

Priložnosti omrežij 5G

Gregor Burger, Digitalno inovacijsko stičišče Slovenije

Povzetek — V objavi predstavljamo mobilna omrežja pete generacije 5G z vidika novih storitev in priložnosti, ki jih prinašajo za uporabnike. V uvodu je predstavljen razvoj generacij mobilnih omrežij in prednosti uporabe 5G omrežij. Nadaljujemo s predstavitvijo tehnoloških novosti, čemur sledijo predstavljeni primeri novih storitev za uporabnike. Na koncu predstavljamo še orise omrežij 6G, ki naj bi v prihodnosti nadomestila omrežja 5G.

Ključne besede — mobilno omrežje, 5G, 6G, storitve, uporabnik

Abstract — This publication presents the fifth-generation of mobile networks, often named 5G, in terms of the new services and opportunities they bring to users. Publication starts with an introduction to the evolution of mobile network generations and the benefits of using 5G networks. It goes on to present technological innovations, followed by examples of new services of 5G networks for users. Finally, we present the outlines of 6G networks, which are expected to replace 5G networks in the future.

Keywords — Mobile network, 5G, 6G, services, Users

1. UVOD

V letu 2021 smo v Sloveniji obeležili 30-letnico vzpostavitve prve generacije mobilne telefonije NMT (Nordic Mobile Telephony). Telefonija NMT je bila zasnovana na analogni tehnologiji in je omogočala le izvedbo govornih klicev. Sledeče generacije mobilne telefonije: 2G/GSM (Global System for Mobile Communications), 3G/UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), 4G/LTE (Long-Term Evolution) in 5G pa so oz. omogočajo digitalno mobilno komunikacijo in tudi širši nabor storitev [1]. Kot eno najbolj pomembnih storitev digitalnih mobilnih komunikacij izpostavimo prenos podatkov.

Omrežja 5G predstavljajo peto, trenutno tehnološko najbolj napredno, generacijo mobilnih omrežij, ki se pospešeno uveljavlja tudi v Sloveniji. Kot prednosti pete generacije mobilnih omrežij izpostavljamo [2], [3]:

- visoke hitrosti prenosa podatkov v omrežju,
- visoko kapaciteto omrežja,
- nizko zakasnitev paketnega prometa v omrežju,
- zanesljivo delovanje in podpora za delovanje kritičnih aplikacij (komunikacija V2V, zdravstvo, nadzor itd.).

Na omrežja 5G lahko gledamo z dveh strani, po eni strani so evolucija omrežij 4G, po drugi pa so revolucionarna nadgradnja obstoječih mobilnih omrežij. Pogled je odvisen od izvedbe nadgradnje omrežij 4G in uporabe novih pasovnih področij. Prve implementacije omrežij 5G so bile primarno evolucije obstoječih omrežij, zaradi tehnoloških in finančnih omejitev. Potrebe po vedno večji kapaciteti omrežja, hitrejšem prenosu podatkov in tehnološkem razvoju prevešajo tehtnico na stran revolucionarnih nadgradenj.

Največja uporaba omrežij pete generacije se kaže na področjih paketnega prometa in govora, poslovnih rešitev ter IoT (internet stvari, angl. Internet of Things - IoT) povezljivosti. Predvidena je masovna uporaba 5G omrežij na področju samovozečih vozil, pametnih mest, pametnih tovarn in proizvodnje, zdravstva itd. Prednosti takšnih omrežij pa bomo zaznali tudi splošni uporabniki mobilnega omrežja v obliki hitrejših prenosov podatkov z nizko zakasnitvijo, npr. za mobilne igre, pretočne multimedijske vsebine, večjo kakovost storitev in zanesljivost delovanja mobilnega omrežja.

