

# Mobilni Internet

prof. dr. sc. Mislav Grgić

# Nastavnici i kontakt-podaci

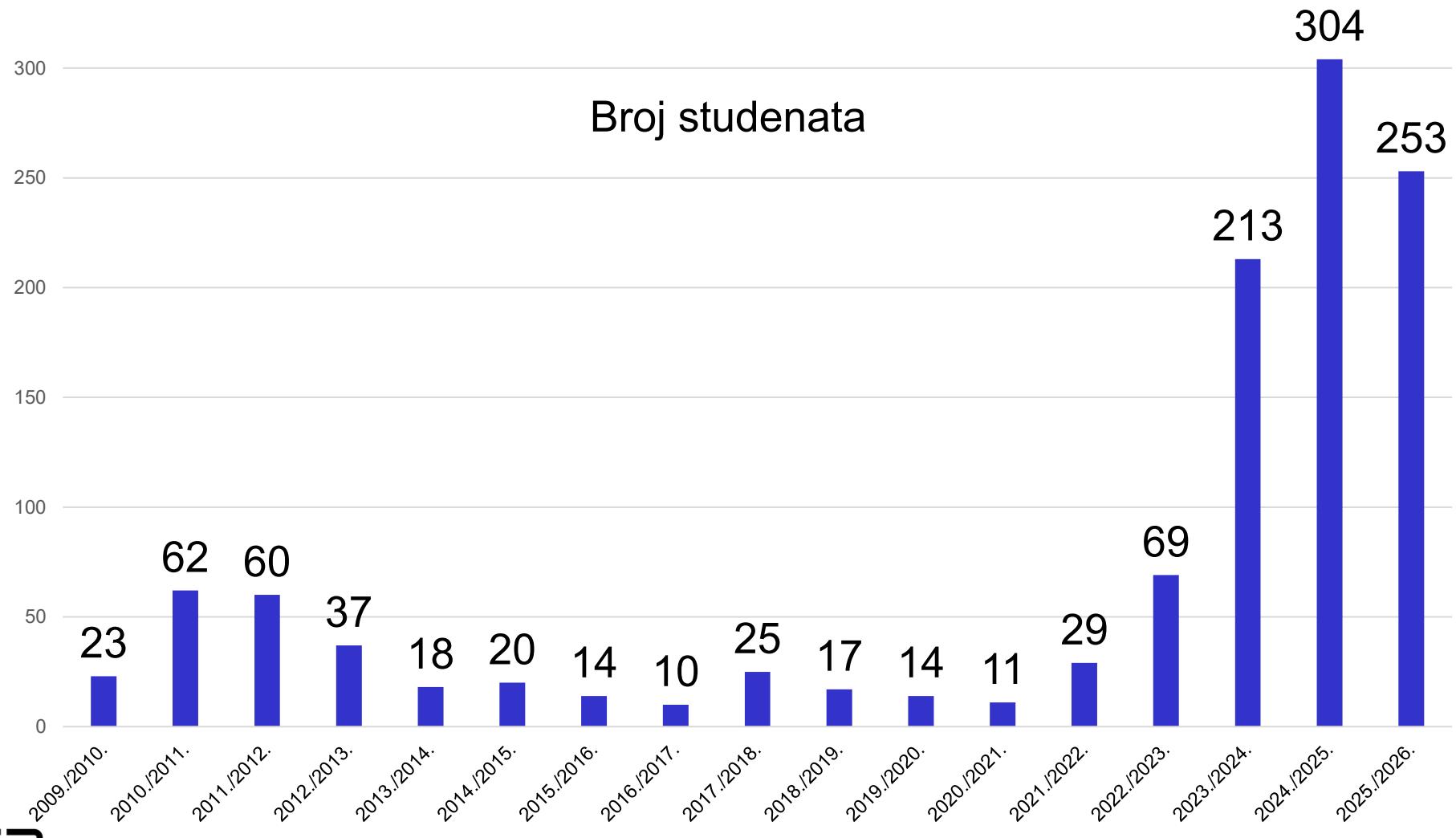
Nositelj: prof. dr. sc. Mislav Grgić

ISVU šifra: 240803

Ured: ~~C11-06, Zavod za komunikacijske i svemirske tehnologije, 11. kat~~  
Privremena lokacija: B2-16, Ulica Ivana Banjavčića 1A, 2. kat

# Studenti

- Studenti - kroz akademske godine:



**Predavanja i ostali materijali  
o predmetu dostupni su na:**

**[www.fer.hr/predmet/mobint\\_a](http://www.fer.hr/predmet/mobint_a)**

# Organizacija nastave i ispita

# Cilj i opis predmeta

- **Cilj predmeta:** Na predmetu će studenti usvojiti temeljne pojmove i znanja vezana uz IP mobilne komunikacije te primijeniti stečena znanja u mobilnim komunikacijskim sustavima. Cilj predmeta je pružiti znanja iz prijenosa podataka u 4G i 5G mrežama te implementaciji usluga u IP mobilnim mrežama, s naglaskom na distribuciju multimedijskih sadržaja. Stečena znanja studenti će moći primijeniti u projektiranju, implementaciji i evaluaciji IP mobilnih sustava.
- **Opis predmeta:** Pregled bežičnih mreža i tehnologija. Arhitektura i prijenos podataka u 4G i 5G mrežama. Primjena Internet protokola (IP) u mobilnim mrežama. Bežični IP. Usluge u IP mobilnim mrežama. Internet stvari (IoT) u 5G mobilnim mrežama. Kvaliteta usluge u mobilnom okruženju. Komunikacija između WLAN i mobilne mreže. Specifičnosti kodiranja i prijenosa videosignalna u IP mobilnim mrežama. Prilagodba mobilnih sustava za distribuciju multimedijskih sadržaja. Usluge temeljene na određivanju lokacije, mobilni ured, mobilno trgovanje.

# Literatura

- A. Jamalipour (2003.), The Wireless Mobile Internet: Architectures, Protocols and Services, John Wiley & Sons, Chichester
- S. Dixit, R. Prasad (2003.), Wireless IP and Building the Mobile Internet, Artech House, Boston
- B. Patil (2003.), IP in Wireless Networks, Prentice Hall, Upper Saddle River
- A. K. Salkintzis (2004.), Mobile Internet: Enabling Technologies and Services, CRC Press, Boca Raton
- Z. Li, Y. Dai, G. Chen, Y. Liu, Content Distribution for Mobile Internet: A Cloud-based Approach (2016.), Springer, Singapore
- C. X. Mavromoustakis, G. Mastorakis, J. Mongay Batalla (2016.), Internet of Things (IoT) in 5G Mobile Technologies, Springer, New York City

# Kalendar nastave

Tjedan	LISTOPAD 2025.					STUDENI 2025.				PROSINAC 2025.					
	1	2	3	4	5	6	7	8a	8b	8c	9	10	11		
Po	29.9	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	
Ut	30.9	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	
Sr	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	
Če	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25		
Pe	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26		
Su	4	11	18	25		1	8	15	22	6	13	20	27		
Ne	5	12	19	26		2	9	16	23	7	14	21	28		
SIJEĆANJ 2026.															
Tjedan	11	12	13	14		15a	15b			1	2	3	4	5	
Po	5	12	19	26		2	9	16	23	2	9	16	23	30	
Ut	6	13	20	27		3	10	17	24	3	10	17	24	31	
Sr	7	14	21	28		4	11	18	25	4	11	18	25		
Če	1	8	15	22	29	5	12	19	26	5	12	19	26		
Pe	2	9	16	23	30	6	13	20	27	6	13	20	27		
Su	3	10	17	24	31	7	14	21	28	7	14	21	28		
Ne	4	11	18	25		1	8	15	22	1	8	15	22	29	
TRAVANJ 2026.															
Tjedan	5	6	7	8a	8b	8b	9	10	11	12	13	14	15a	15b	
Po		6	13	20	27		4	11	18	25	1	8	15	22	29
Ut	7	14	21	28			5	12	19	26	2	9	16	23	30
Sr	8	15	22	29			6	13	20	27	3	10	17	24	
Če	2	9	16	23	30		7	14	21	28	4	11	18	25	
Pe	3	10	17	24			1	8	15	22	5	12	19	26	
Su	4	11	18	25			2	9	16	23	6	13	20	27	
Ne	5	12	19	26			3	10	17	24	7	14	21	28	
SRPANJ 2026.															
Tjedan						3	10	17	24	31					
Po		6	13	20	27						7	14	21	28	
Ut	7	14	21	28			4	11	18	25	1	8	15	22	29
Sr	8	15	22	29			5	12	19	26	2	9	16	23	30
Če	2	9	16	23	30			6	13	20	3	10	17	24	
Pe	3	10	17	24			7	14	21	28	4	11	18	25	
Su	4	11	18	25			1	8	15	22	5	12	19	26	
Ne	5	12	19	26			2	9	16	23	6	13	20	27	
KOLOVOZ 2026.															
Tjedan											7	14	21	28	

29.9.	Nastava	15	Stari termin sjednice FV-a
17	Međuispiti i završni ispitи	6	Novi termin sjednice FV-a
16	Ispitini rokovi (zimski, ljetni i prvi jesenski)	21	Dan Fakulteta
4	Drugi jesenski ispitni rok	1	Blagdani
27	Kolektivni godišnji odmor	7	Dodjela zlatnih diploma i nagrada
14	Sjednice Senata	23	Božićni domjenak

# Kalendar nastave

	LISTOPAD 2025.					STUDENI 2025.				PROSINAC 2025.				
Tjedan	1	2	3	4	5	6	7	8a	8b	8c	9	10	11	
Po	29.9	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29
Ut	30.9	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30
Sr	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31
Če	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	
Pe	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	
Su	4	11	18	25		1	8	15	22	29	6	13	20	27
Ne	5	12	19	26		2	9	16	23	30	7	14	21	28
	SIJEČANJ 2026.					VELJAČA 2026.				OŽUJAK 2026.				
Tjedan	11	12	13	14		15a	15b			1	2	3	4	5
Po	5	12	19	26		2	9	16	23	2	9	16	23	30
Ut	6	13	20	27		3	10	17	24	3	10	17	24	31
Sr	7	14	21	28		4	11	18	25	4	11	18	25	
Če	1	8	15	22	29	5	12	19	26	5	12	19	26	
Pe	2	9	16	23	30	6	13	20	27	6	13	20	27	
Su	3	10	17	24	31	7	14	21	28	7	14	21	28	
Ne	4	11	18	25		1	8	15	22	1	8	15	22	29

# Održavanje predavanja

- Predavanja će se održavati ponedjeljkom u 15.15 sati.
- Predavanja će se održavati u dvorani D-1.
- Predavanja će biti izvođena uz korištenje PowerPoint (PPT) prezentacija.
- PPT-predavanja bit će dostupna na web-stranicama predmeta u PDF obliku (jedan slajd po stranici).
- Web-stranica predmeta je: [www.fer.hr/predmet/mobint\\_a](http://www.fer.hr/predmet/mobint_a)
- U okviru predavanja bit će održano nekoliko pozvanih (gostujućih) stručnih predavanja na kojima bi studenti, koji su ove akademske godine upisali ovaj predmet, svakako trebali sudjelovati.

# Kako položiti ispit iz Mobilnog Interneta?

- Održavanje predavanja i ispita iz Mobilnog Interneta održat će se u koncentriranom obliku.
- Plan je da bi se završni ispit iz Mobilnog Interneta održao neposredno nakon tjedana u kojima se održavaju međuispiti.

# Kako položiti ispit iz Mobilnog Interneta?

## Stručna gostujuća predavanja

- Tijekom semestra održat će se nekoliko stručnih gostujućih predavanja.
- Stručna gostujuća predavanja bit će organizirana u terminu predavanja.
- Nazočnost na svakom pojedinom stručnom gostujućem predavanju donosi osam (8) bodova.

# Kako položiti ispit iz Mobilnog Interneta?

## Završni ispit

- Završni ispit bit će organiziran u pisanom obliku.
- Završni ispit sastojat će se od kratkih pitanja s ponuđenim odgovorima te od opisnih zadataka.
- Pitanja na završnom ispitu tematski će biti povezana s cjelokupnim gradivom, uključujući i gradivo obrađeno na stručnim gostujućim predavanjima.
- Najveći broj bodova koji se može ostvariti na završnom ispitu iznosi 60.
- Nema preuvjeta (praga) za izlazak na završni ispit.

# Kako položiti ispit iz Mobilnog Interneta?

## Ukupan broj bodova

- Stručna gostujuća predavanja - do 40 bodova
- Završni ispit - do 60 bodova
- Student je položio ispit ako je ukupno ostvario **50** ili više bodova, a ocjene se utvrđuju prema sljedećoj bodovnoj tablici:

BROJ BODOVA	OCJENA
od 89,5 do 100	5
od 75,5 do 89	4
od 60,5 do 75	3
od 50 do 60	2

# Kako položiti ispit iz Mobilnog Interneta?

## Važne napomene za sljedeća predavanja

- Nastavni materijali s temeljnim gradivom, kojim će se lakše pratiti ostatak predavanja, bit će postavljeni na web-stranicu predmeta u prvom tjednu nastave. Studenti trebaju preuzeti materijale i prostudirati ih.
- Svako stručno gostujuće predavanje bit će unaprijed (par dana ranije) najavljeno putem e-pošte. Studenti trebaju redovito čitati svoju FER-ovu e-poštu.

# Mobilni Internet

prof. dr. sc. Mislav Grgić

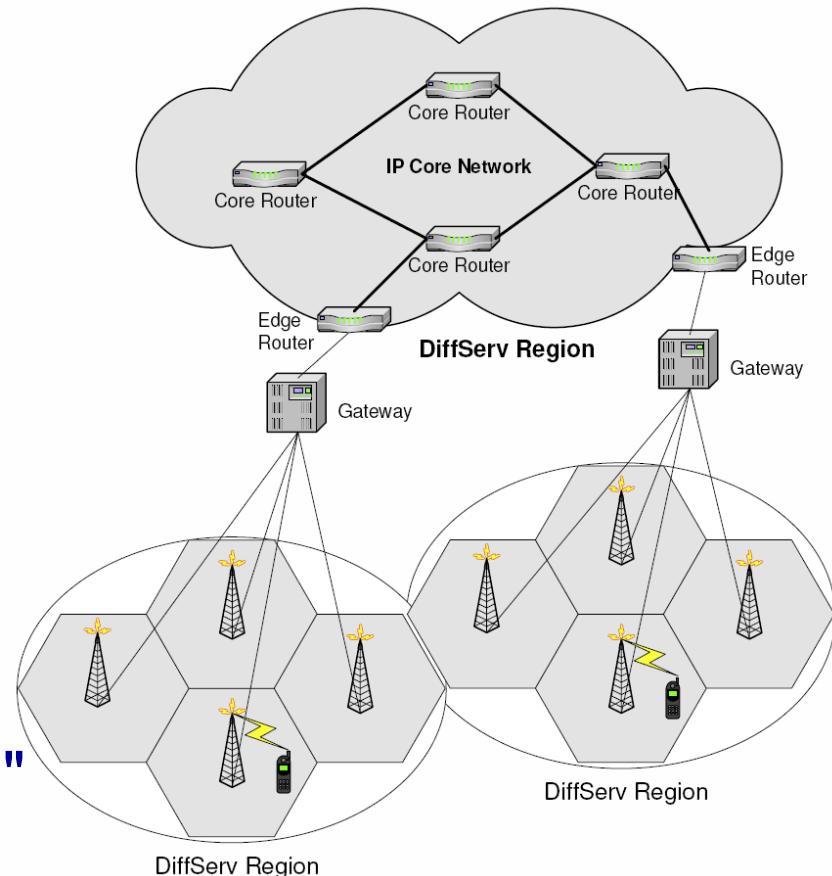
# Osnovni pojmovi

# internet ili Internet ?

- treba razlikovati dva pojma: **internet** i **Internet**
- internet
  - lat. inter - između, zajedno, međusobno, unutar
  - mreža međusobno povezanih računalnih mreža
  - predstavlja koncept spajanja lokalnih mreža u jednu jedinstvenu i transparentnu mrežu
- Internet
  - najveći internet na svijetu
  - popularno: mreža svih mreža
  - skup nekoliko tisuća međusobno povezanih privatnih i javnih računalnih mreža koji uključuje milijune računala
  - ne postoji vlasnik, niti nadzornik

# Mobilni Internet

- mogućnost spajanja na internetsku mrežu na bilo kojem mjestu gdje postoji radijski signal
- migracija od standardnih internetskih aplikacija i usluga prema mobilnom okolišu
- mobilni Internet (kao i Internet) treba podržati milijune korisnika, pod uvjetom da su stalno spojeni na mrežu
- ključni pojmovi: (1) "stalno spojen" i (2) "milijuni korisnika"



# Mobilni Internet

- "stalno spojen" znači da korisnik ne mora sâm ponovno uspostavljati vezu (npr. nakon što je promijenio radijsku uslugu)
- pretpostavka je da ćemo uvijek imati vezu prema javnim internetskim uslugama i da ćemo uvijek biti dostupni putem javne IP-adrese, bez obzira gdje se nalazimo
- to zahtijeva opsežnu mobilnost i prekapčanje bez puknuća veze preko različitih radijskih mreža
- za to je potrebno nekoliko radijskih mreža, kao i nekoliko radijskih tehnologija, jer ni jedna radijska mreža ne može pružiti sve radijske usluge te stoga ni jedna radijska mreža ne može zadovoljiti zahtjev "stalno spojen"

