

Puterea transformativă a tehnologiei 5G - Evoluție și conectivitate

Nicolae Sfetcu

Sfetcu, Nicolae (2023), Puterea transformativă a tehnologiei 5G - Evoluție și conectivitate, *IT & C*, 2:4, 25-34, DOI: 10.58679/it62302, <https://www.internetmobile.ro/puterea-transformativa-a-tehnologiei-5g-evolutie-si-conectivitate/>

Publicat online: 08.09.2023

Puterea transformativă a tehnologiei 5G - Evoluție și conectivitate

Nicolae Sfetcu¹
nicolae@sfetcu.com

The transformative power of 5G technology - Evolution and connectivity

Abstract

The advent of 5G technologies ushered in a new era of connectivity, promising faster speeds, lower latency and unprecedented possibilities for various industries and everyday life. As the fifth generation of wireless technology, 5G represents a significant leap forward from its predecessors, 4G and 3G. The evolution of technology has been marked by transformative leaps, and 5G technology is a testament to this continuous progress. 5G promises to revolutionize the way we connect, communicate and do business. This essay examines the complexities of 5G technology, key features, benefits, challenges and implications of 5G technologies, exploring its potential impact on various sectors and addressing some of the challenges and concerns associated with its implementation.

Keywords: 5G, telecommunications, 5G communications, Wi-Fi, benefit, impact

Rezumat

Apariția tehnologiilor 5G a inaugurat o nouă eră a conectivității, promițând viteze mai rapide, latență mai mică și posibilități fără precedent pentru diverse industrii și viața de zi cu zi. Fiind a cincea generație de tehnologie wireless, 5G reprezintă un salt înainte semnificativ față de predecesorii săi, 4G și 3G. Evoluția tehnologiei a fost marcată de salturi transformatoare, iar tehnologia 5G este o dovadă a acestui progres continuu. 5G promite să revoluționeze modul în care ne conectăm, comunicăm și desfășurăm afaceri. Acest eseu analizează complexitățile tehnologiei 5G, caracteristicile cheie, beneficiile, provocările și implicațiile tehnologiilor 5G,

¹ Cercetător - Academia Română - Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii (CRIFST), Divizia de Istoria Științei (DIS)

explorând impactul său potențial asupra diferitelor sectoare și abordând unele dintre provocările și preocupările asociate cu implementarea acesteia.

Cuvinte cheie: 5G, telecomunicații, comunicații 5G, Wi-Fi, beneficia, impact, tehnologia 5G

IT & C, Volumul 2, Numărul 4, Decembrie 2023, pp. 25-34

ISSN 2821 - 8469, ISSN – L 2821 – 8469, DOI: [10.58679/it62302](https://doi.org/10.58679/it62302)

URL: <https://www.internetmobile.ro/puterea-transformativa-a-tehnologiei-5g-evolutie-si-conectivitate/>

© 2023 Nicolae Sfetcu. Responsabilitatea conținutului, interpretărilor și opiniilor exprimate revine exclusiv autorilor.



Acesta este un articol cu Acces Deschis (Open Access) distribuit în conformitate cu termenii licenței de atribuire Creative Commons CC BY SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introducere

Apariția tehnologiilor 5G a inaugurat o nouă eră a conectivității, promițând viteze mai rapide, latență mai mică și posibilități fără precedent pentru diverse industrii și viața de zi cu zi. Fiind a cincea generație de tehnologie wireless, 5G reprezintă un salt înainte semnificativ față de predecesorii săi, 4G și 3G.

Evoluția tehnologiei a fost marcată de salturi transformatoare, iar tehnologia 5G este o dovadă a acestui progres continuu. 5G promite să revoluționeze modul în care ne conectăm, comunicăm și desfășurăm afaceri. Acest eseu analizează complexitățile tehnologiei 5G, caracteristicile cheie, beneficiile, provocările și implicațiile tehnologiilor 5G, explorând impactul său potențial asupra diferitelor sectoare și abordând unele dintre provocările și preocupările asociate cu implementarea acesteia.