2. TEHNOLOŠKE NOVOSTI 5G

Manjše celice mobilnega omrežja pomenijo pogostejšo ponovitev uporabljene frekvence za prenos prometa omrežja. V omrežje vgrajena tehnika oblikovanja antenskega snopa in sledenja omogoča hitro usmerjanje antenskega snopa proti uporabnikom. Uporabljeni ozki antenski snopi omogočajo nižjo porabo energije kot pretekle implementacije anten mobilnih omrežij. Poblizje si oglejmo nekatere najbolj pomembne tehnološke novosti, ki jih zasledimo v strokovni literaturi [4], [5], [6], [7], [8].

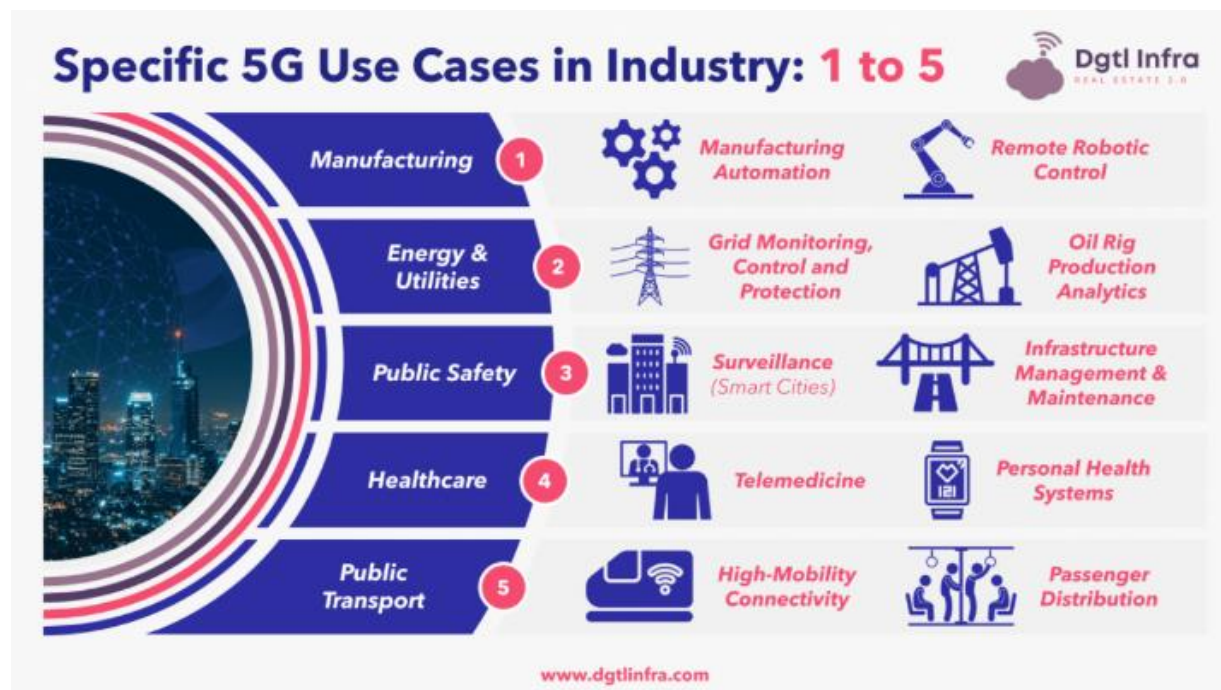
Masovni MIMO (multiple-input and multiple-output) je v radijski komunikaciji metoda za pomnoževanje zmogljivosti radijske povezave z uporabo več oddajnih in sprejemnih anten za izkoriščanje večsmernega širjenja.

Napredno kanalsko kodiranje je za nekajkrat bolj učinkovito kot kanalsko kodiranje v preteklih generacijah mobilnih omrežij. Peta generacija mobilnih omrežij uporablja MELDPC (MultiEdge Low Density Parity Check)

materialov, v napravah za varnostno skeniranje, v medicini itd.