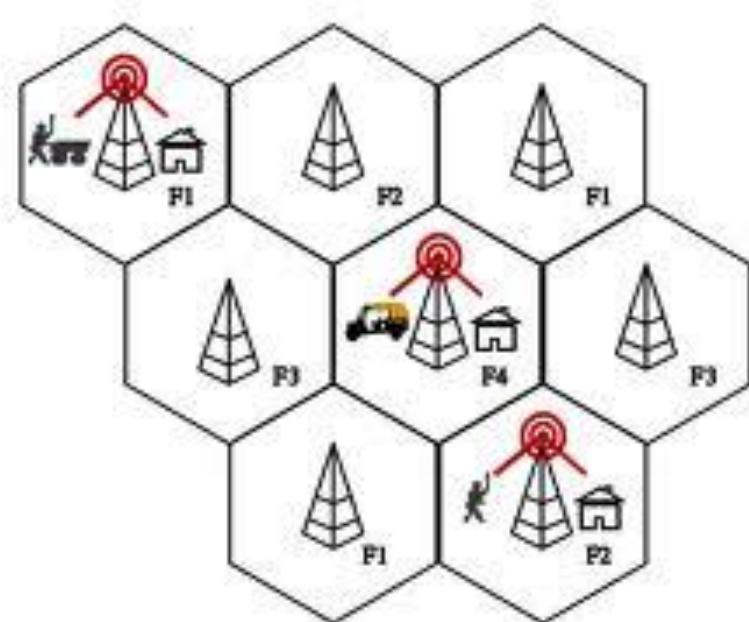
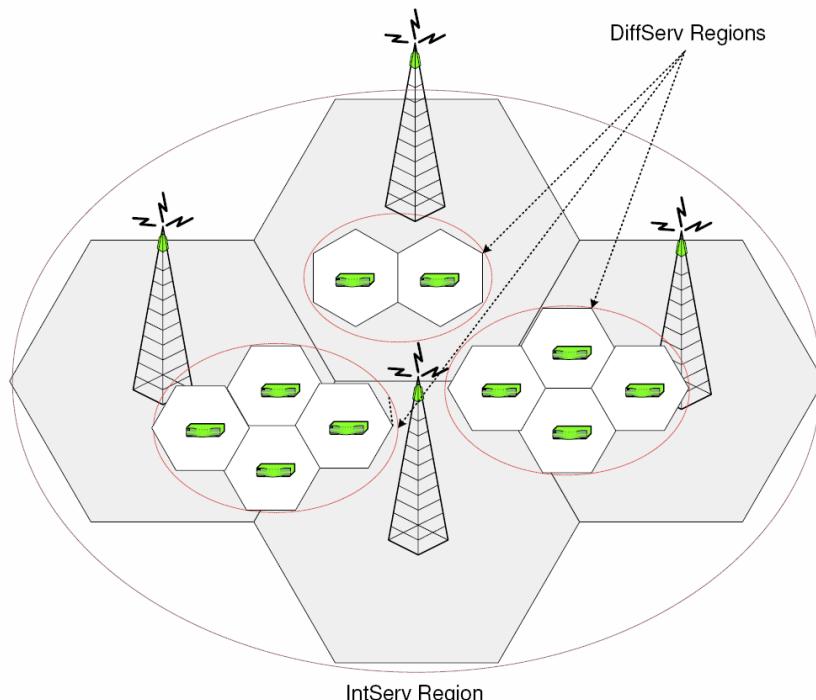
# Mobilni Internet

- koncept "stalno spojenog" korisnika



# Mobilni Internet

- ćelijski model pristupa u radijskom okruženju
- potrebno je osigurati korisniku neprekidnu vezu i ponovno korištenje ograničenih resursa frekvencijskog spektra
- problem: zadovoljavanja velike brzine prijenosa za veliki broj korisnika u "uskom" frekvencijskom području

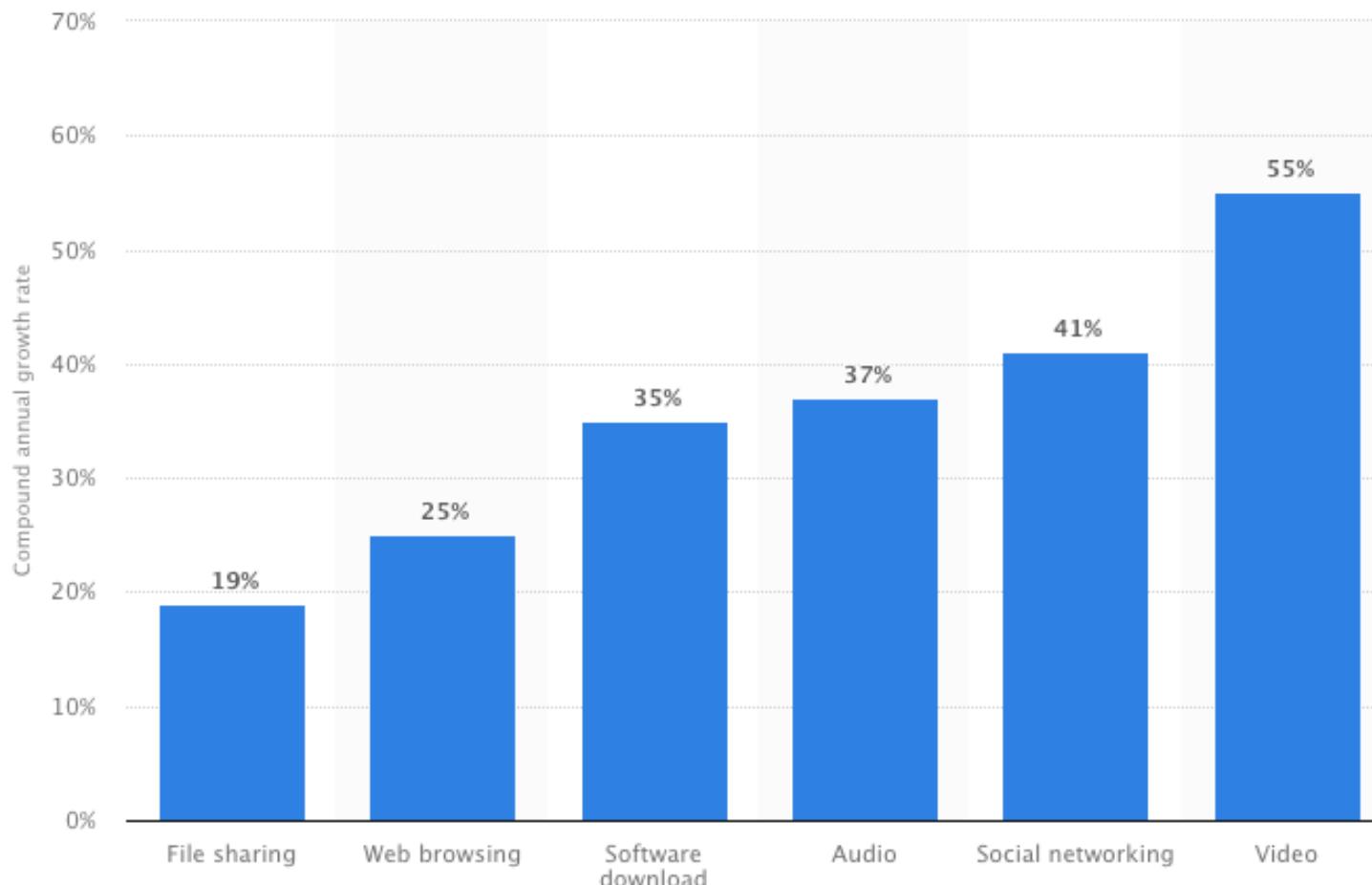


# Mobilni Internet

- drugi pojam je "milijun korisnika"
- on otvara pitanje kapaciteta što nam daje objašnjenje zašto nam jedna radijska mreža nije dovoljna
- radijska tehnologija mora biti što učinkovitija što se tiče spektra
- mora primijeniti shemu slučajnog pristupa koja može prihvatići velik broj korisnika i skladno degradirati u preopterećenim uvjetima
- IP-adresiranje trebalo bi biti u mogućnosti podržati potrebne zahtjeve korisnika za kapacitetom

# Mobilni Internet

## Porast godišnjeg prometa u mobilnim mrežama (2015. do 2021.)



Izvor: <https://www.statista.com/statistics/622536/mobile-traffic-category-cagr/>

# Internet u svijetu

# Internet u svijetu

- stvarni razvoj Interneta počinje 1962. godine, prije nego je riječ "Internet" uopće postojala
- na svijetu tada ima oko 10.000 računala, koja su vrlo primitivna, ali im je cijena bila nekoliko stotina tisuća dolara
- monopol na telefonskim linijama u SAD-u ima tvrtka AT&T, u kojoj nema inicijative za inovacijama
- međutim, Advanced Research Project Agency (ARPA) koju financira Ministarstvo obrane SAD-a po načelu "high-risk, high-gain", već nakon četiri godine rada uvodi ARPANET mrežu, koja mnogo kasnije prerasta u Internet
- do 1992. godine, kada se može reći da je Internet razvijen, on ima 1 milijun servera, ARPANET prestaje postojati, računala su za 9 redova veličina brža, brzina prijenosa je 20 milijuna puta veća

# Povijest Interneta

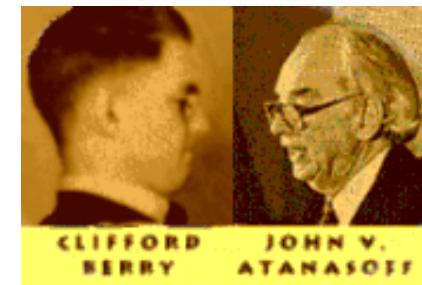
- 1819.
  - Hans Chrissitian Oersted otkriva da žica koja nosi električne naboje ima sposobnost otkloniti magnetsku iglu
- 1836. - TELEGRAF (William F. Cooke i Charles Wheatstone)
  - početak udaljene komunikacije između ljudi
  - prva telegrafska mreža u Engleskoj 1837. godine
- 1844.
  - Samuel F.B. Morse demonstrira magnetski telegraf koristeći Morseovu abecedu pomoću koje šalje poruku iz Baltimorea u Washington
- 1858. - POLAGANJE "ATLANTSKOG KABELA"
  - trebao omogućio izravnu i istovremenu komunikaciju preko Atlantika
  - nažalost, u funkciji tek nekoliko dana

# Povijest Interneta

- 1860. - PONY EXPRESS
  - 3. travnja prvi put prenosi poštu između St. Josepha u Missouriju i San Francisca u Kaliforniji
- 1861. - TELEGRAF PREUZIMA VODEĆE MJESTO
  - u kolovozu telegraf preuzima vodeće mjesto u slanju poruka
- 1866. - PONOVNO POLAGANJE "ATLANTSKOG KABELA"
  - ovog puta uspješno, te ostaje u funkciji gotovo 100 godina
- 1876. - TELEFON (Alexander Graham Bell)
  - telefonske veze predstavljaju osnovu današnje Internet mreže
- 1877.
  - uvodi se prva komercijalana telefonska linija

# Povijest Interneta

- 1927.
  - AT&T uspostavlja prvu komercijalnu prekoceansku vezu između SAD-a i Londona po cijeni od 75 USD za pet minuta
- 1939.
  - izum prvog elektroničkog digitalnog računala (John Vincent Atanasoff i Clifford Berry) na Sveučilištu Iowa s budžetom od 7.000 USD
- 1945.
  - Vannevar Bush, savjetnik predsjednika SAD-a (Roosavelt) za vrijeme II. svjetskog rata predlaže MEMEX - foto-električko-mehanički stroj koji bi imao mogućnost pohranjivanja velikih količina podataka
- 1947.
  - John Bardeen, William Shockley i Walter Brattain izumljuju tranzistor u Bell laboratorijima; primaju Nobelovu nagradu za fiziku 1956. godine



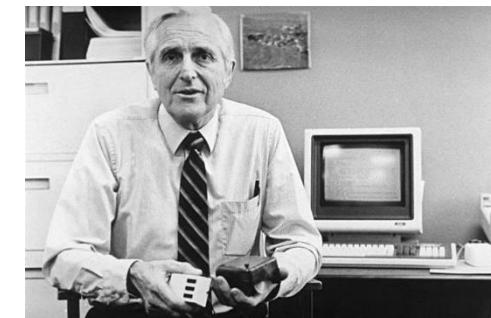
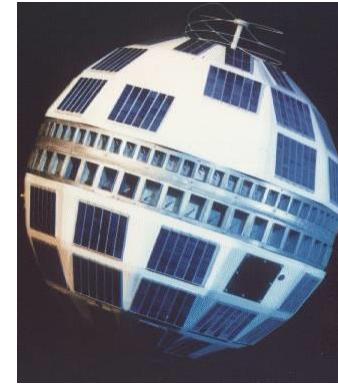
# Povijest Interneta

- 1956.
  - u listopada je stvoren prvi tvrdi disk u IBM-u; bio je veličine dva hladnjaka, imao je mogućnost pohranjivanja 5 MB podataka po cijeni od 10.000 USD po MB-u
- 1957. - SPUTNIK (lansira ga SSSR)
  - 4. listopada; prvi umjetni satelit; početak globalnih telekomunikacija
  - kao odgovor, SAD osniva Agenciju za napredne istraživačke projekte (ARPA, *Advanced Research Project Agency*) koja djeluje u okviru Ministarstva obrane (DoD, *Department of Defense*)
  - ARPA je bila zamišljena da osigura znanstvenu i tehničku nadmoć SAD-a nad SSSR-om u području vojne primjene novih tehnologija
- 1960.
  - lansiran prvi komunikacijski satelit - Echo
  - Joseph C. R. Licklider izdaje knjigu "Simbioza čovjek-računalo" u kojoj predviđa pojavu osobnog računala



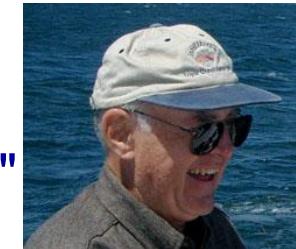
# Povijest Interneta

- 1961.
  - Leonard Kleinrock objavljuje članak o mrežama: "Protok informacija u velikim komunikacijskim mrežama"
- 1962.
  - u veljači AT&T postavlja prvi komercijalni komunikacijski satelit (Telstar I)
  - u kolovozu J.C.R. Licklider raspravlja o "Intergalactic Network" ideji; zamislio je globalno povezan skup računala preko kojih bi svatko vrlo brzo mogao pristupiti podacima i programima s bilo kojeg mjesta
  - ubrzo zatim Licklider dolazi na čelo istraživačkog tima ARPA-e
- 1963.
  - Doug Engelbart uvodi miša
  - razvijen je ASCII kod (American Standard Code for Information Interchange)



# Povijest Interneta

- 1964.
  - Gordon Moore predviđa da će se moć računala udvostručiti svakih 18 mjeseci - to "proročanstvo" je danas poznato pod imenom "Mooreov zakon"
  - Digital Equipment Corporation pušta u prodaju PDP-8 računalo
    - prvo masovno proizvođeno mini-računalo; cijena: 18.000 USD
  - Paul Baran objavljuje članak "O distribuiranim računalnim mrežama", koji između ostalog govori o ponašanju ovakvih mreža u slučaju napada nuklearnim oružjem
  - kao izrazita prednost takve mreže navodi se da u slučaju napada i uništenja jednog ili više računala u ovakvoj mreži ne bi dovelo do raspada mreže - koncept decentralizirane mreže
  - s obzirom da je koncepcija Interneta vrlo slična koncepciji mreže iznesenoj u tom članku, neki povjesničari smatraju da je Internet nastao upravo kako bi obrambeni sustav SAD-a ostao funkcionalan i nakon eventualnog nuklearnog udara



# Povijest Interneta

- 1965.
  - Tom Merrill i Larry Roberts uspostavljaju prvu mrežu između dva udaljena računala (WAN, *Wide Area Network*): MIT-ova Lincolnova laboratorija i Systems Development Corp.
- 1966.
  - znanstvenici prvi put koriste optička vlakna za prijenos telefon. signala
  - Donald Davies koristi termine "paket" i "upravljanje paketima"
  - znanstvenik ARPA-e Bob Taylor prima sredstva za mrežni eksperiment kojim bi se povezala neka sveučilišta koja ARPA financira; to je začetak ARPANET-a, a time i Interneta
- 1968.
  - Larry Roberts iz ARPA-e objavljuje javni natječaj za ARPANET
  - mnoge velike tvrtke poput IBM-a ne šalju svoje ponude
  - mala tvrtka - BBN (Bolt, Beranek and Newman) dobiva ugovor na 1 milijun dolara i manje od godinu dana da teoriju pretvori u stvarnost

# Povijest Interneta

- 1962.-1968. - MREŽA S KOMUTACIJOM PAKETA
  - *packet-switching* (PS); Internet se temelji na komutaciji paketa pri prijenosu podataka
  - izvor je vojne prirode radi zaštite informacija
  - podaci (informacije) se dijele na male pakete koji mogu ići do odredišta različitim putevima
  - teško je "prisluškivati" tako odaslane poruke
  - mreža je sposobna podnjeti veliko razaranje (npr. nuklearni rat - to je vrijeme hladnog rata)
- 1969. - ROĐENJE INTERNETA
  - ARPANET u okviru DoD
  - prva veza na University of California Los Angeles (UCLA), zatim na Stanford Research Institute (SRI), potom na University of California Santa Barbara (UCSB), te na University of Utah
  - brzina 50 kbit/s; koriste se "super-računala" s oko 12 kB RAM-a

# Povijest Interneta

- 1970. - NCP
  - ARPANET mreža raste
  - ARPANET serveri počinju koristiti NCP (*Network Control Protocol*) koji je prethodnik TCP/IP protokola
- 1971. - LJUDI KOMUNICIRAJU INTERNETOM
  - 15 lokacija (23 servera) na ARPANET-u
  - objavljuje se RFC 172 dokument koji je osnova za FTP (*File Transfer Protocol*)
- 1972. - slobodnije i jednostavnije povezivanje računala
  - Ray Tomlinson iz tvrtke BBN izumljuje elektroničku poštu (e-mail); @
  - Jon Postel stvara prvi dokument koji opisuje rad na udaljenom računalu (Telnet) - RFC 318
  - prvo javno predstavljanje ARPANETA između 40 računala
  - formirana *Internetworking Working Group* (INWG) radi definiranja protokola; predsjednik je Vinton Cerf

# Povijest Interneta

- 1973. - GLOBALNO UMREŽAVANJE
  - prva međunarodna veza na ARPANET prema University College of London - UCL (Velika Britanija) i Royal Radar Establishment (Norveška)
  - početak razvoja Etherneta; stvorena ideja Interneta, pretvarača (Gatewaya), te prijenosa podataka (FTP) - RFC 454
  - Ken Thompson i Dennis Ritchie predstavljaju članak o UNIX operativnom sustavu na Symposium on Operating Systems Principles
- 1974. - PAKETI POSTALI OBLIKOM PRIJENOSA
  - Vint Cerf i Bob Kahn objavljiju "A Protocol for Packet Network Internetworking" koji predstavlja začetak TCP protokola (*Transmission Control Program*)
  - to je ujedno i prvi put kad se upotrebljava pojам Internet
  - Telnet postao prva javna usluga s paketskim podacima

# Povijest Interneta

- 1976. - UMREŽAVANJE RASTE
  - Robert M. Metcalfe razvija Ethernet mrežu koja omogućava brzi protok informacija kroz koaksijalni kabel te je bitan element u razvoju lokalnih mreža (LAN, *Local Area Network*)
  - kraljica Elizabeta šalje prvi e-mail
- 1977. - INTERNET POSTAJE STVARNOST
  - broj servera prelazi 100
  - Dennis C. Hayes izumljuje modem
  - prvo predstavljanje veze ARPANET - Packet Radio Net - SATNET koja koristi pretvarače (Gateways)
- 1978. - IP
  - Vint Cerf, Steve Crocker i Danny Cohen stvaraju plan kako razdvojiti funkcije TCP-ovog usmjeravanja u zasebni protokol pod imenom Internet Protocol (IP)