Caracteristici cheie ale tehnologiilor 5G

5G este mai mult decât o îmbunătățire progresivă față de predecesorul său, 4G. Reprezintă o schimbare fundamentală în comunicarea fără fir, caracterizată prin mai multe caracteristici cheie. 5G este conceput pentru a crește viteza, a reduce latența și a îmbunătăți flexibilitatea serviciilor

wireless. Rețelele 5G utilizează o varietate de tehnologii noi pentru a realiza aceste îmbunătățiri, inclusiv:

Rate ridicate de date: Una dintre cele mai proeminente caracteristici ale 5G este capacitatea sa de a furniza rate de date semnificativ mai mari în comparație cu generațiile anterioare. Oferă viteze de mai mulți gigabiți pe secundă, permițând streaming fără întreruperi, conferințe video și descărcări ultra-rapide. Tehnologia 5G poate oferi rate de date de vârf de până la 20 Gbps, ceea ce este de 20 de ori mai rapid decât tehnologia 4G, oferind viteze de până la 100 de ori mai mari decât 4G LTE. Aceasta înseamnă că utilizatorii se pot bucura de streaming video fără întreruperi, realitate virtuală, realitate augmentată și experiențe de jocuri în cloud pe dispozitivele lor mobile.

5G utilizează o gamă mai largă de frecvențe radio decât generațiile anterioare de rețele celulare. [1] Acest lucru permite transmiterea mai multor date pe aceeași cantitate de spațiu, ceea ce duce, la rândul său, la viteze mai mari. Interfața aeriană definită de 3GPP pentru 5G este cunoscută sub numele de New Radio (NR), iar specificația este subdivizată în două benzi de frecvență, FR1 (sub 6 GHz) și FR2 (24–54 GHz). Lățimea de bandă maximă a canalului definită pentru FR1 este de 100 MHz, din cauza deficitului de spectru continuu în acest interval de frecvențe aglomerat. Banda cea mai utilizată pentru 5G în acest interval este 3,3–4,2 GHz. Operatorii coreeni folosesc banda n78 la 3,5 GHz. Lățimea de bandă minimă a canalului definită pentru FR2 este de 50 MHz, iar cea maximă este de 400 MHz, cu agregarea pe două canale acceptată în 3GPP Versiunea 15. Cu cât frecvența este mai mare, cu atât este mai mare capacitatea de a accepta viteze mari de transfer de date.

5G în intervalul de 24 GHz sau mai sus utilizează frecvențe mai mari decât 4G și, prin urmare, unele semnale 5G nu sunt capabile să parcurgă distanțe mari (peste câteva sute de metri), spre deosebire de semnalele 4G sau cu frecvență mai mică (sub 6 GHz). Acest lucru necesită plasarea stațiilor de bază 5G la fiecare câteva sute de metri pentru a utiliza benzi de frecvență mai înalte. De asemenea, aceste semnale 5G cu frecvență mai mare nu pot pătrunde cu ușurință în obiectele solide, cum ar fi mașinile, copacii și pereții, din cauza naturii acestor unde electromagnetice de frecvență mai înaltă. Celulele 5G pot fi proiectate în mod deliberat pentru a fi cât mai discrete posibil, ceea ce găsește aplicații în locuri precum restaurante și centre comerciale.[2]

PUTEREA TRANSFORMATIVĂ A TEHNOLOGIEI 5G - EVOLUȚIE ȘI CONECTIVITATE

Tipuri de celule	Mediu de implementare	Numărul max. de utilizatori	Putere de ieșire (mW)	Distanța max. față de stația de bază	
				în	
5G NR FR2	Femtocelule	Case, afaceri	Acasă: 4–8 interior: 10–100 Afaceri: 16–32 în aer liber: 200–1,000	zeci de metri	
	Picocelule	Zone publice cum ar fi centre comerciale, aeroporturi, gări, zgârie-nori	64 până la interior: 100–250 în aer liber: 1,000–5,000	zeci de metri	
	Microcelule	Zonele urbane pentru a umple golurile de acoperire	128 până la liber: 5,000–10,000	în aer câteva sute de metri	
	Metrocelule	Zonele urbane pentru a oferi capacitate suplimentară	mai mult liber: 10,000–20,000	în aer sute de metri	
Wi-Fi (pentru comparație)	Case, afaceri	mai puțin de 50	interior: 20–100 în aer liber: 200–1,000	câțiva zeci de metri	

Latență scăzută: 5G minimizează latența la un nivel fără precedent, cu timpi de răspuns de până la o milisecundă. Tehnologia 5G poate reduce latența de la un capăt la altul la mai puțin de 1 milisecundă, care este de 10 ori mai mică decât tehnologia 4G. Această latență scăzută este crucială pentru aplicații precum vehiculele autonome, chirurgia la distanță și realitatea augmentată, unde comunicarea în timp real este esențială. Edge computing este furnizat de servere de calcul mai aproape de utilizatorul final. Reduce latența și congestionarea traficului de date.[3][4]

Conectivitate masivă: 5G poate găzdui un număr mare de dispozitive simultan, datorită arhitecturii sale avansate de rețea. Tehnologia 5G poate suporta până la 1 milion de dispozitive pe kilometru pătrat, ceea ce este de 100 de ori mai mult decât tehnologia 4G. Aceasta înseamnă că utilizatorii se pot conecta și controla un număr mare de dispozitive, cum ar fi contoare inteligente, senzori, camere și drone în Internetul lucrurilor, permițând conectarea a nenumărați senzori, dispozitive și mașini.