3. NOVE STORITVE ZA UPORABNIKE (poslovne uporabnike)

Del zgodbe o uspehu Industrije 4.0 bodo sodobne, zanesljive in visokozmogljive komunikacijske tehnologije, kamor prištevamo omrežja 5G. V nadaljevanju izpostavljam



Slika 1: DgFT Infra primeri uporabe 5G omrežij v industriji 1-5 [9]

kanalsko kodiranje, ki je prirejeno za storitve širokopasovnega prenosa podatkov.

Novi **radijski vmesnik 5G NR** omogoča skalabilnost radijskega vmesnika za optimalno delovanje (uporaba energije, dodeljevanje radijskih virov) mobilnih omrežij. V odvisnosti od uporabljenega frekvenčnega spektra za komunikacijo je odvisna razpoložljiva uporabna pasovna širina za komunikacijo.

Uporabljen **razširjen frekvenčni spekter** v omrežjih 5G delimo na dva dela. Prvi del predstavljajo spektri do 6 GHz, torej med 410 in 7125 MHz. Navedeni del frekvenčnega spektra je v uporabi že sedaj v omrežjih LTE. Drugi del uporabljenega frekvenčnega spektra pa se nahaja med 24 in 60 GHz, ki ga trenutno uporabljamo v radarjih za merjenje hitrosti, napravah za natančno merjenje debeline

primere uporabe na različnih področjih v industriji, za katera je pričakovano, da bodo imela nanje omrežja 5G velik vpliv [9], [10], [11], [12].

Proizvodna industrija naj bi največje doprinose zaznala pri avtomatizaciji proizvodnih procesov in upravljanju z roboti ter napravami na daljavo. Avtomatizacija proizvodnih procesov prinaša povečano produktivnost, povišanje kakovosti in boljše upravljanje z viri. Tak primer so recimo roboti v skladiščih.

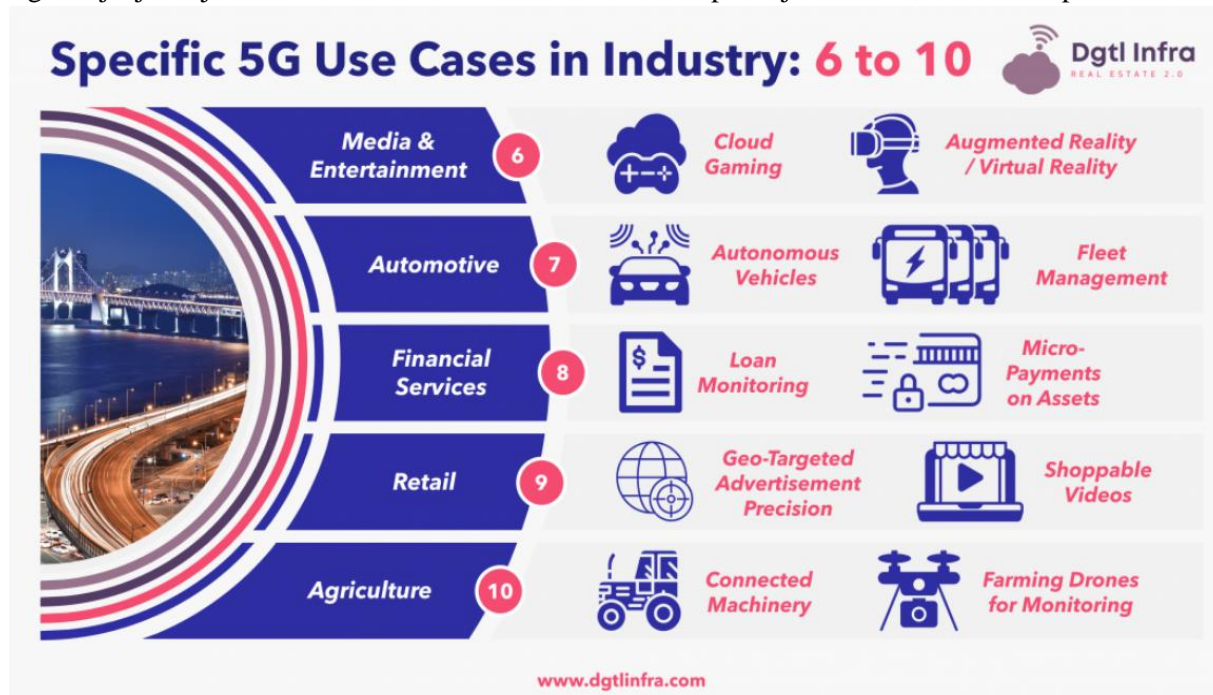
Pametni prostori bodo s podatki iz IoT senzorjev in podatki iz drugih podatkovnih virov omogočali učinkovito upravljanje in vodenje v realnem času. S tem se bo povečalo uporabniška izkušnja iz zadovoljstvo