# Povijest Interneta

- 1979. - POJAVA TEMATSKIH SKUPINA (*newsgroups*)
  - prve USENET skupine svaraju Tom Truscott, Steve Bellovin i Jim Ellis
  - do kraja 1979. formirane tri skupine
- 1981. - NOVE MREŽE
  - BITNET mreža (Because It's Time NETwork) formirana između City University of New York i Yale University (e-mail, FTP, ...)
  - CSNET mreža (Computer Science NETwork) formirana da omogući umrežavanje znanstvenika koji nisu spojeni na ARPANET
  - USENET se razvija
- 1982. - TCP/IP
  - broj servera prelazi 200
  - definirani *Transmission Control Protocol* (TCP) i *Internet Protocol* (IP) kao norme za ARPANET mrežu
  - formirana EUnet mreža (European Unix NETwork); početne veze između Nizozemske, Danske, Švedske i Velike Britanije

# Povijest Interneta

- 1983. - INTERNET RASTE
  - ARPANET se dijeli na civilni (ARPANET) i vojni (MILNET) dio
  - broj servera prelazi 500
  - razvijen prvi "name server"
- 1984. - RAST SE NASTAVLJA
  - broj servera prelazi 1000; pojava Domain Name Servicea (DNS)
- 1985.
  - prvi put se koriste .com, .edu, .gov i .uk domene; pojava CD-ROM-a
- 1986.
  - 5.000 servera; 241 newsgroupa; .net domena; ISDN
  - pojavila se NSFNET mreža (brzina 56 kbit/s)
  - NSF formira 5 računalnih središta što uzrokuje ogroman porast veza
  - definiran *Network News Transfer Protocol* (NNTP) za newsgroupe

# Povijest Interneta

- 1987.
  - broj servera: 28.000; .org domena
- 1988.
  - NSFNET mreža prelazi na T1 (1,544 Mbit/s)
  - razvijen *Internet Relay Chat* (IRC)
  - postavljen je prvi optički kabel između Europe i SAD-a; u stanju je prenositi 40.000 telefonskih poziva istovremeno
  - 2. studenog, Robert Morris Jr. ubacuje prvi Internet virus
  - onesposobio je oko 6.000 od ukupno 60.000 tadašnjih servera
  - kao posljedica, osnovan je CERT (*Computer Emergency Response Team*) kojemu je zadaća intervenirati u takvim slučajevima
  - prvi put se pojavilo pitanje sigurnosti Interneta
- 1989. - VELIKI RAST INTERNETA
  - broj servera prelazi 100.000
  - ARPANET se polako "gasi"

# Povijest Interneta

- 1990.
  - 300.000 servera; 1.000 newsgroupa
- 1991. - MODERNIZACIJA
  - osnovan *Commercial Internet eXchange* (CIX)
  - pojava *Wide Area Information Server* (WAIS); indeksiranje i pretraživanje informacija; to je osnova današnjeg weba
  - pojava Gophera (Paul Lindner i Mark P. McCahill, University of Minnesota); tekstualni pristup Internetu
  - pojava PGP sustava šifriranja podataka (*Pretty Good Privacy*); Phillip Zimmerman
  - pojava *World Wide Web-a* (WWW), CERN, Švicarska; Tim Berners-Lee; na početku nije bio grafički
  - NSFNET mreža prelazi na T3 (44,736 Mbit/s)

# Povijest Interneta

- 1992. - MULTIMEDIJA
  - broj servera prelazi 1 milijun; broj newsgroupa 4.000
  - prvi MBONE audio multicast (ožujak) i video multicast (studenzi)
  - pojam "surfanje Internetom" uvodi Jean Armour Polly
  - razvijeni su 14,4 kbit/s modemi
  - novi pojmovi: "browser", "WWW", "http://", "home page"
  - razvijeni SLIP i PPP protokoli
- 1993. - WWW REVOLUCIJA
  - broj servera dva milijuna; 600 web-stranica; pojava HTML-a
  - US White House i UN postaju "on-line"
  - pojava Mosaica, sučelja za pristup informacijama na Internetu koji ima sposobnost prikazivanja slike i teksta zajedno; kasnije se razvija u Netscape

# Povijest Interneta

- 1994. - POČETAK KOMERCIJALIZACIJE INTERNETA
  - broj servera tri milijuna; 10.000 web-stranica; 10.000 newsgroupa
  - pristup robnim kućama i bankama putem Interneta
  - tvrtka Canter & Siegel preplavljuju (spaming) Internet svojim oglasima putem elektroničke pošte - mnogi odgovaraju istom metodom
  - održava se prva međunarodna konferencija o WWW-u u CERN-u; konferencija poznata i pod nazivom Woodstock Weba
  - održava se prvi sastanak *World Wide Web Consortiuma* (W3C), organizacije zadužene za odlučivanje o službenim standardima Interneta
  - novi pojmovi: "intranet", "search engine", "web page", "ISP" (*Internet Service Provider*)
  - pojavljuju se 28,8 kbit/s modemi
  - razvijen Netscape
  - pojavljuje se Yahoo!

# Povijest Interneta

- 1995.
  - 6,5 milijuna servera; 100.000 web-stranica
  - komercijalni pristup Internetu: Compuserve, America Online, Prodigy
  - registracija domena više nije slobodna
  - pojava novih WWW tehnologija: JAVA, VRML, RealAudio
  - pojavljuju se Lycos i AltaVista
- 1996.
  - unutar zakona Telecommunications Reform Act usvaja se *Communications Decency Act* (CDA - zakon o pristojnosti u komunikacijama) koji najavljuje moguću cenzuru Interneta
  - kao odgovor na ovaj zakon nastaje skupina Blue Ribbon Campaign koja se zalaže za slobodu govora na Internetu
  - zakon je ukinut 1997. godine
  - pojavljuju se 33,6 i 56 kbit/s modemi, te ADSL
  - razvijen Internet Explorer

# Povijest Interneta

- 1997.
  - 19,5 milijuna servera; jedan milijun web-stranica; 71.618 newsgroupa
  - RFC 2000: "Internet Official Protocol Standards"
  - razvijen WAP protokol (*Wireless Application Protocol*)
- 1998.
  - nove tehnologije: elektroničko poslovanje (E-Commerce), elektroničke aukcije (E-Auctions), portali
  - pojava XML-a (*Extensible Markup Language*)
  - razvijen Bluetooth protokol
  - pojavljuje se Google
- 1999.
  - početak rada na prelasku mreže SAD-a na 2,5 Gbit/s
  - tehnologije godine: elektronička burza (E-Trade), online bankarstvo, MP3

# Povijest Interneta

- 2000.
  - Europska komisija sklapa ugovor s 30 nacionalnih istraživačkih mreža radi formiranja GEANT mreže, nove europske gigabitne mreže
  - tehnologije godine: ASP, Napster
  - nove tehnologije: radijski uređaji, IPv6
- 2001.
  - pojava Code Red, Nimda, Sircam i Badtrans virusa
  - prelazak s TEN-155 mreže na GEANT mrežu
  - pojava .museum domene
  - Google uređuje arhive newsgroupa od 1981. godine do danas
- 2002.
  - pojava .name, .coop, .aero domena
  - imati svoj osobni Blog postaje hit

# Povijest Interneta

- 2003.
  - prvi "online" izbori održani u Švicarskoj
  - crv SQL Slammer postavio je rekord u najbržem i najvećem širenju mrežom ("srušio" 5 od ukupno 13 vršnih DNS poslužitelja)
  - nakon njega se pojavljuju se Blaster crv i Sobig.F virus (također rekorder u širenju mrežom)
  - pojava .pro domena
  - Little GLORIAD (*Global Ring Network for Advanced Application Development*) započinje s radom
    - mrežni prsten na sjevernoj polutki s čvorištima u Chicagu, Amsterdamu, Moskvi, Novosibirsku, Zabajkal'sku, Manzhouliu, Pekingu i Hong Kongu
    - to je prva optička (mrežna) veza preko rusko-kineske granice

# Internet u svijetu

- broj korisnika Interneta, 2023. godina:

**WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS  
2023 Year Estimates**

World Regions	Population ( 2022 Est.)	Population % of World	Internet Users 31 Dec 2021	Penetration Rate (% Pop.)	Growth 2000-2023	Internet World %
<u>Africa</u>	1,394,588,547	17.6 %	601,940,784	43.2 %	13,233 %	11.2 %
<u>Asia</u>	4,352,169,960	54.9 %	2,916,890,209	67.0 %	2,452 %	54.2 %
<u>Europe</u>	837,472,045	10.6 %	747,214,734	89.2 %	611 %	13.9 %
<u>Latin America / Carib.</u>	664,099,841	8.4 %	534,526,057	80.5 %	2,858 %	9.9 %
<u>North America</u>	372,555,585	4.7 %	347,916,694	93.4 %	222 %	6.5 %
<u>Middle East</u>	268,302,801	3.4 %	206,760,743	77.1 %	6,194 %	3.8 %
<u>Oceania / Australia</u>	43,602,955	0.5 %	30,549,185	70.1 %	301 %	0.6 %
<b><u>WORLD TOTAL</u></b>	<b>7,932,791,734</b>	<b>100.0 %</b>	<b>5,385,798,406</b>	<b>67.9 %</b>	<b>1,392 %</b>	<b>100.0 %</b>

Izvor: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

# Internet u Hrvatskoj

# Internet u Hrvatskoj

- godine 1991. rodila se ideja o uvođenju Interneta u Republici Hrvatskoj;
- u jesen 1991. godine IRB u suradnji s HPT-om povezuje se na Internet koristeći X.25 vezu s Amsterdamom
- MZT pokrenulo je projekt CARNet te je osnovana Hrvatska akademска i istraživačka mreža, koja je bila prvi ISP u RH
- tada je izgrađena i jezgra mreže
- u studenom 1992. godine uspostavljena je prva međunarodna komunikacijska linija: CARNet je povezan s Austrijom
- početkom 1993. godine međunarodna organizacija Internet Assigned Number Authority (IANA) dodijelila je CARNet-u administraciju nad vršnom "hr" domenom

# Internet u Hrvatskoj

- ustanove unutar Hrvatske bile su spojene vezom brzine 19,2 kbit/s, a čitava mreža bila je spojena preko Austrije brzinom od 64 kbit/s
- prve ustanove spojene na Internet bile su: SRCE, FER, IRB, PMF, FESB, Tehnički fakultet u Rijeci, Ekonomski fakultet u Osijeku i MZT
- početkom 1996. godine pojavljuje se i drugi pružatelj Internet usluga u Hrvatskoj - HiNet (ISP Hrvatskog telekoma)
- iste godine, jezgra CARNet mreže prelazi na ATM tehnologiju s brzinom prijenosa od 155 Mbit/s
- danas je CARNet uključen u europsku GEANT2 mrežu, a brzina veze prema Europi iznosi >10 Gbit/s

# Internet u Hrvatskoj

- broj korisnika Interneta u Hrvatskoj:

Godina	Broj korisnika Interneta	Broj stanovnika	Postotak stanovništva koje koristi Internet
2000.	200.000	4.370.052	4,6 %
2004.	1.014.000	4.459.137	22,7 %
2006.	1.303.000	4.464.117	29,2 %
2007.	1.472.400	4.468.760	32,9 %
2008.	1.995.400	4.491.543	44,4 %
2009.	2.244.400	4.489.409	50,0 %
2011.	2.656.089	4.483.804	59,2 %
2014.	3.167.838	4.470.534	70,9 %
2022.	3.787.838	4.064.915	93,2 %

Izvor: <http://www.internetworldstats.com/>

2.605.600 korisnika Facebooka u siječnju 2022.

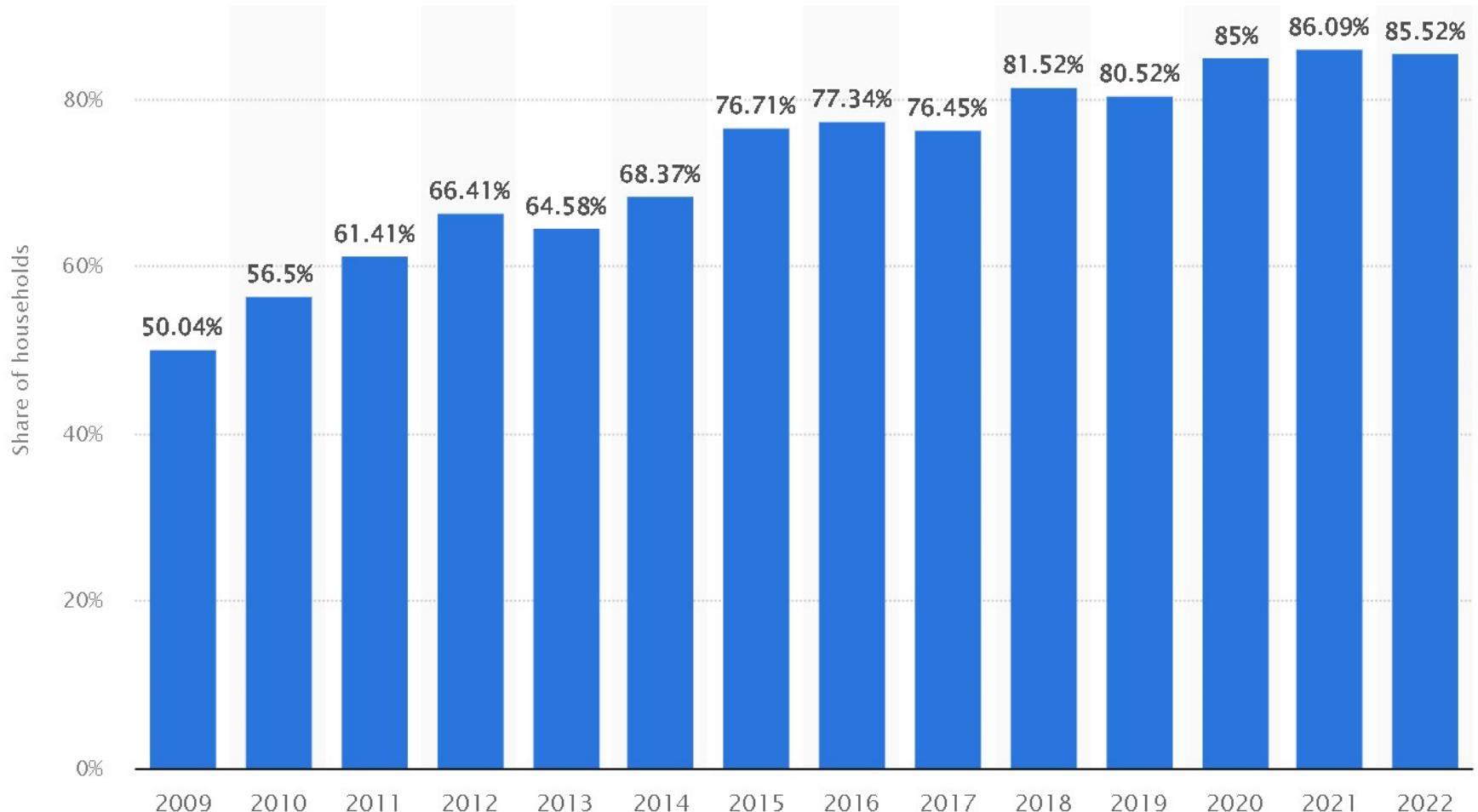
# Internet u Hrvatskoj

## Širokopojasni pristup Internetu

- usluga širokopojasnog pristupa Internetu dostupna je na sljedeće načine:
  - xDSL pristup putem bakrene parice
  - pristup putem svjetlovodnih niti (FTTB i FTTH)
  - pristup putem pokretnih mreža
  - pristup putem kabelskih mreža
  - nepokretni bežični pristup
  - pristup putem iznajmljenih vodova
  - pristup putem satelitskih veza

# Internet u Hrvatskoj

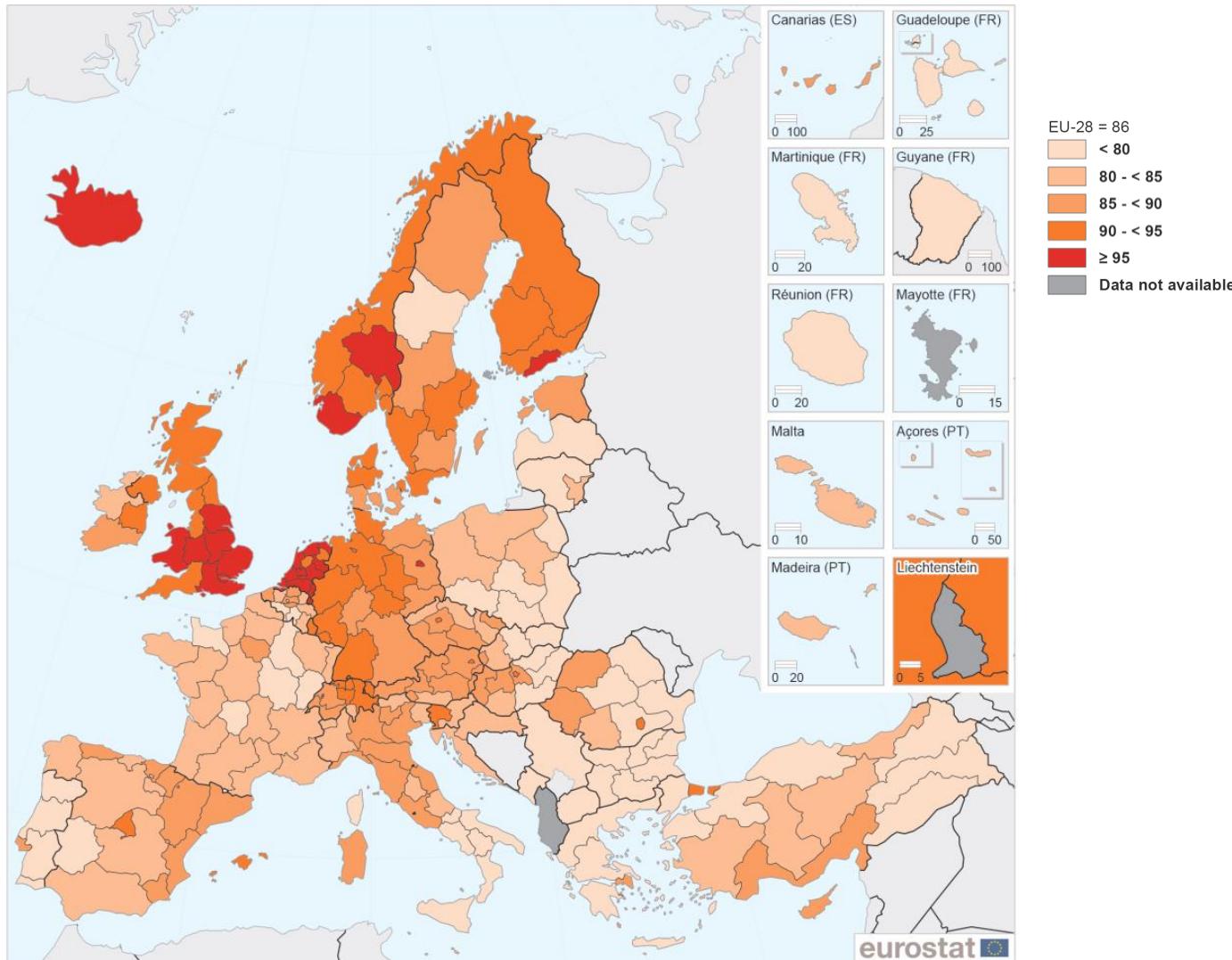
## Udio kućanstava s pristupom Internetu od 2009. do 2022.