Sistemele MIMO folosesc mai multe antene la capetele emițătorului și receptorului unui sistem de comunicații fără fir. Antenele multiple folosesc dimensiunea spațială pentru multiplexare în plus față de cele de timp și frecvență, fără a modifica cerințele de lățime de bandă ale sistemului. Antenele masive MIMO (cu intrări multiple și ieșiri multiple) măresc debitul sectorului și densitatea capacității utilizând un număr mare de antene. Aceasta include MIMO pentru un singur utilizator și MIMO pentru mai mulți utilizatori (MU-MIMO). Fiecare antenă este controlată individual și poate încorpora componente ale transceiver-ului radio. Nokia a susținut o creștere de cinci ori a creșterii capacității pentru un sistem de antenă 64-Tx/64-Rx.

Filtrarea spațială (Beamforming): Există două tipuri de filtrare spațială (beamforming): digital și analogic. Beamforming digital implică trimiterea datelor prin mai multe fluxuri (straturi), în timp ce beamforming analogic modelează undele radio pentru a îndrepta într-o direcție specifică. Tehnica analogică BF combină puterea elementelor matricei de antene în așa fel încât semnalele din anumite unghiuri suferă interferențe constructive, în timp ce alte semnale care indică alte unghiuri suferă interferențe distructive. Acest lucru îmbunătățește calitatea semnalului în direcția specifică, precum și vitezele de transfer de date. 5G utilizează atât formarea fasciculului digital, cât și analogic pentru a îmbunătăți capacitatea sistemului.

Network slicing: 5G introduce conceptul de network slicing, permițând operatorilor de rețea să creeze rețele virtuale adaptate aplicațiilor sau industriilor specifice. Acest lucru asigură performanță și securitate optime pentru diverse cazuri de utilizare, de la orașe inteligente la automatizare industrială.

Celule mai mici: Rețelele 5G folosesc celule mai mici decât generațiile anterioare. Aceasta înseamnă că există mai multe celule într-o anumită zonă, ceea ce poate ajuta la îmbunătățirea acoperirii și la reducerea congestiei. Celulele mici sunt noduri de acces radio celular cu putere redusă care funcționează în spectru licențiat și fără licență, care au o rază de acțiune de la 10 metri

până la câțiva kilometri. Celulele mici sunt esențiale pentru rețelele 5G, deoarece undele radio ale 5G nu pot călători pe distanțe lungi, din cauza frecvențelor mai mari ale 5G.

Securitate: Odată cu proliferarea dispozitivelor conectate, securitatea devine primordială. Tehnologiile 5G încorporează măsuri de securitate robuste, inclusiv protocoale de criptare și autentificare, pentru a proteja datele și rețelele de amenințările cibernetice.

Convergența funcțiilor: Un beneficiu așteptat al tranziției la 5G este convergența mai multor funcții de rețea pentru a obține reduceri de cost, putere și complexitate. LTE a vizat convergența cu banda/tehnologia Wi-Fi prin diferite eforturi, cum ar fi accesul asistat de licență (LAA; semnal 5G în benzi de frecvență fără licență care sunt utilizate și de Wi-Fi) și agregarea LTE-WLAN (LWA; convergența cu Wi-Fi). Fi Radio), dar capacitățile diferite ale celulelor și Wi-Fi au limitat domeniul de convergență. Cu toate acestea, îmbunătățirea semnificativă a specificațiilor de performanță celulară în 5G, combinată cu migrarea de la Rețeaua de acces radio distribuită (D-RAN) la RAN în cloud sau centralizat (C-RAN) și lansarea celulelor mici poate reduce decalajul dintre Wi-Fi și rețele celulare în implementări dense și în interior. Convergența radio ar putea duce la partajare, de la agregarea canalelor celulare și Wi-Fi până la utilizarea unui singur dispozitiv de siliciu pentru mai multe tehnologii de acces radio.

NOMA (non-orthogonal multiple access) este o tehnică de acces multiplu propusă pentru viitoarele sisteme celulare prin alocare de putere.