uporabnikov. Prostori z največjim potencialom za izkoriščenje priložnosti potenciala pametnih prostorov so letališča, postaje, štabioni, kulturne in znanstvene inštitucije itd.

Energetika bo izkoriščala pridobivanje in upravljanje s podatki o porabi energentov v realnem času. Pridobljeni podatki bodo izboljšali upravljanje omrežij, njihovo optimizacijo, načrtovanje proizvodnje in zagotavljanje boljših storitev.

pridobljenih podatkov bo omogočala povečanje kakovosti storitev in njihov razvoj.

Prodaja na drobno je še eno področje, na katerem bodo podatki, pridobljeni v realnem času, koristili uporabnikom. Z različnimi geolokacijskimi storitvami bo mogoče kupcem ponuditi njim prilagojene ponudbe, akcije in popuste, izboljšati uporabniško izkušnjo prevzema kupljenih izdelkov, razširilo se bo nakupovanje izdelkov, videnih na posnetkih na



Slika 2: DgFT Infra primeri uporabe 5G omrežij v industriji 6-10 [9]

Zdravstvena oskrba bo doživela razmah pri omogočanju številnejših storitev zdravstvene oskrbe z visoko stopnjo kakovosti, pri čemer oskrba ne bo namenjena le zdravljenju kroničnih bolezni, ampak tudi preventivnemu spremljanju zdravstvenih parametrov osebe. Mogoče bodo boljše izvedbe video posvetov (npr. TeleKap), neprekinjeno beleženje parametrov zdravja (npr. srčni utrip in krvni tlak), rehabilitacija po poškodbah in boleznih.

Transport bo z uporabo telematike omogočal večjo učinkovitost upravljanja s flotami vozil, predvsem z načrtovanjem poti vozil in njihovim vzdrževanjem. Po drugi strani bodo koristili tudi uporabniki različnih načinov transportnih sredstev. Tako bo vlak že ob prihodu na postajo obveščal uporabnike, kateri vagoni in sedeži so še nezasedeni. Analitika

spletu in družabnih omrežij (angl. Shoppable videos).

Infrastruktura bo zagotovo izkoristila nove možnosti spremljanja delovanja, zaznanja poškodb in smotrnejšega upravljanja z viri, s tem so bo povečala življenjska doba sistemov in se znižalo število njihovih okvar. Senzorji bodo lahko v realnem času zaznali neoptimalno delovanje in sprožili zahtevo po ukrepanju.

Finančne storitve so v zadnjih letih že doživele bliskovit razvoj, pričakovano je, da bodo omrežja 5G ta razvoj še pospešila z večjim številom naprav ter boljšo in varnejšo povezljivostjo. Ena izmed takšnih področij je razmah mikroplačil na številne izdelke in storitve, npr. kratkotrajni najem vozil in souporaba vozil. Drugo področje je nadzor in

upravljanje s sredstvi, za katera so bila najeta posojila. Recimo, senzorji spremljajo pravilno uporabo stroja, kupljenega s posojilom, spremljajo slog vožnje voznika vozila itd.

