаимодействие на технологии, което гарантира, че предимствата на 5G иновациите безпроблемно допълват съществуващата инфраструктура.

В заключение взаимодействието между 4G-EPC и 5G RAN не е отклонение от техническите сложности, това е изчислена оркестрация, подравняваща еволюционните траектории на два ключови компонента. Заедно те определят пътя към бъдещето, в което свързаността е едновременно динамична и непрекъсната, демонстрирайки техническата мощ, необходима за навигиране в непрекъснатата развиващата се област на безжичните комуникации.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] PENTTINEN, Jyrki TJ. *5G Second Phase Explained: The 3GPP Release 16 Enhancements*. John Wiley & Sons, 2021. ISBN 978-111-964-555-9.
- [2] LEI, Wan, Anthony C.K. SOONG, Liu JIANGHUA, Wu YONG, Brian CLASSON, Weimin XIAO, David MAZZARESE, Zhao YANG, Tony SABOORIAN. *5G System Design: An End to End Perspective*. Springer Cham, 2020. ISBN 978-3-030-22236-9.
- [3] ROMMER, Stefan, Peter HEDMAN, Magnus OLSSON, Lars FRID. *5G Core Networks: Powering Digitalization*. Academic Press, 2019. ISBN 978-0081030097.
- [4] MARSCH, Patrick, Ömer BULAKCI, Olav QUESETH, Mauro BOLDI. *5G System Design: Architectural and Functional Considerations and Long Term Research*. Wiley, 2018. ISBN 978-1119425120.
- [5] АЛЕКСАНДРОВ, Ангел и Тереза СТЕФАНОВА. Предизвикателства и проблеми пред 5G. *Сборник доклади от годишната университетска научна конференция на НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, 27-28 май 2021*. В. Търново: ИК на НВУ „Васил Левски“, 2021, с. 2445-2454. ISSN1314-1937. [ALEKSANDROV, Angel i Tereza STEFANOVA. Predizvikatelstva i problemi pred 5G. *Sbornik dokladi ot Godishna universitetska nauchna konferentsiya na NVU „Vasil Levski“, Veliko Tarnovo, 27-28 may 2021*. V. Tarnovo: IK na NVU „Vasil Levski“, 2021, s. 2445-2454. ISSN1314-1937.]
- [6] СИМЕОНОВА, Цветелина. *Развитие на перспективните технологии в „интернет на свързаните неща“ IoT (Internet of Things)*. София: Асеневи, 2021. ISBN 978-619-7586-25-1. [SIMEONOVA,

- Tsvetelina. *Razvitie na perspektivnite tehnologii v „internet na svarzanite neshta“ IoT (Internet of Things)*. Sofia: Asenevtsi, 2021. ISBN 978-619-7586-25-1.]
- [7] СИМЕОНОВА, Цветелина. Анализ на типове комуникационни услуги при 6G. *Годишник Телекомуникации* [онлайн]. 2021, Т. 8, с. 35-46 [прегледан 22.05.2024]. eISSN 2534-854X. Достъпен на: <https://ojs.nbu.bg/index.php/YT/article/view/597> [SIMEONOVA, Tsvetelina. Analiz na tipove komunikatsionni uslugi pri 6G. *Godishnik Telekomunikatsii* [onlayn]. 2021, T. 8, s. 35-46 [pregledan 22.05.2024]. eISSN 2534-854X. Dostapen na: <https://ojs.nbu.bg/index.php/YT/article/view/597>]
- [8] ANGELOV, K., S. SADINOV, and P. KOGIAS. Modelling and Study of the Downlink Physical Layer in 5G NR Mobile Network. In: *2022 International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems, 24-26 Nov. 2022 (CIEES): Proceedings*. Veliko Tarnovo, 2022, pp. 1-4. ISBN 978-1-6654-9149-5.
- [9] SADINOV, S., P. KOGIAS, K. ANGELOV, M. MALAMATOUDIS, and A. ALEKSANDROV. The Impact of Channel Correlation on the System Performance and Quality of Service in 5G Networks. In: *2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, (EE & AE): Proceedings*. Ruse, 2020, pp. 1-4. ISBN 978-1-7281-0362-4.
- [10] BILIDEROV, Stefan and Martin KAMBUSHEV. Development and study of a mathematical model used in the automatic control systems of small-size uavs. *Scientific Proceedings XXIV International Scientific-Technical Conference „Trans & Motauto '16“*. 2016, vol. XXIV(1), pp. 39-42. ISSN 1310-3946.
- [11] PETROV, Georgi, Anushka STANCHEVA, Vasil KADREV. Specialized databases for spectrum management research, analysis and forecasting of the effects of working electromagnetic fields. *Yearbook Telecommunications* [online]. 2014, vol. 1, pp. 87-96 [viewed 22.05.2024]. ISSN 2534-854X. Available from: <https://ojs.nbu.bg/index.php/YT/article/view/189>
- [12] ETSI TS 138.331, V17.0.0: NR. Radio Resource Control (RRC). Protocol Specification [online]. 2022 [viewed 22.05.2024]. Available from: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138331/17.00.00_60/ts_138331v170000p.pdf
- [13] ETSI TS 123.501, V17.5.0: 5G. System architecture for the 5G System (5GS) [online]. 2022 [viewed 22.05.2024]. Available from: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/17.05.00_60/ts_123501v170500p.pdf

Информация за авторите:

доц. д-р Росен Пасарелски, НБУ департамент „Телекомуникации“, gpasarelski@nbu.bg

доц. д-р Красен Ангелов, Технически университет - Габрово, Катедра "Комуникационна техника и технологии", kkangelov@mail.bg

Contacts:

Assoc. Prof. Rosen Pasarelski, PhD, New Bulgarian University, Department Telecommunications, gpasarelski@nbu.bg

Assoc. Prof. Krasen Angelov, PhD, Technical University - Gabrovo, Department "Communication Techniques and Technologies", kkangelov@mail.bg

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 26.05.2023

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 30.09.2023