SDN/NFV: Inițial, tehnologiile de comunicații mobile celulare au fost concepute în contextul furnizării de servicii de voce și acces la Internet. Astăzi, o nouă eră a instrumentelor și tehnologiilor inovatoare este înclinată spre dezvoltarea unui nou grup de aplicații. Acest grup de aplicații constă din diferite domenii, cum ar fi Internetul lucrurilor (IoT), rețeaua de vehicule autonome conectate, roboți controlați de la distanță și senzori eterogene conectați pentru a servi aplicații versatile.[5] În acest context, segmentarea rețelei a apărut ca o tehnologie cheie pentru a îmbrățișa eficient acest nou model de piață.[6]

Tehnicile de **codarea canalelor** pentru 5G NR s-au schimbat de la coduri Turbo în 4G la coduri polare pentru canalele de control și LDPC (coduri de verificare a parității cu densitate scăzută) pentru canalele de date.[7][8]

În decembrie 2018, 3GPP a început să lucreze la specificații de **spectru fără licență** cunoscute sub numele de 5G NR-U, vizând versiunea 16 a 3GPP.[9] Qualcomm a făcut o propunere similară pentru LTE în spectru fără licență.

5G-Advanced este un nume pentru versiunea 18 a 3GPP, care din 2021 este în curs de dezvoltare conceptuală.[10][11][12]

Beneficiile tehnologiilor 5G

Experiență îmbunătățită a utilizatorului: Vitezele mai mari și latența mai mică ale 5G îmbunătățesc experiența utilizatorului în diverse aplicații, de la jocuri și streaming multimedia până la realitate augmentată și realitate virtuală.

Transformarea industriilor: 5G este gata să revoluționeze industrii precum sănătatea, producția, transporturile și agricultura. Permite intervenția chirurgicală la distanță, managementul eficient al lanțului de aprovizionare, vehicule autonome și practici agricole inteligente, printre altele.

Eficiență energetică: Rețelele 5G sunt mai eficiente din punct de vedere energetic decât predecesorii lor, ceea ce este esențial pentru reducerea amprente de carbon a industriei telecomunicațiilor și susținerea dezvoltării durabile.

Orașe inteligente: Tehnologiile 5G joacă un rol esențial în dezvoltarea orașelor inteligente, cu aplicații precum managementul inteligent al traficului, iluminatul eficient din punct de vedere energetic și monitorizarea în timp real a infrastructurii.

Conectivitate globală: 5G are potențialul de a aduce acces la internet în zonele deservite și îndepărtate, reducând decalajul digital și încurajând conectivitatea globală.

Impact potențial asupra diferitelor sectoare

Asistență medicală: Tehnologia 5G ar putea revoluționa furnizarea de asistență medicală, permițând operații la distanță, consultații de telemedicină cu latență scăzută și monitorizare în timp real a pacientului. Lățimea de bandă mare a 5G și latența scăzută fac posibil ca chirurgii să opereze pacienții de la distanță. Acest lucru ar putea revoluționa asistența medicală, făcând posibilă furnizarea de îngrijiri de înaltă calitate persoanelor din zonele rurale sau din țările în curs de dezvoltare.

Transport: Latența scăzută și fiabilitatea 5G sunt cruciale pentru vehiculele autonome. Aceste rețele pot oferi comunicare instantanee între vehicule și infrastructură, sporind siguranța rutieră și permițând gestionarea eficientă a traficului. Latența scăzută a 5G este esențială pentru ca

mașinile cu conducere autonomă să comunice între ele și cu infrastructura de trafic. Acest lucru va face mașinile cu conducere autonomă mai sigure și mai eficiente.

Producție: În sectorul de producție, 5G poate facilita implementarea fabricilor inteligente. Permite monitorizarea în timp real a utilajelor și proceselor, ceea ce duce la creșterea eficienței și la reducerea timpului de nefuncționare.

Educație: Cu 5G, studenții pot accesa conținut educațional de înaltă calitate online, pot participa la săli de clasă virtuale captivante și pot colabora la proiecte fără probleme, reducând golurile educaționale.

Divertisment: Conectivitatea de mare viteză a 5G îmbunătățește experiența de joc, permite streaming 4K și 8K și facilitează adoptarea realității virtuale și augmentate în scopuri de divertisment. În jocurile mobile, datorită vitezelor rapide ale 5G și latenței scăzute, jucătorii se pot bucura de un joc fluid, fără întârzieri, chiar și atunci când sunt conectați la o rețea aglomerată.

Realitate virtuală și realitate augmentată: Lățimea de bandă mare și latența scăzută a 5G fac posibilă transmiterea în flux a conținutului VR și AR fără nicio tamponare sau întârziere. Acest lucru deschide noi posibilități pentru jocuri, educație și divertisment.