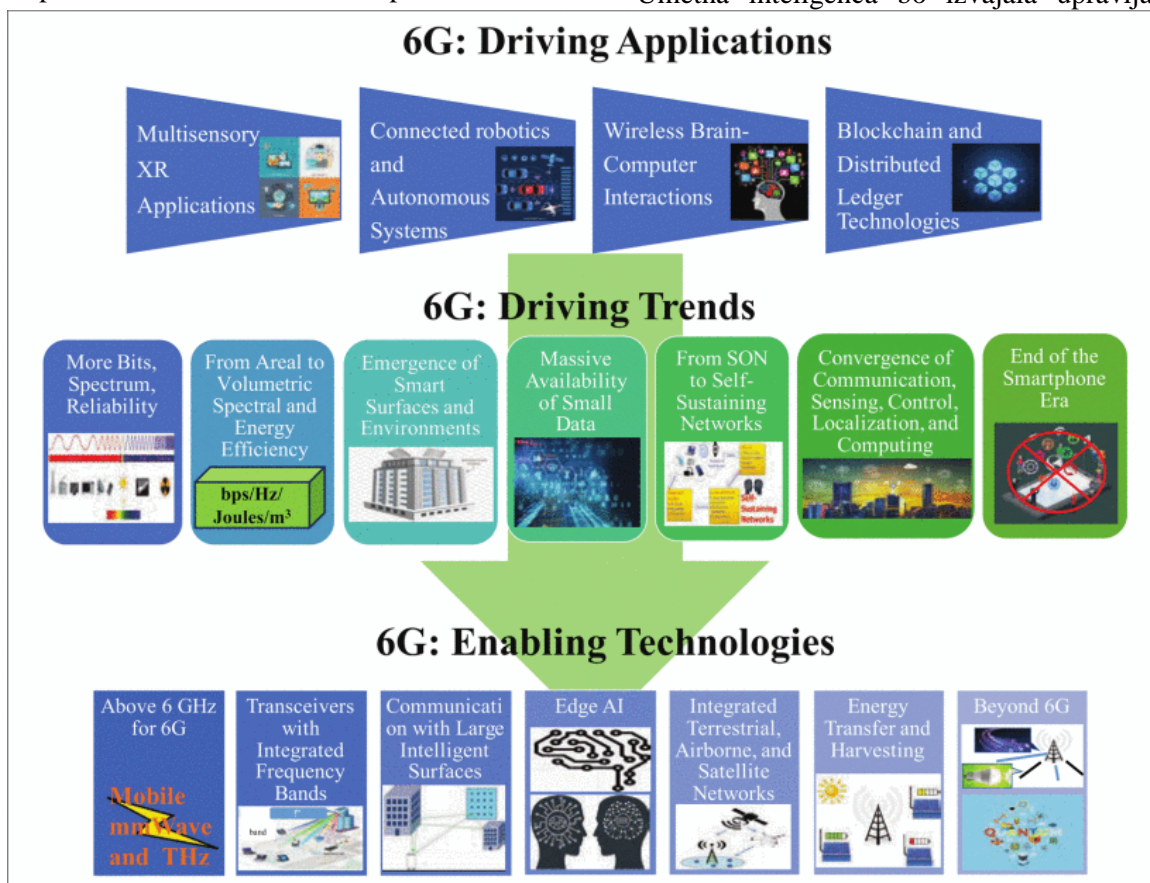
Zabavna industrija je ena izmed panog, ki se jo najbolj pogosto omenja kot enega izmed največjih koristnikov omrežij 5G. Visoka prepustnost omrežij z majhnimi zakasnitvami bo omogočala razvoj igrice v oblaku (angl. Cloud gamin), pri čemer uporabniki ne bodo več vezani na fizične igralne konzole, ampak se bo igrica poganjala v oblaku, interakcija pa bo potekala na mobilni napravi ali napravi navidezne (VR) oz. obogatene resničnosti (AR).