Izvor: <https://www.statista.com/statistics/377714/household-internet-access-in-croatia/>

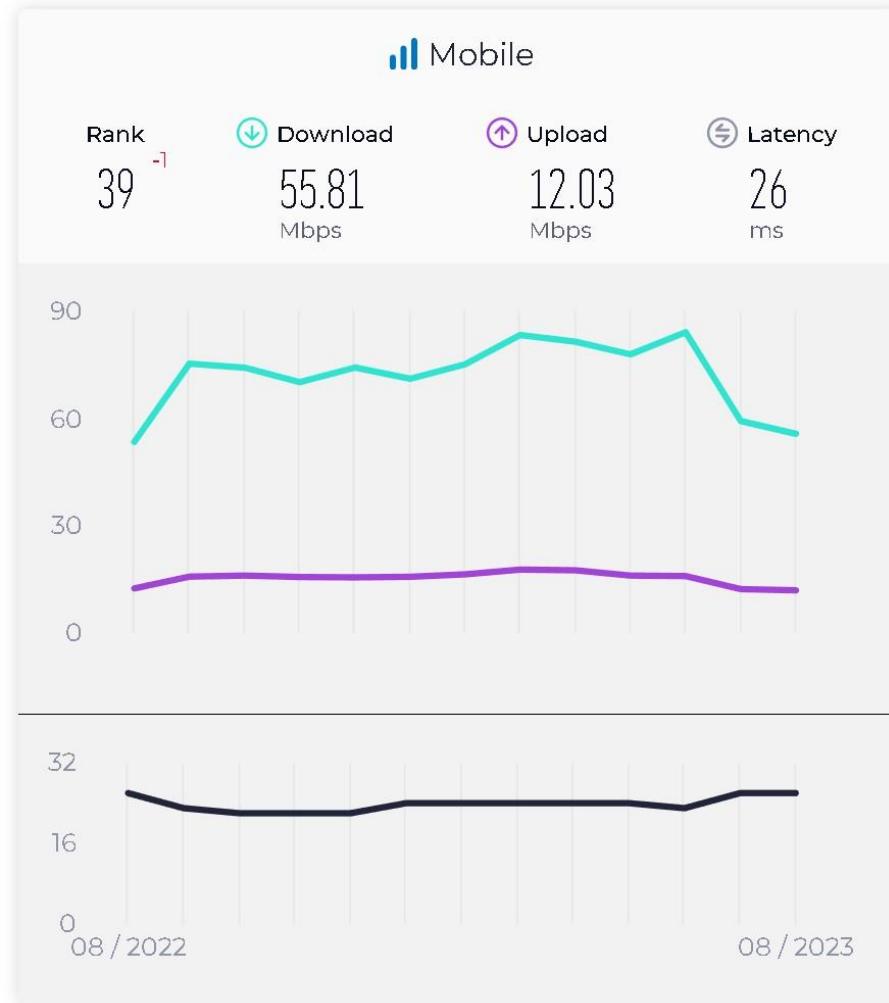
# Internet u Hrvatskoj

Udio kućanstava sa širokopojasnim pristupom, 2018.

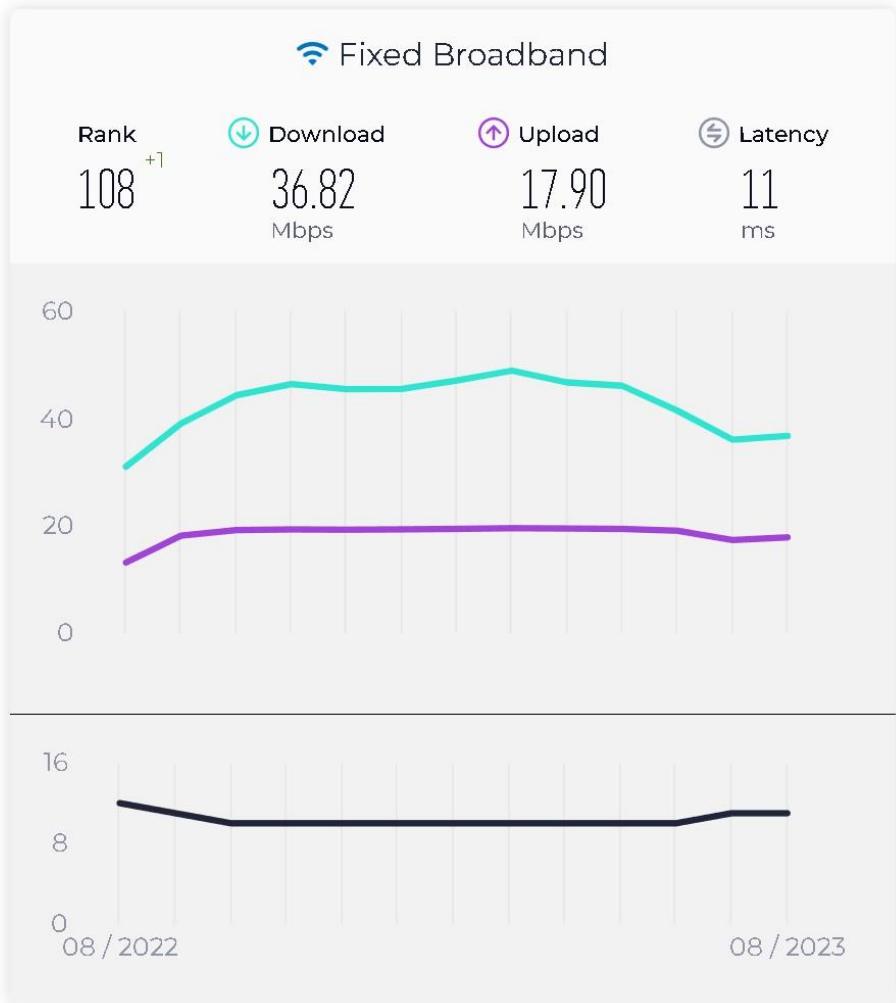


# Internet u Hrvatskoj

## Mobilni pristup, kolovoz 2023.



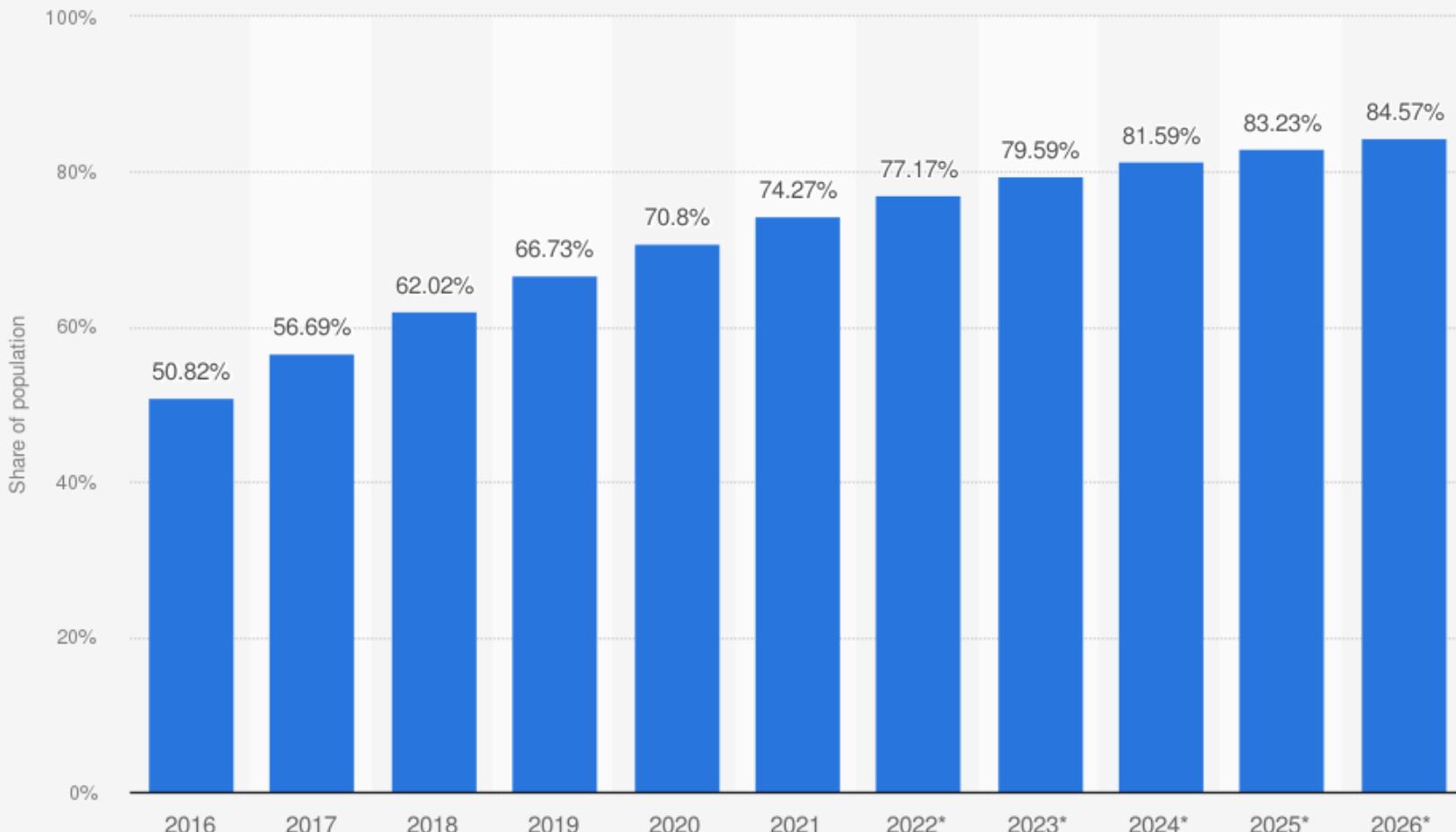
## Fiksni pristup, kolovoz 2023.



Izvor: <http://www.speedtest.net/global-index/croatia#mobile>

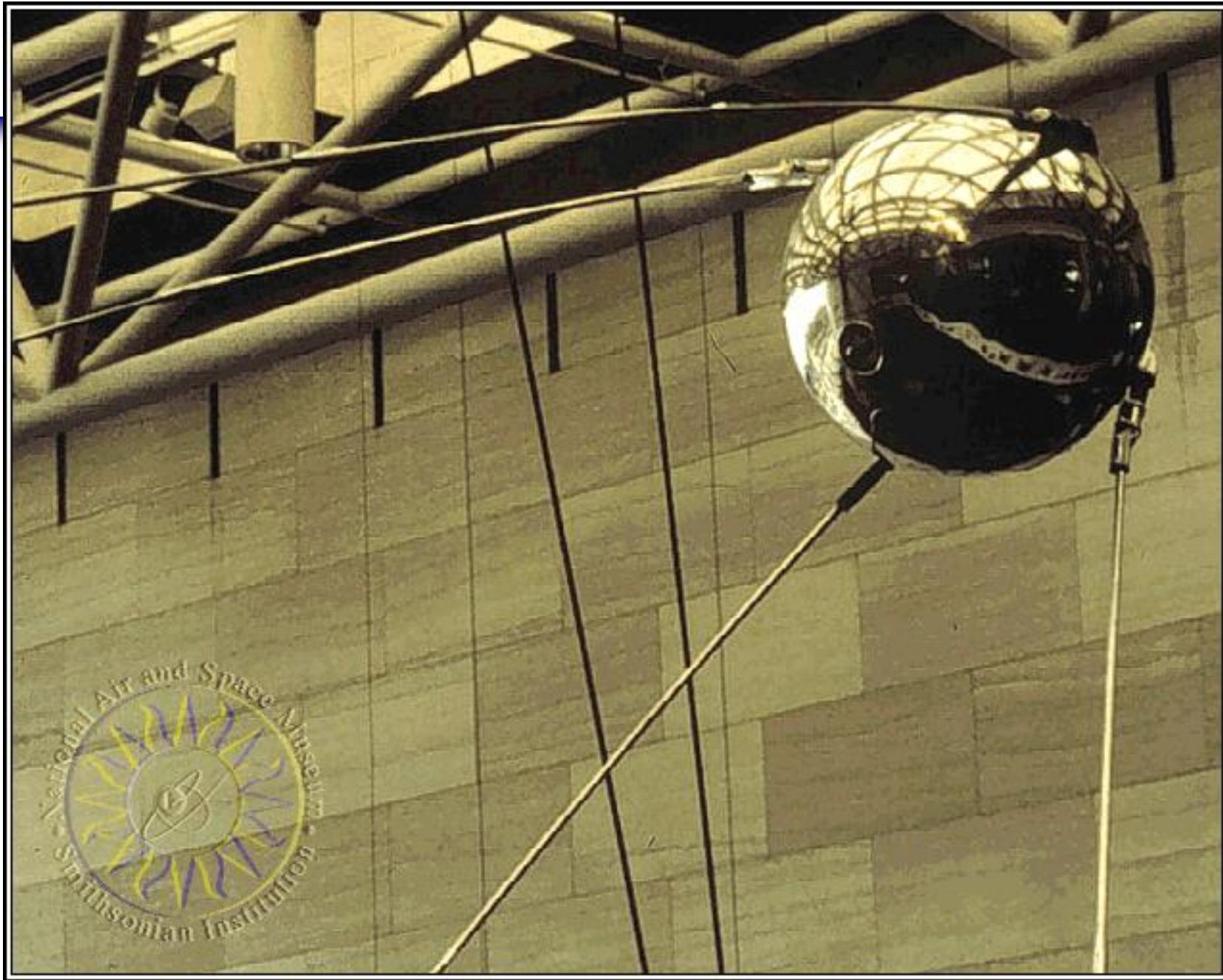
# Internet u Hrvatskoj

Mobile internet user penetration in Croatia from 2016 to 2026



Izvor: <https://www.statista.com/statistics/567738/predicted-mobile-internet-user-penetration-rate-in-croatia/>

# Slike uz nastavnu cjelinu "Povijest Interneta"



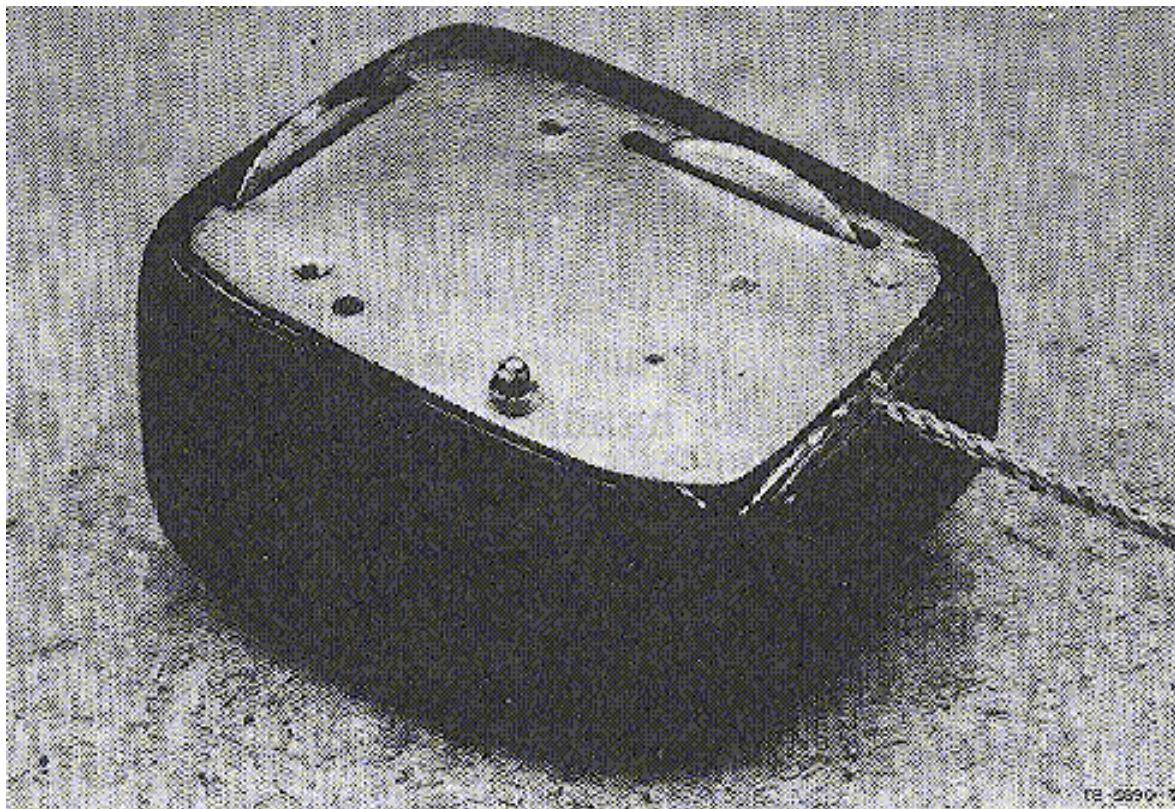


FIGURE 2—Underside of mouse

ASCII Alphabet			
A	1000001	N	1001110
B	1000010	O	1001111
C	1000011	P	1010000
D	1000100	Q	1010001
E	1000101	R	1010010
F	1000110	S	1010011
G	1000111	T	1010100
H	1001000	U	1010101
I	1001001	V	1010110
J	1001010	W	1010111
K	1001011	X	1011000
L	1001100	Y	1011001
M	1001101	Z	1011010