5G este un progres tehnologic major care are potențialul de a schimba lumea. Este încă în stadiile incipiente de dezvoltare, dar este deja utilizat într-o varietate de aplicații. Pe măsură ce rețelele 5G continuă să fie lansate, ne putem aștepta să vedem utilizări și mai inovatoare și inovatoare pentru această tehnologie.

Provocări și preocupări

Deși tehnologia 5G este foarte promițătoare, se confruntă și cu mai multe provocări și preocupări:

Investiții în infrastructură: Implementarea rețelelor 5G necesită investiții substanțiale în infrastructură, inclusiv instalarea de mici turnuri de celule și cabluri de fibră optică pentru a susține benzile de înaltă frecvență utilizate de 5G. Acest lucru poate fi costisitor și consumator de timp.

Alocarea spectrului: Alocarea și gestionarea spectrului necesar pentru 5G poate fi o provocare, deoarece necesită coordonare între guverne, organismele de reglementare și companiile de telecomunicații.

Securitate și confidențialitate: Odată cu creșterea conexiunii și a transferului de date în rețelele 5G, există îngrijorări cu privire la potențialele încălcări ale securității și confidențialității. Măsurile de securitate robuste sunt cruciale pentru a atenua aceste riscuri.

Preocupări legate de sănătate: Unele persoane își exprimă îngrijorarea cu privire la potențialele efecte asupra sănătății la expunerile la undele electromagnetice de frecvență mai înaltă utilizate în 5G. Cu toate acestea, consensul științific sugerează în prezent că radiația 5G este în limite de siguranță.

Decalajul digital: Deși 5G are potențialul de a conecta zone îndepărtate, există îngrijorări că ar putea exacerba decalajul digital dacă nu este implementat în mod echitabil.

Concluzie

Tehnologiile 5G reprezintă un salt transformator în conectivitate, oferind viteze mai mari, latență mai mică și capabilități îmbunătățite care vor stimula inovația în toate industriile. Deși există provocări de abordat, cum ar fi disponibilitatea spectrului, securitatea rețelei, protecția vieții private și impactul asupra mediului, beneficiile 5G, de la experiențe îmbunătățite ale utilizatorilor până la progresul orașelor și industriilor inteligente, sunt pe cale să remodeleze lumea noastră. Pe măsură ce 5G continuă să evolueze și să-și extindă acoperirea, promite să deblocheze noi posibilități și să modeleze modul în care trăim, lucrăm și comunicăm în era digitală. Dar este important să dezvoltăm și să implementăm tehnologia 5G într-o manieră responsabilă și durabilă, care să echilibreze nevoile și interesele tuturor părților interesate.

Bibliografie

- [1] Sfetcu, Nicolae (2022). *Rețele de comunicații 5G*, MultiMedia Publishing, ISBN: 978-606-033-636-5, <https://www.telework.ro/ro/e-books/retele-de-comunicatii-5g/>
- [2] "5G speed vs 5G range-What is the value of 5G speed,5G range". rfwireless-world.com. [Archived](#)
- [3] "IT Needs to Start Thinking About 5G and Edge Cloud Computing". February 7, 2018. [Archived](#)
- [4] "Mobile Edge Computing – An Important Ingredient of 5G Networks". IEEE Softwarization. March 2016. [Archived](#)
- [5] "WS-21: SDN5GSC – Software Defined Networking for 5G Architecture in Smart Communities". IEEE Global Communications Conference. May 17, 2018. [Archived](#)
- [6] Ordonez-Lucena, J.; Ameigeiras, P.; Lopez, D.; Ramos-Munoz, J. J.; Lorca, J.; Folgueira, J. (2017). "Network Slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, Architectures, and Challenges". IEEE Communications Magazine. 55 (5): 80–87. [arXiv:1703.04676](https://arxiv.org/abs/1703.04676).

Bibcode:[2017arXiv170304676O](#). doi:[10.1109/MCOM.2017.1600935](#). hdl:[10481/45368](#).
ISSN [0163-6804](#). S2CID [206456434](#).

- [7] ["5G Channel Coding"](#) (PDF). Archived from [the original](#) (PDF) on December 6, 2018.
- [8] Maunder, Robert (September 2016). ["A Vision for 5G Channel Coding"](#) (PDF). Archived from [the original](#) (PDF)
- [9] ["5G NR 3GPP | 5G NR Qualcomm"](#). Qualcomm. December 12, 2018. [Archived](#)
- [10] ["Release 18"](#). [www.3gpp.org](#).
- [11] ["5G-Advanced's system architecture begins taking shape at 3GPP"](#). Nokia.
- [12] ["Four ways 5G-Advanced will transform our industry"](#). Nokia.