Kmetijstvo bo zagotovo izkoriščalo nove možnosti senzorskih mrež, povečane povezljivosti in prepustnosti omrežja. S senzorji opremljena kmetijska mehanizacija z možnostjo upravljanja na daljavo prinaša nove možnosti za povečanje učinkovitosti kmetijstva. Brezpilotni letalniki z video povezavo k

pregledovanje rasti pridelkov, premikov živali ali pa nadzor avtomatiziranih sistemov.

4. NOVOSTI OMREŽIJ 6G

Čeprav so omrežja pete generacije še v postopku vzpostavitve in na začetku široke uporabe med ljudmi, pa se tehnološki razvoj mobilnih omrežij nadaljuje. Izrisujejo se tehnološki in storitveni okvirji za šesto generacijo mobilnih omrežij, imenovano tudi 6G, ki naj bi na trgu zaživela okrog leta 2030 [13], [14], [15]. Vendar je čas njihovega prihoda na trg odvisen predvsem od poslovne uspešnosti omrežij 5G in bodočih tehnoloških potreb trga. Predvidena je uporaba majhnih celic omrežja, s katero so bo povečala zmogljivost omrežja in se bodo zmanjšale zakasnitve. Računalniška moč pa se seli na robove omrežja, torej bližje k uporabnikom. Povečala se bo kompleksnost upravljanja z omrežji, zato se kot mehanizem za upravljanje predvideva uporaba umetne inteligence. Umetna inteligenca bo izvajala upravljanje



Slika 3: Oula vizija, trendi in tehnologije 6G omrežij [13]

uporabniku prinašajo sliko v realnem času in jih je mogoče uporabiti za vodenje,

omrežja, obdelavo signalov in naprav, manipulacijo pametnih struktur, rudarjenje

podatkov itd. Izjemno povečanje povezanih naprav in novi načini delovanja ter upravljanja omrežij pa bodo zagotovo zahtevali izboljššan in holističen pristop k varnosti [16].

Podrobni tehnološki opisi presegajo namen te objave, kar nekaj pa je še tudi tehnoloških neznank. S tehnološkega vidika se pričakuje uporaba zelo visokih frekvenc (THz), uporaba pametnih elektromagnetnih površin, brezžično napajanje, brezžične optične komunikacije in celo uporaba brezпилotnih ležalnikov ter fiksnih balonov za zagotavljanje lokacije baznih postaj.

Za konec si oglejmo še nekatere tehnologije, ki bodo uporabljene za zasnovo multisenzorskih aplikacij, veriženje blokov, povezane robote, sisteme brezžične interakcije na relaciji možgani - računalnik itd.

Ena izmed takšnih tehnologij je razširjena inteligenca. Inteligenca bo prisotna na vseh ravneh delovanja omrežja pri nadzoru virov omrežja, upravljanju s prometom, varnosti in avtentikaciji uporabnikov, detekciji napak in optimizaciji omrežij.

Za boljše zavedanje naprave v okolici se predvideva uporaba kontekstne komunikacije z radarjem. Uporaba radarjev in umetne inteligence bo zmanjšala možnost prisluškovanja komunikaciji, kontekstni podatki naprave pa bodo omogočali predvidevanje gibanja naprav oz. terminalov.

Mogoča bodo necelična omrežja, katerih topologija se bo dinamično prilagajala. Umetna inteligenca in brezпилotni letalniki bodo skrbeli za optimizacijo v omrežju in prilagajanje potreb omrežne opreme.