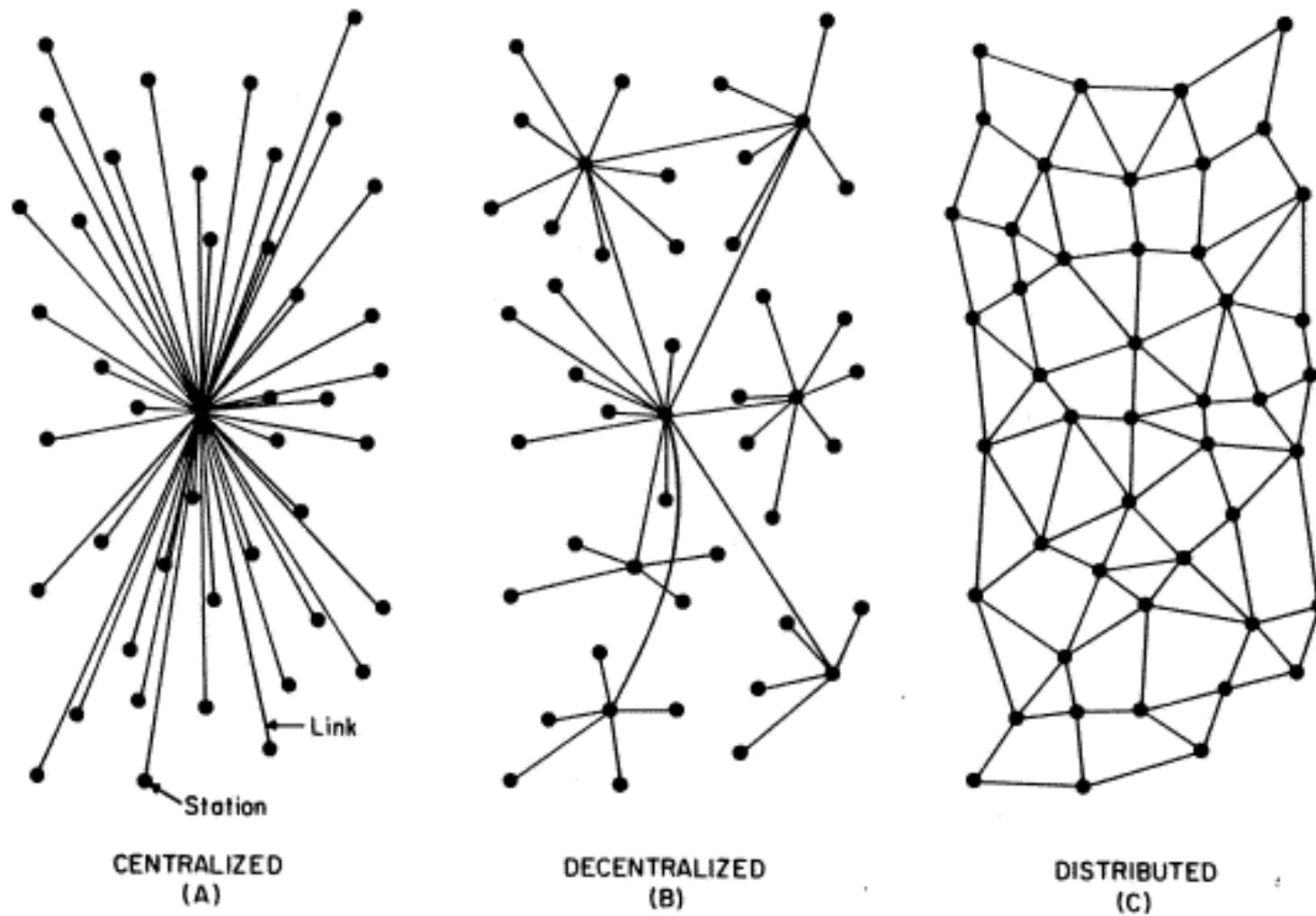
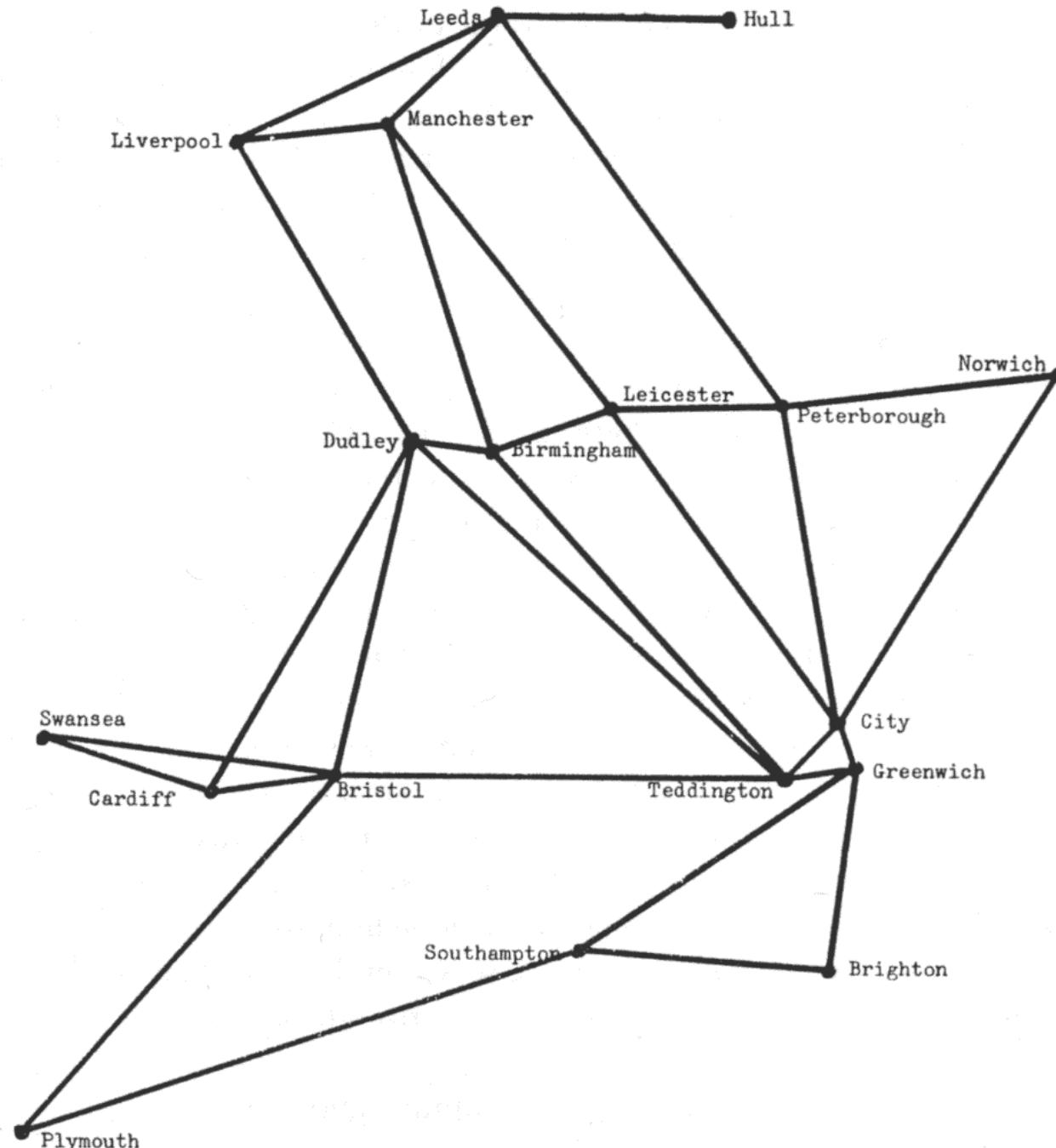
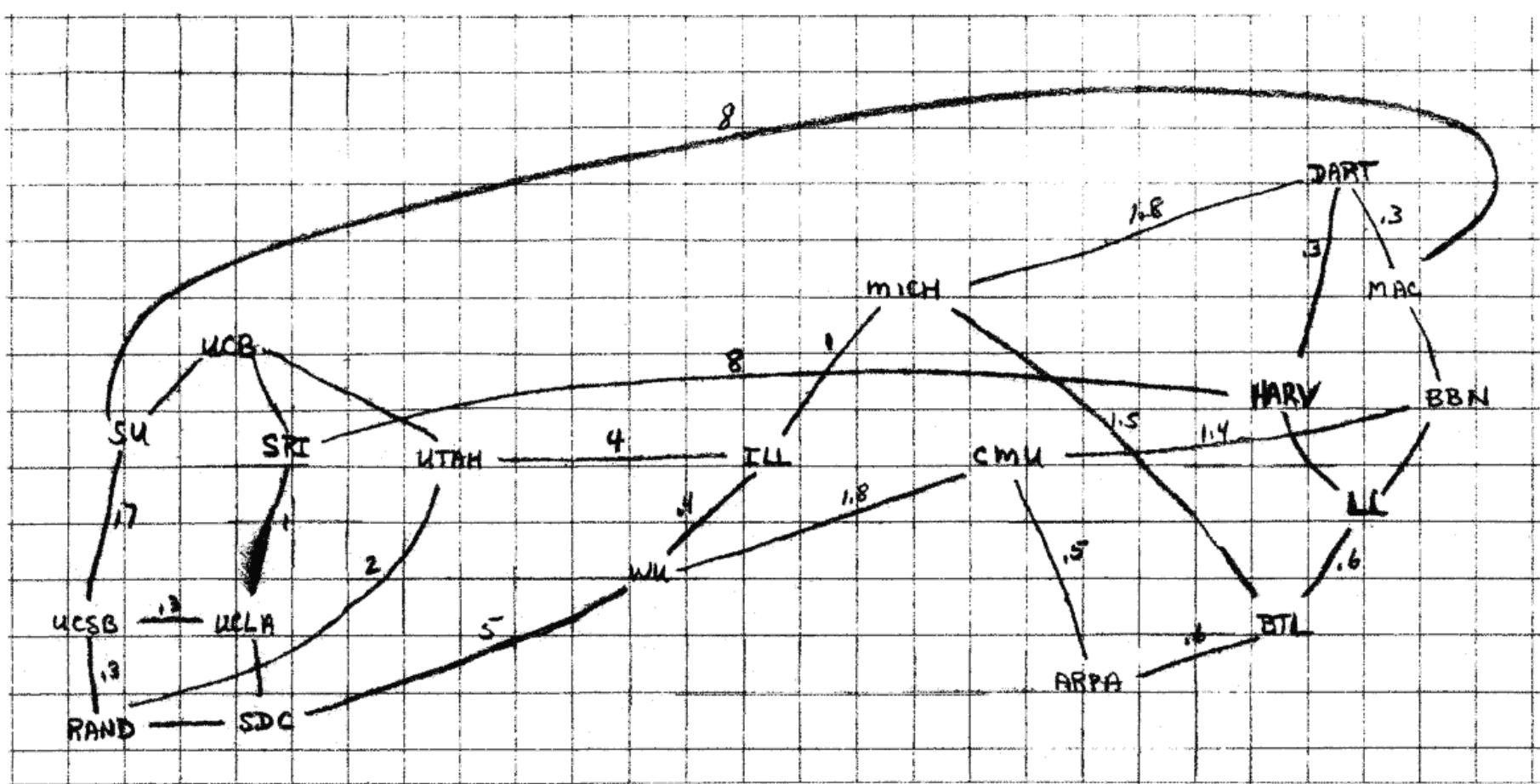
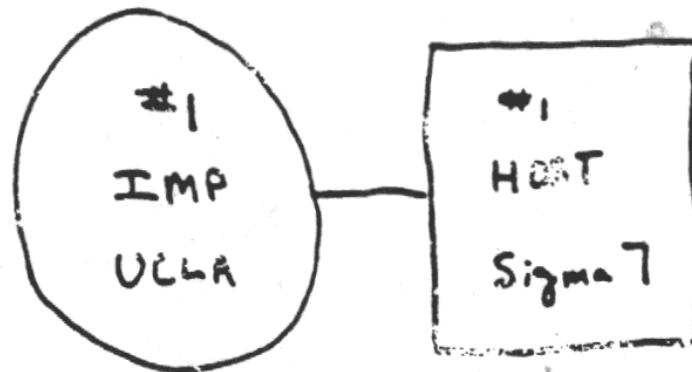


FIG. 1 – Centralized, Decentralized and Distributed Networks







## THE ARPA NETWORK

SEPT. 1969

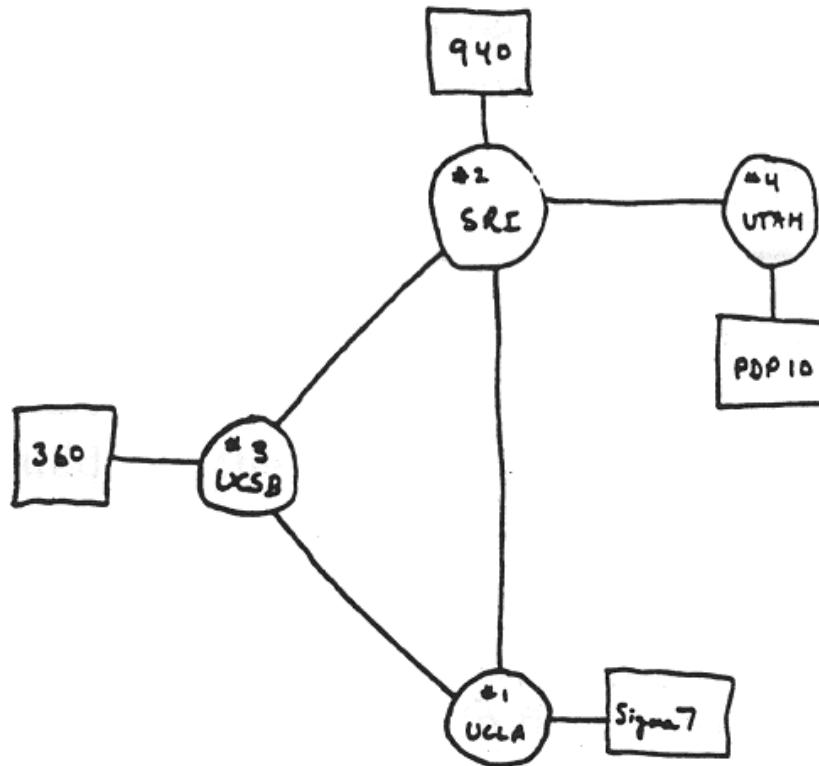
1 NODE

**FIGURE 6.1** Drawing of September 1969  
(Courtesy of Alex McKenzie)

## 6 Test messages between UCLA-SRI 10/15/69

## 6a Network configuration



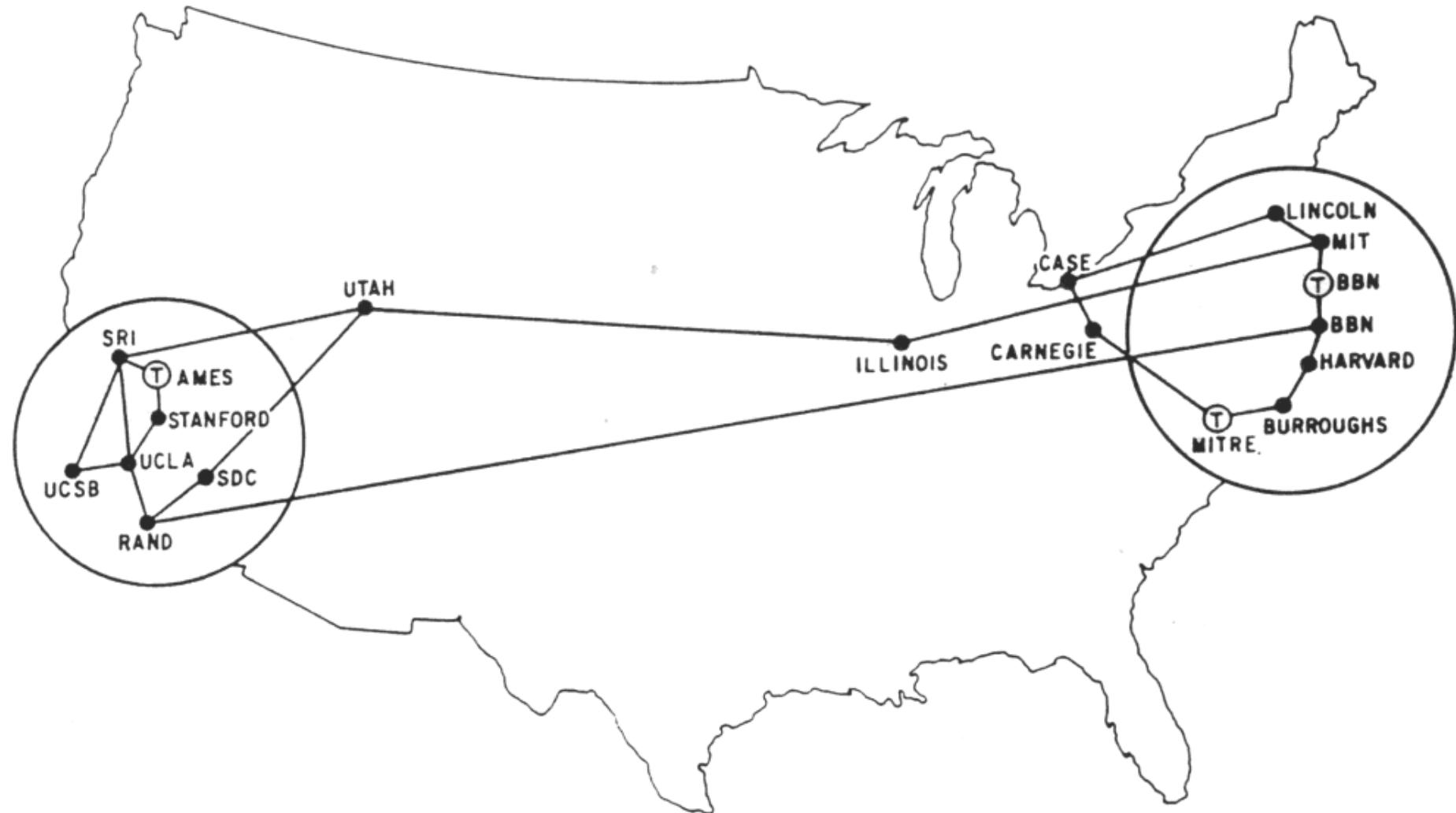


THE ARPA NETWORK

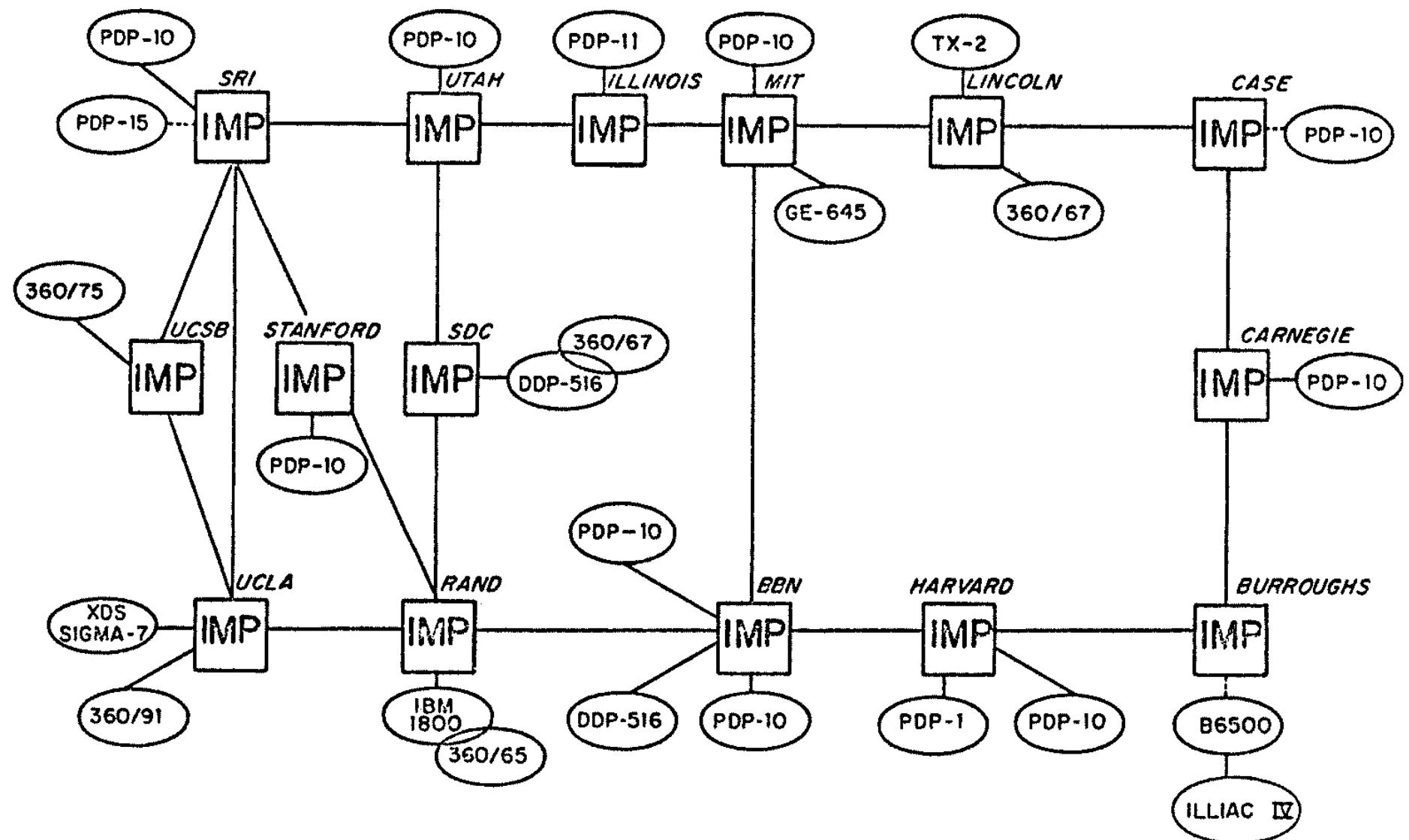
DEC 1969

4 NODES

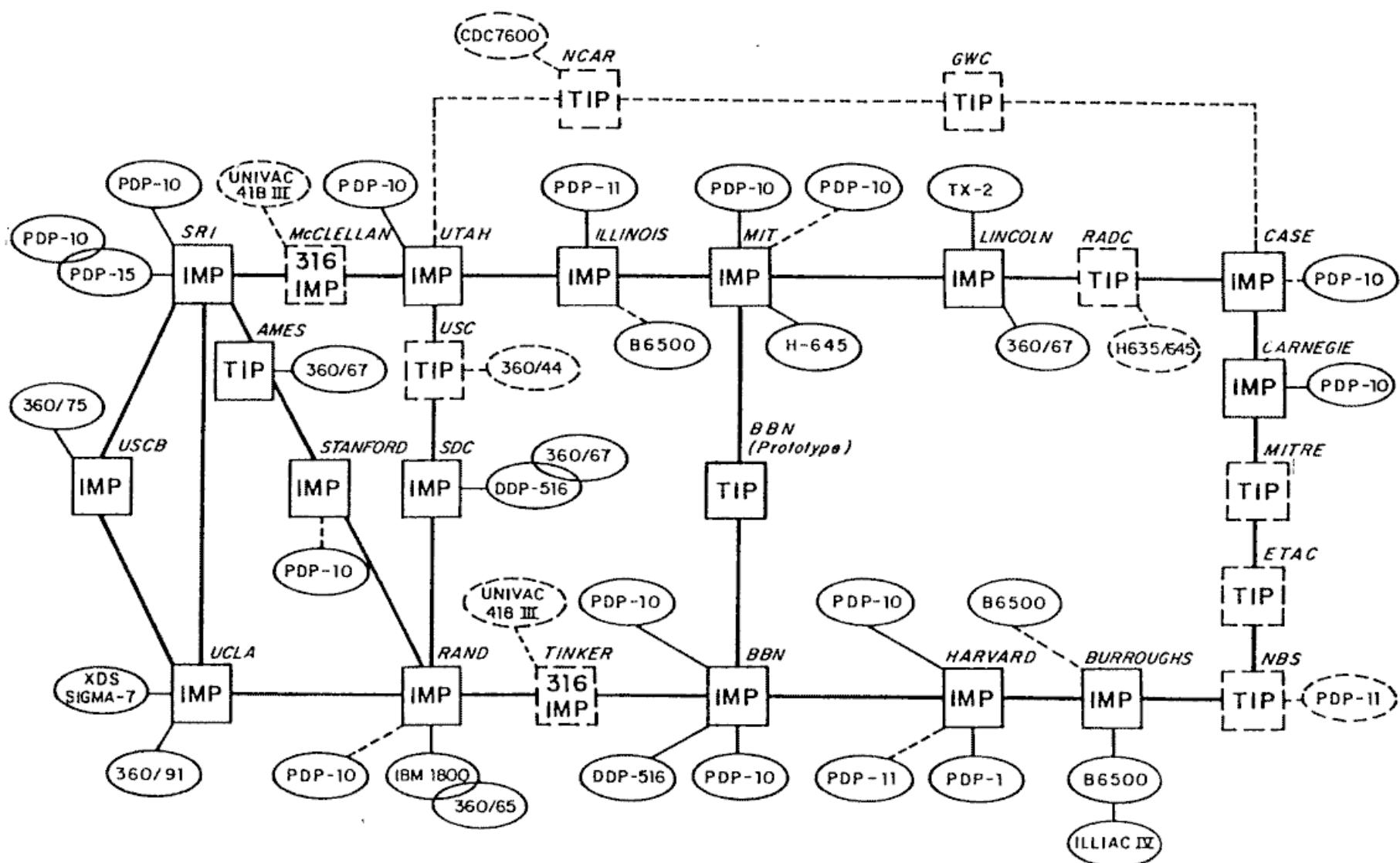
FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network  
(Courtesy of Alex McKenzie)



MAP 4 September 1971

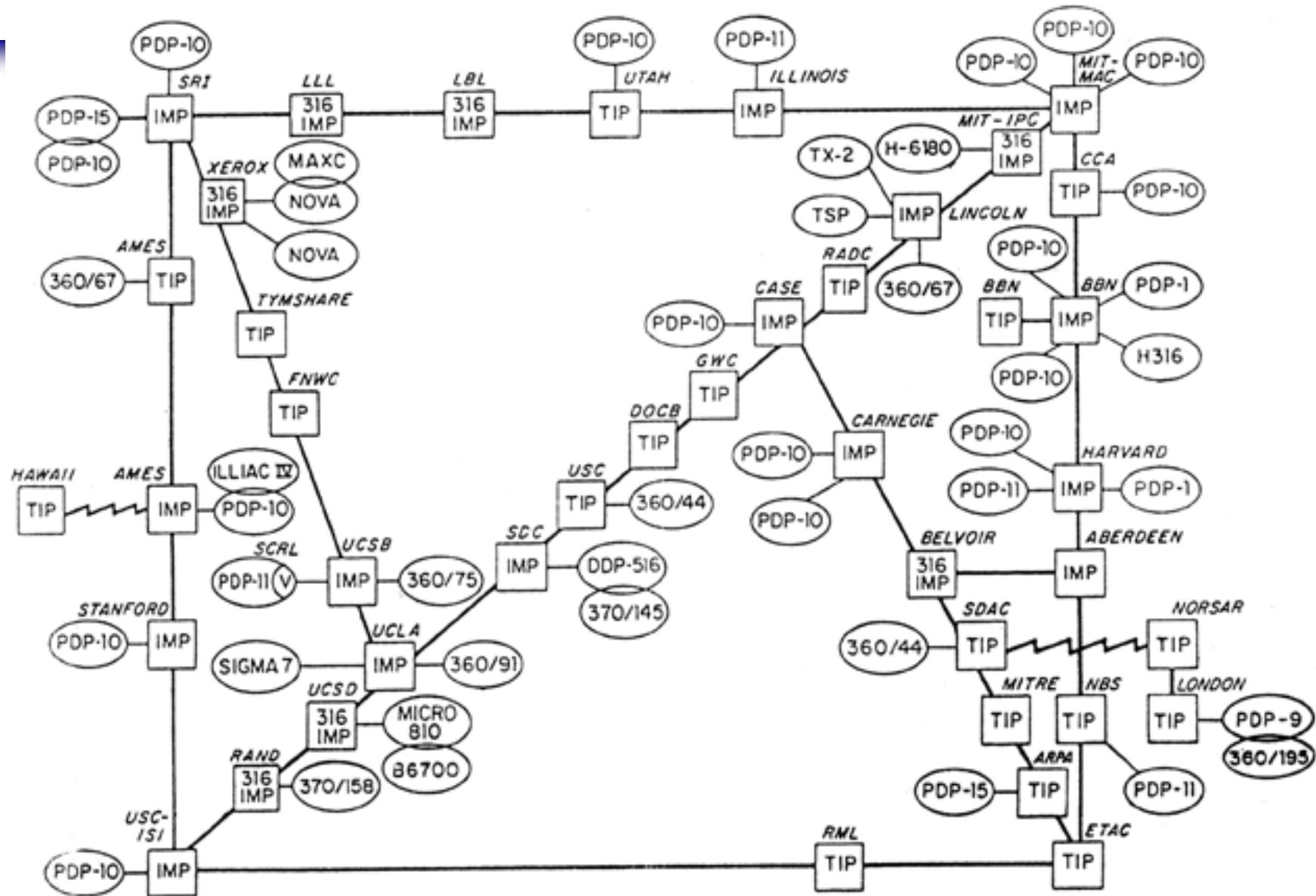


ARPA NET, APRIL 1971



ARPA NET, AUGUST 1971

# ARPA NETWORK, LOGICAL MAP, SEPTEMBER 1973



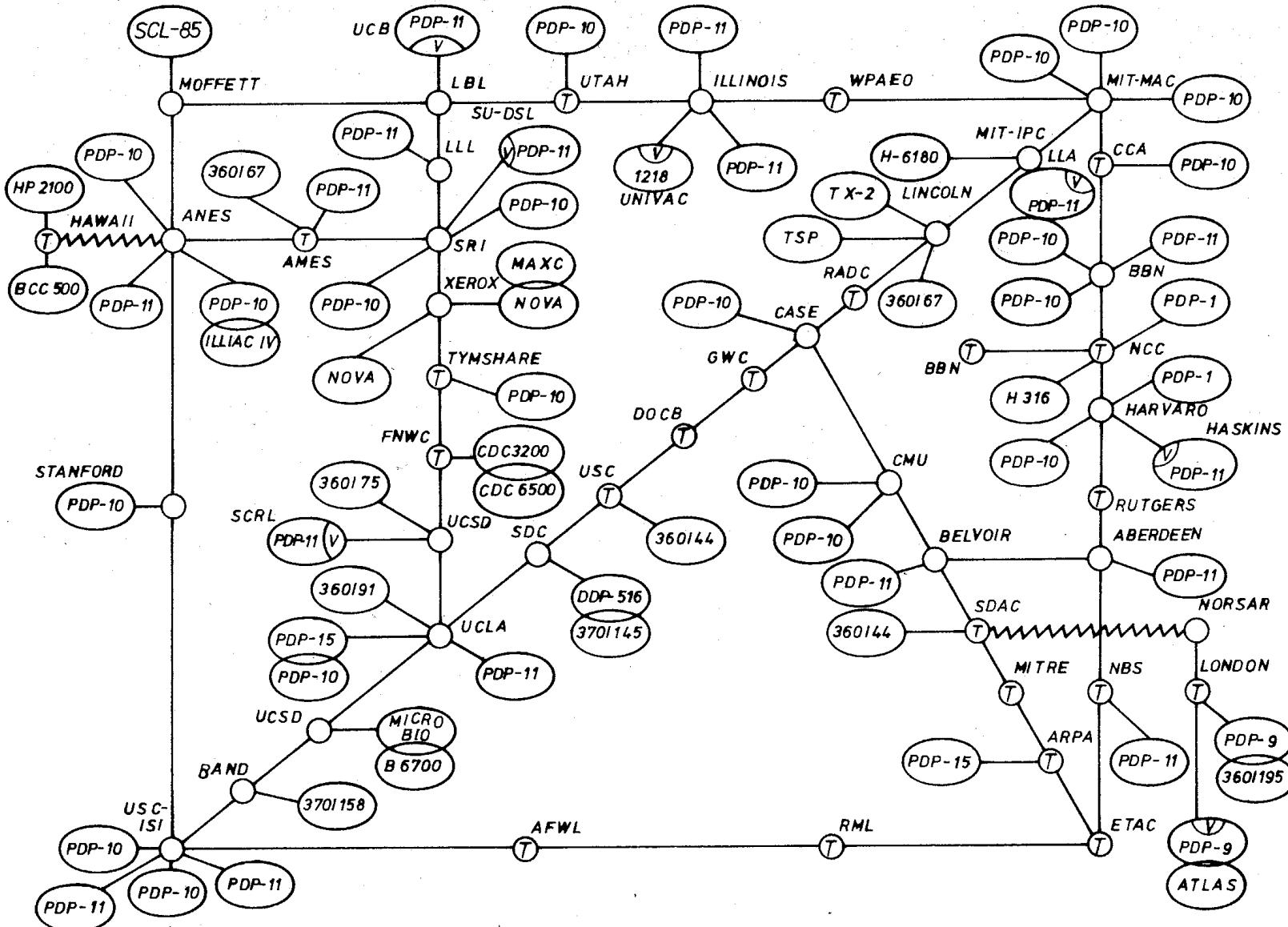
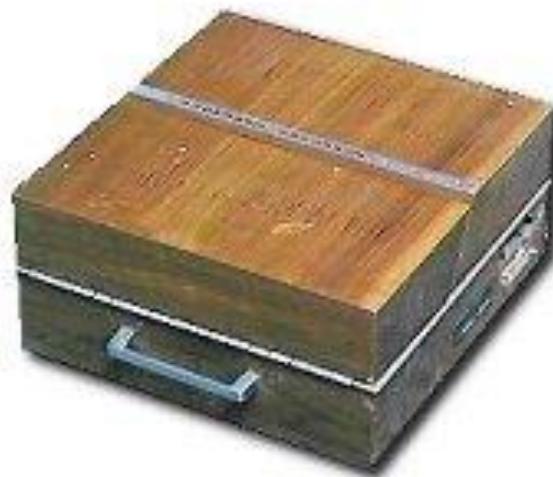
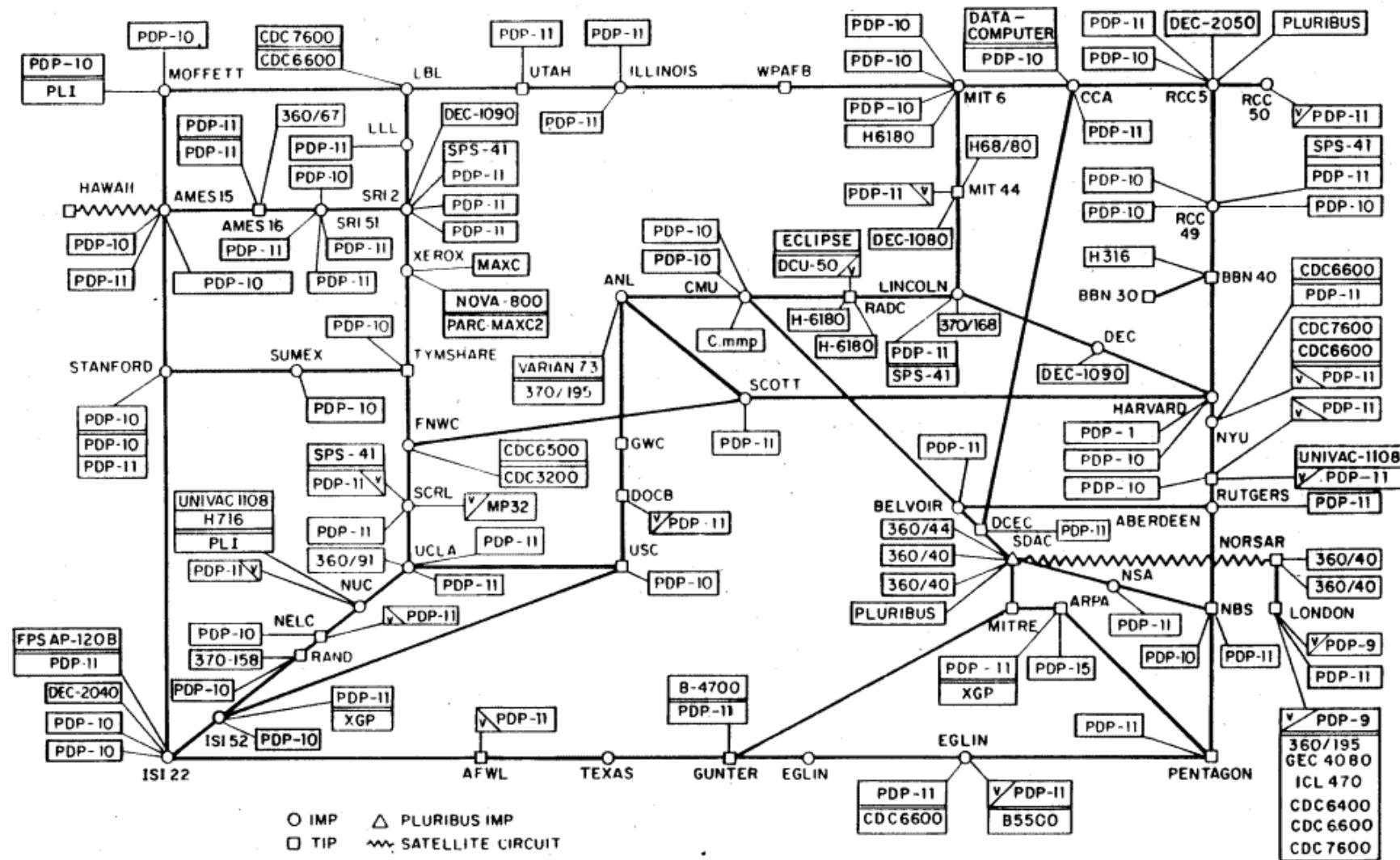


Abb. 4 ARPA NETwork, topologische Karte. Stand Juni 1974.