Uporaba visokih frekvenc, novi tipi naprav in načini delovanja omrežja bodo posledično pomenili potrebo po prilagoditvi antenskih struktur iz metamaterialov in inteligentnih struktur. Uporaba tehnike MIMO naj bi postala vsesplošno prisotna na vseh terminalnih napravah. Predlagana je uporaba fluidnih anten z možnostjo prilagoditve strukture antene prostoru, ki so narejene iz prevodne tekočine.

V primerih, pri katerih je radijska zveza manj učinkovita, je mogoča celo komunikacija z vidno svetlobo. Primer so vozila, ki komunicirajo z lučmi vozil, letala itd.

Med novostmi se omenjajo še kvantne komunikacije in omrežja za varne prenose omrežja ter mikrovalovna fotonika, ki združuje radijsko in optično tehnologijo.

LITERATURA

- [1] <https://www.akos-rs.si/> , November 2021
- [2] Zakasnitve v modernih komunikacijah, Timi Mlinar, ERK 2019, [https://erk.fe.uni-lj.si/2019/papers/mlinar\(zakasnitve_v\).pdf](https://erk.fe.uni-lj.si/2019/papers/mlinar(zakasnitve_v).pdf), November 2021
- [3] António Morgado, Kazi Mohammed Saidul Huq, Shahid Mumtaz, Jonathan Rodriguez, A survey of 5G technologies: regulatory, standardization and industrial perspectives, Digital Communications and Networks, Volume 4, Issue 2, 2018 <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.09.010> , November 2021
- [4] Qualcomm, Making 5G NR mmWave a commercial reality. In your smartphone and beyond. May 2018, http://www.winlab.rutgers.edu/iab/2018-01/Slides/08%20-%20Ogze%20-%20Qualcomm_5GNR.pdf , November 2021
- [5] Ericsson Mobility Report June 2021, <https://www.ericsson.com/4a03c2/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/june-2021-ericsson-mobility-report.pdf> , November 2021
- [6] Tomi Mlinar, 5G – ali res predstavlja tveganje za zdravje?, ERK 2020, [https://erk.fe.uni-lj.si/2020/papers/mlinar\(5g_.pdf](https://erk.fe.uni-lj.si/2020/papers/mlinar(5g_.pdf) November 2021
- [7] Delo, Podjetjem bo 5G omogočila nove korake v digitalizaciji, <https://www.delo.si/mobilnost/podjetjem-bo-5g-omogocila-nove-korake-v-digitalizaciji/>, December 2021
- [8] 5 Technologies Making 5G NR a Reality <https://www.lightreading.com/mobile/5g/5-technologies-making-5g-nr-a-reality/a/d-id/730056>, November 2021
- [9] Dgtl Infra 5G Use Cases in 10 Different Industries <https://dgtlinfra.com/5g-use-cases-in-10-different-industries/>, December 2021
- [10] Unlocking the enterprise opportunity with 5G, edge compute, and cloud <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/unlocking-the-enterprise-opportunity-with-5g-edge-compute-and-cloud/>, November 2021
- [11] 5G report: Mapping the enterprise 5G opportunity <https://www.nokia.com/networks/research/5g-enterprise-market-research/> , November 2021
- [12] 5G Business Models In A Nutshell <https://fourweekmba.com/5g-business-models/>, November 2021
- [13] W. Saad, M. Bennis and M. Chen, "A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems," in IEEE Network, vol. 34, no. 3, pp. 134-142, May/June 2020, doi: 10.1109/MNET.001.1900287.

- [14] What is 6G, how fast will it be, and when is it coming?
<https://www.digitaltrends.com/mobile/what-is-6g/>,
November 2021
- [15] Tomi Mlinar, 6G ali kje so meje pete generacije, ERK
2019 [https://erk.fe.uni-lj.si/2019/papers/mlinar\(6g_ali\).pdf](https://erk.fe.uni-lj.si/2019/papers/mlinar(6g_ali).pdf),
December 2021
- [16] 6G White papers, <https://www.oulu.fi/6gflagship/6g-white-papers/>, December 2021