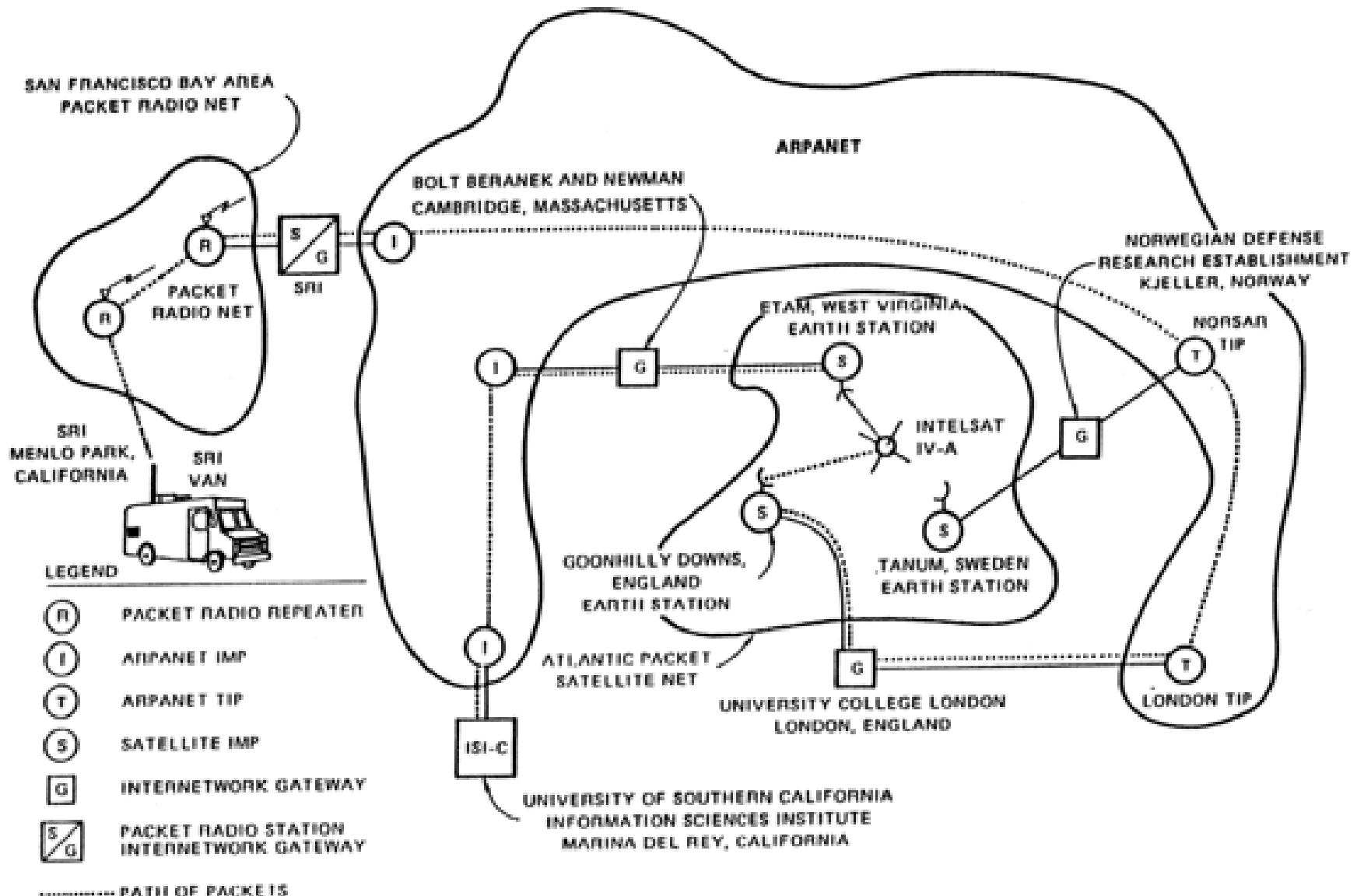


## ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE HOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES



Newsgroups: NET.general

After welcoming several new sites to Usenet, I'm enclosing the current map.  
Any sites which are missing or wrong please let me know.

USENET Logical Map

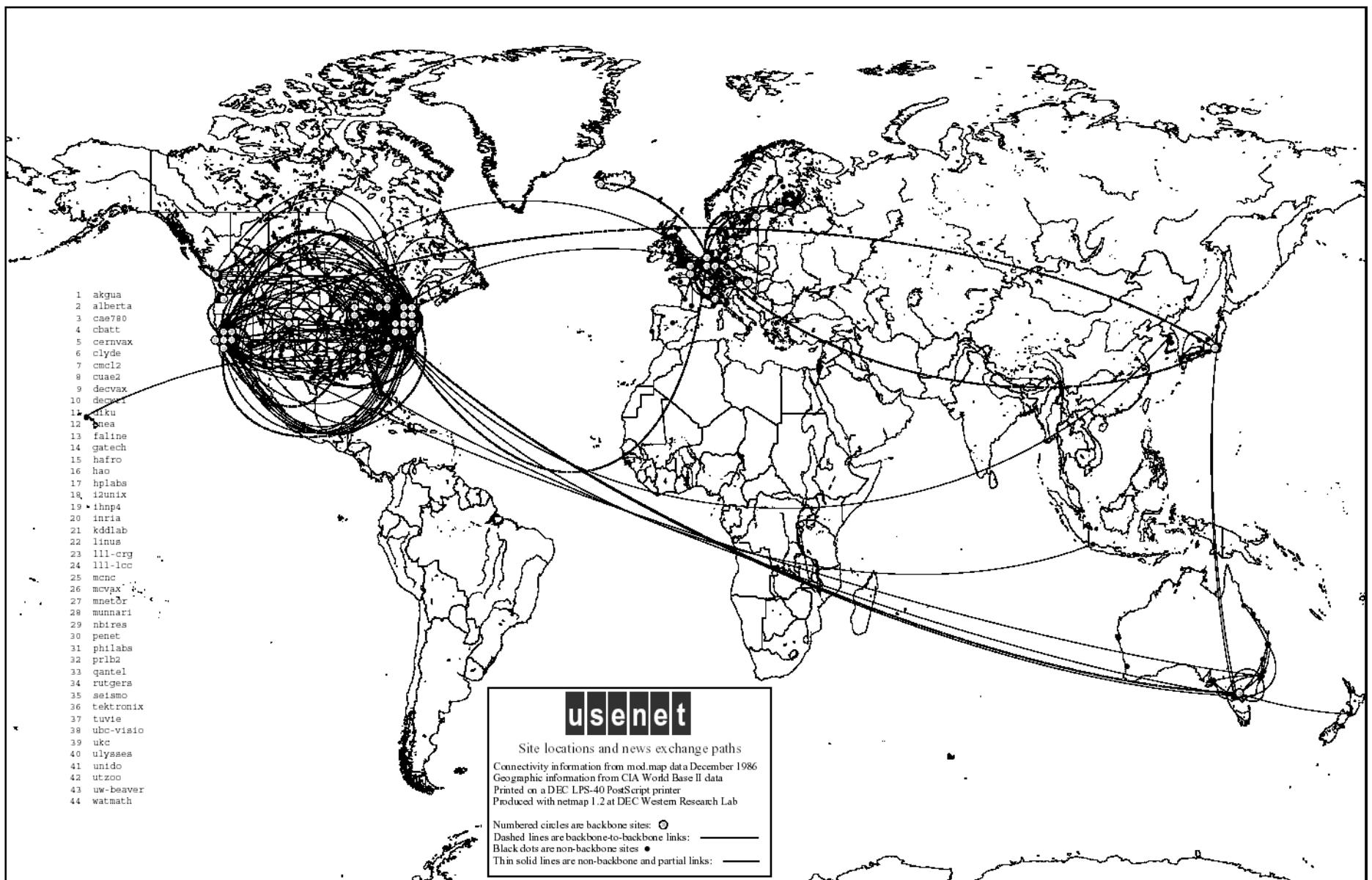
June 1, 1981

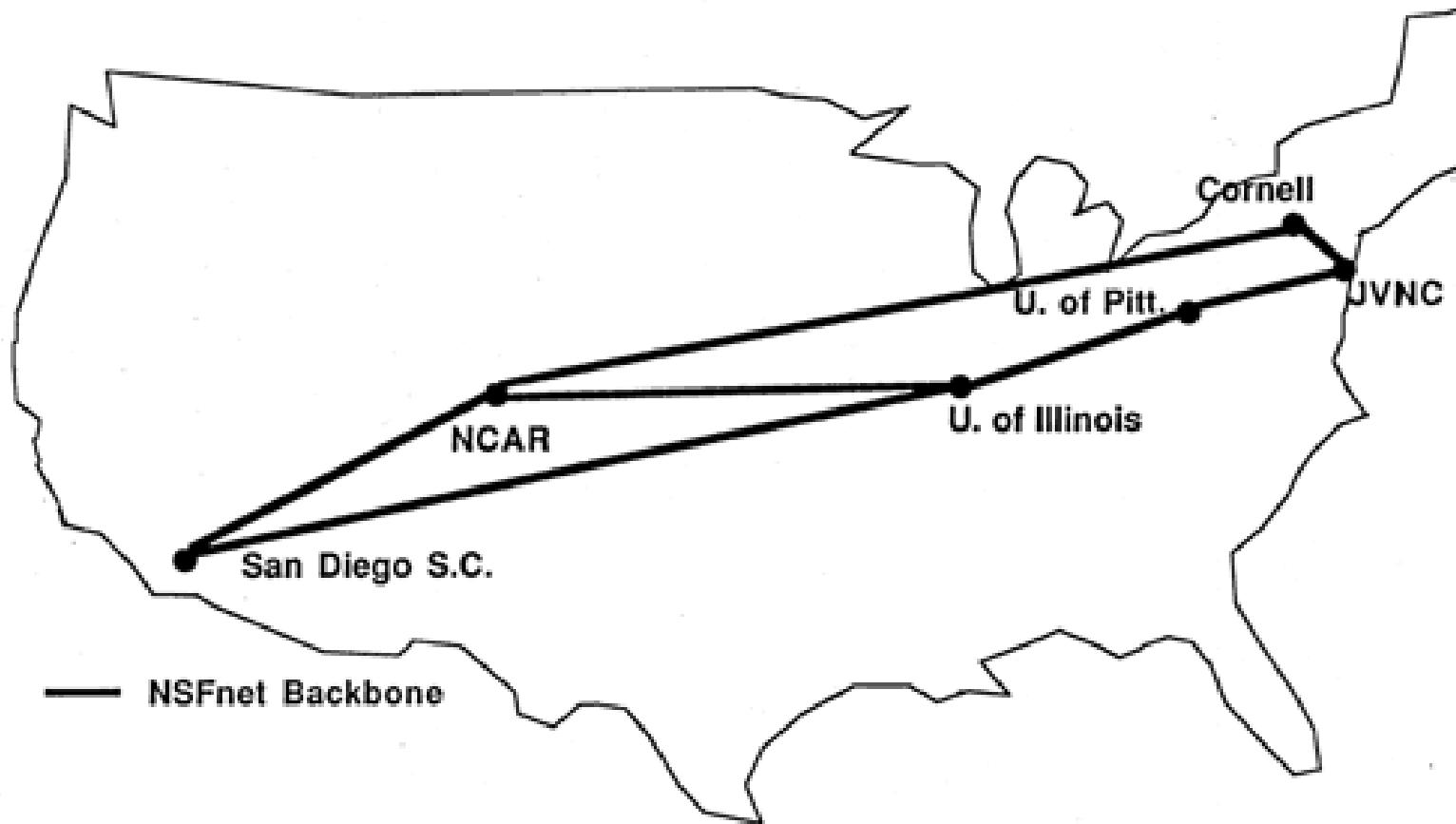
!- Uucp links  
: Berknet links  
@ Arpanet links

pdp

(Misc) ! (NC) (Misc)

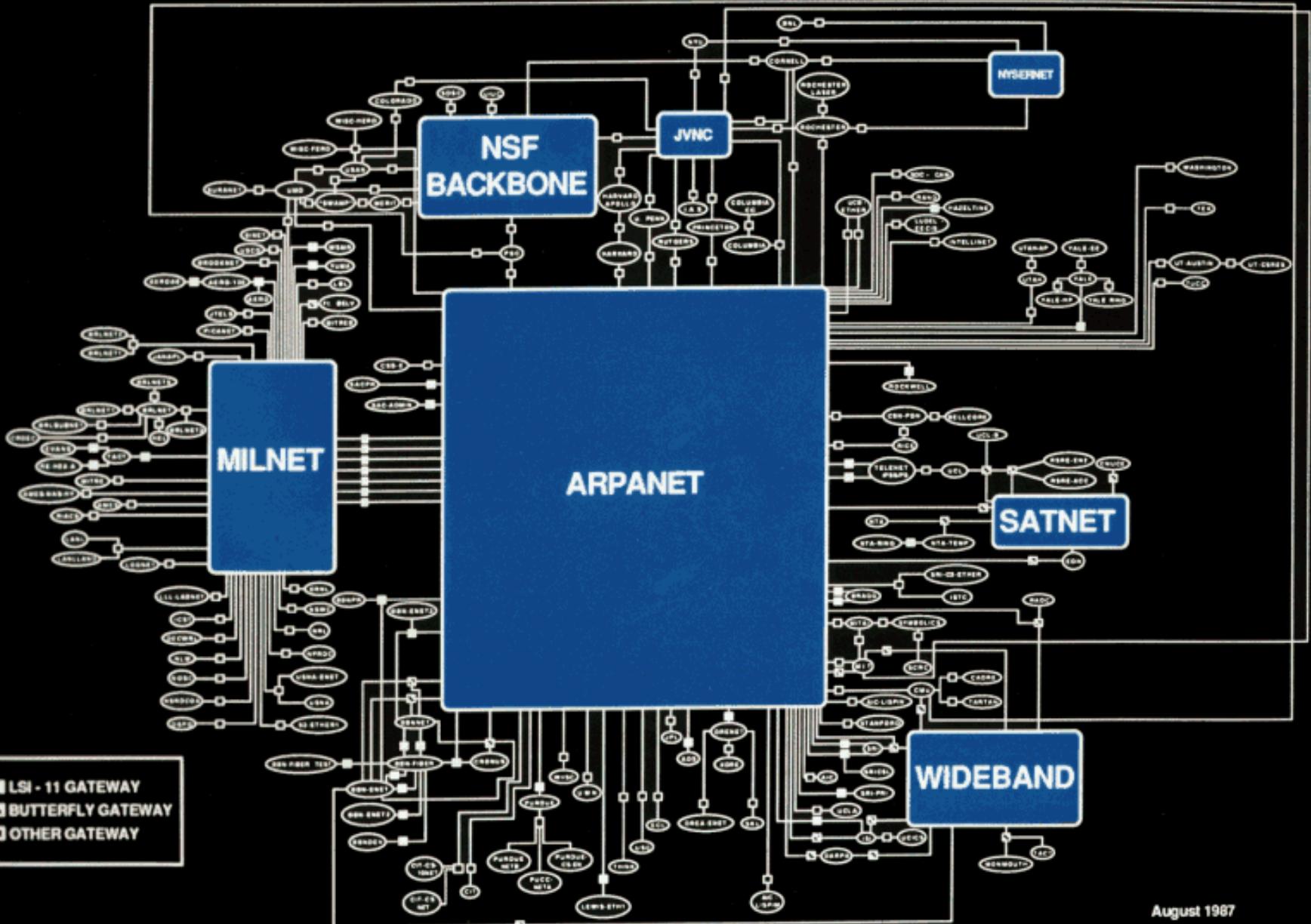
decvax	sii	reed	phs--unc--grumpy	duke34	utzoo	cincy	teklabs
! ! !	!	!	!	!	!	!	!
! +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+							
!			!				
!			duke				
!			!				
!			+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+				
!			!	!	!	!	!
ucbopt	!	hocsr--mhtsa---research	allegra		harpo----chico		
:	!	!	!	!			
ucbcory	!	eagle	ihnss	vax135	(Bell Labs)		
(UCB) :	!	!	!	!	!		
ucbvax	--++-----+-----+-----+-----+-----+						
:	@		!	!		(Silicon Valley)	
ucbarpa	@	(UCSD) sdcsvax		!		menlo70--hao	
:	@	sdcattb-----+		!		!	!
ucbonyx	@		-----ucsfcgl		sytek	sri-unix	
	@	phonlab-----+					
cca-unix			sdcarl				





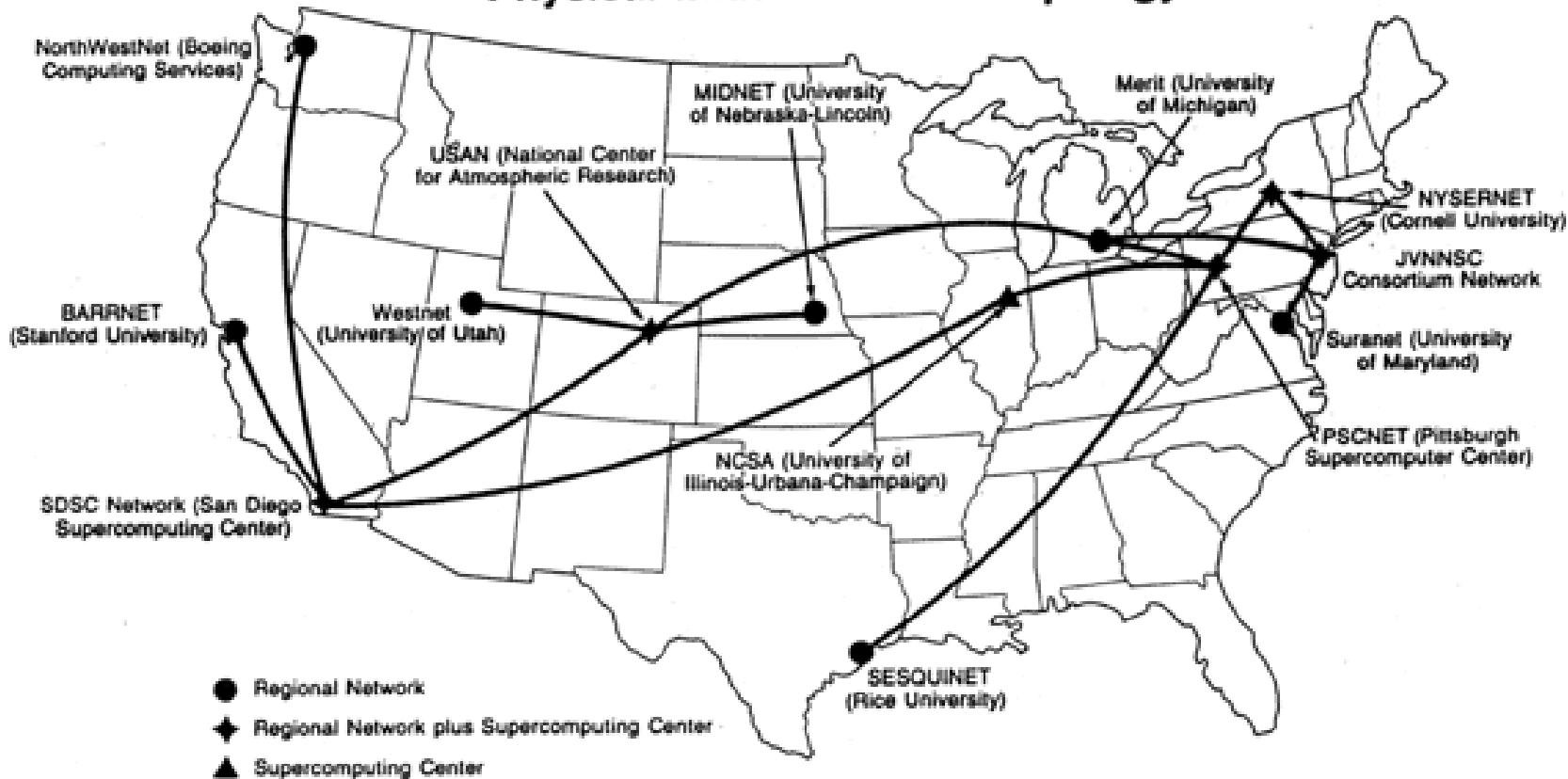
## NSFnet Backbone Network

National Center For Atmospheric Research  
March 18, 1986



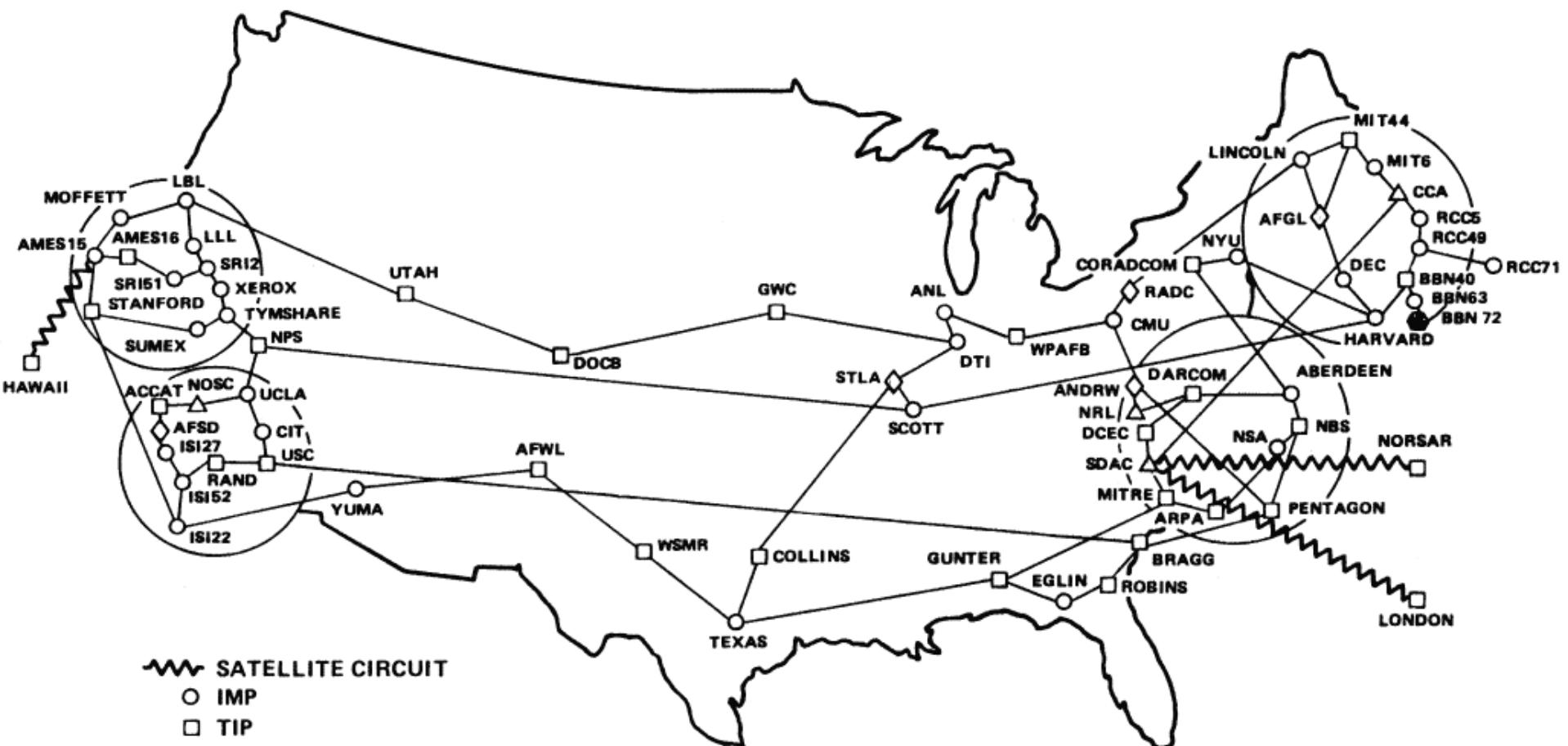
August 1987

## Physical Initial NSFNET Topology



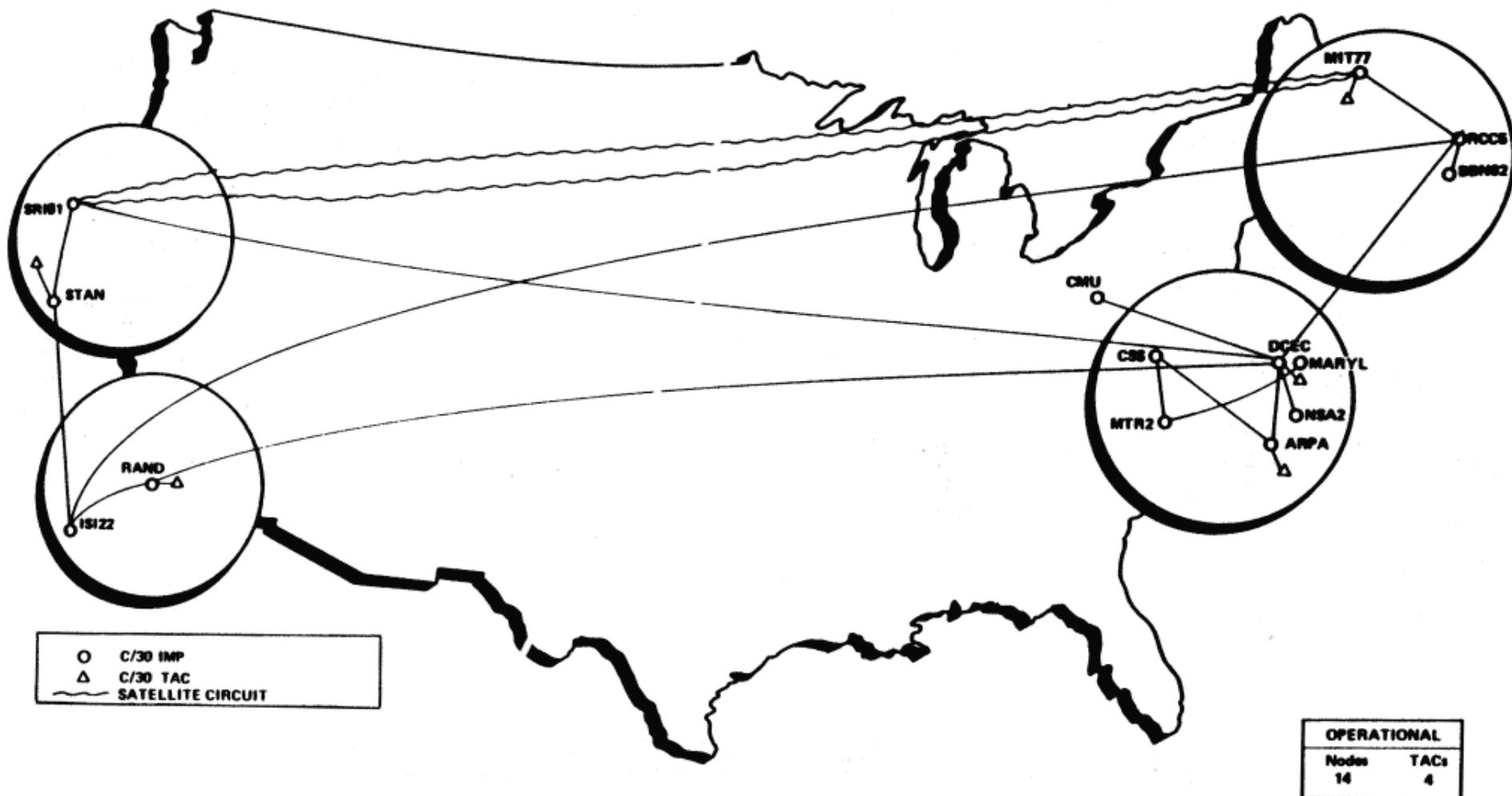
Center for Cartographic Research and Spatial Analysis, Michigan State University, 2/88

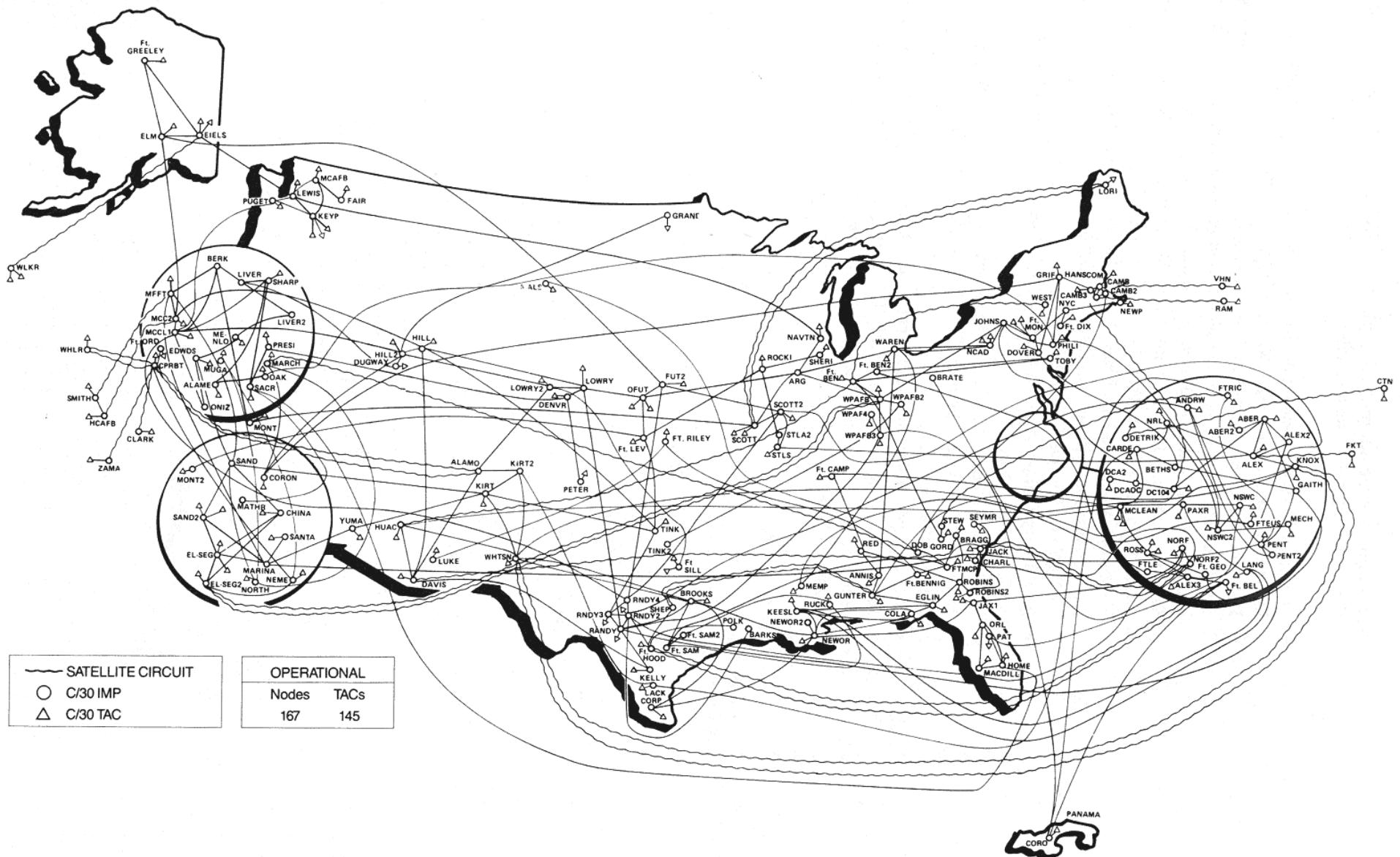
# ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980

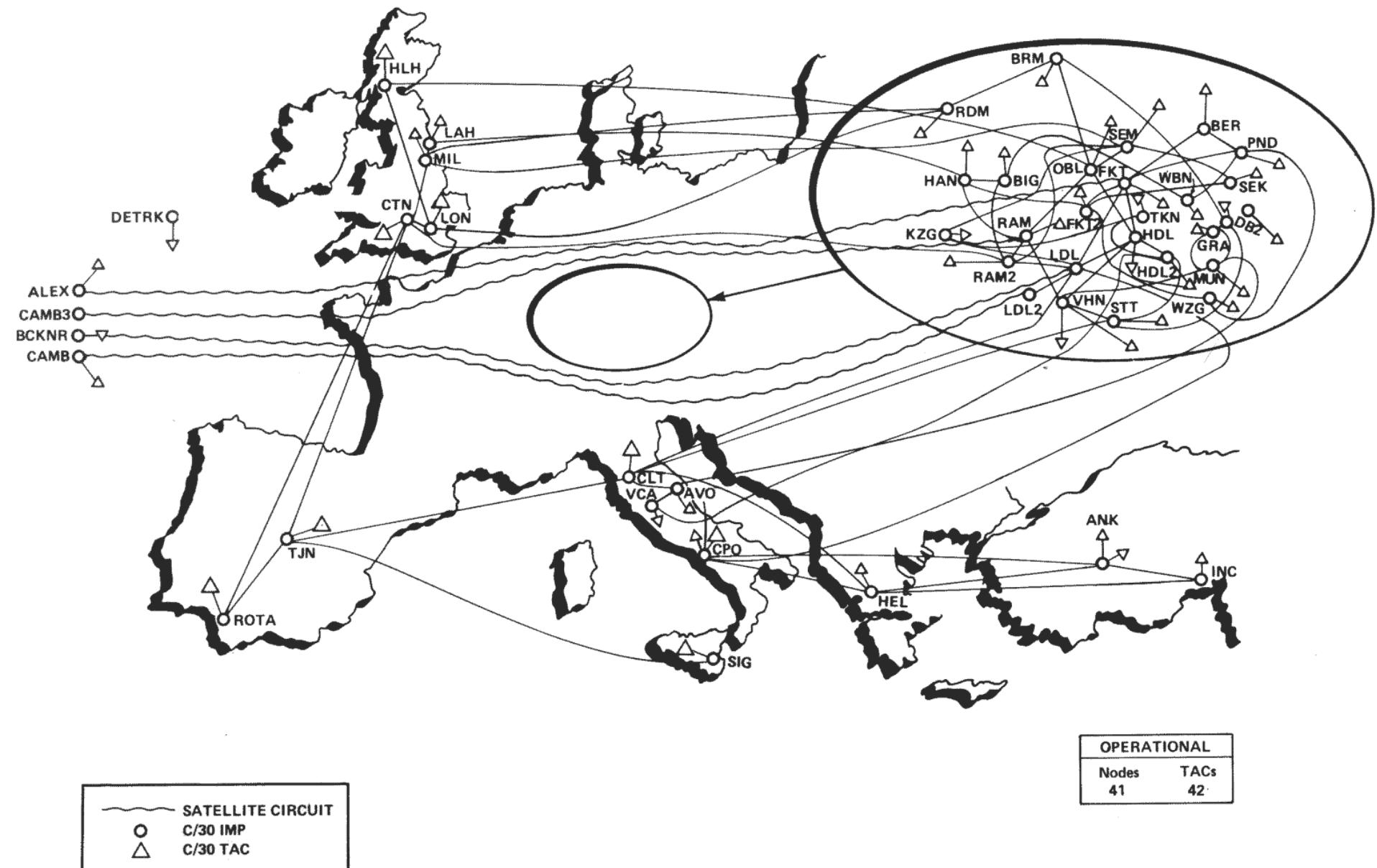


(NOTE: THIS MAP DOES NOT SHOW ARPA'S EXPERIMENTAL SATELLITE CONNECTIONS)  
NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

# ARPANET Geographic Map, 31 October 1989





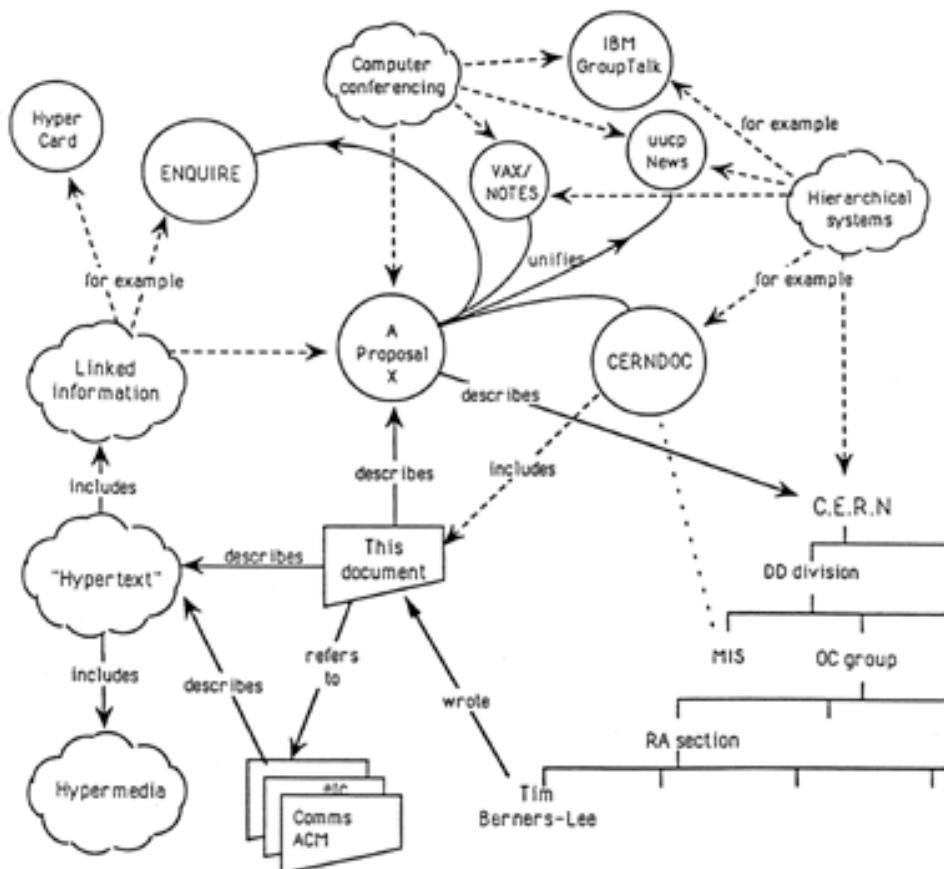


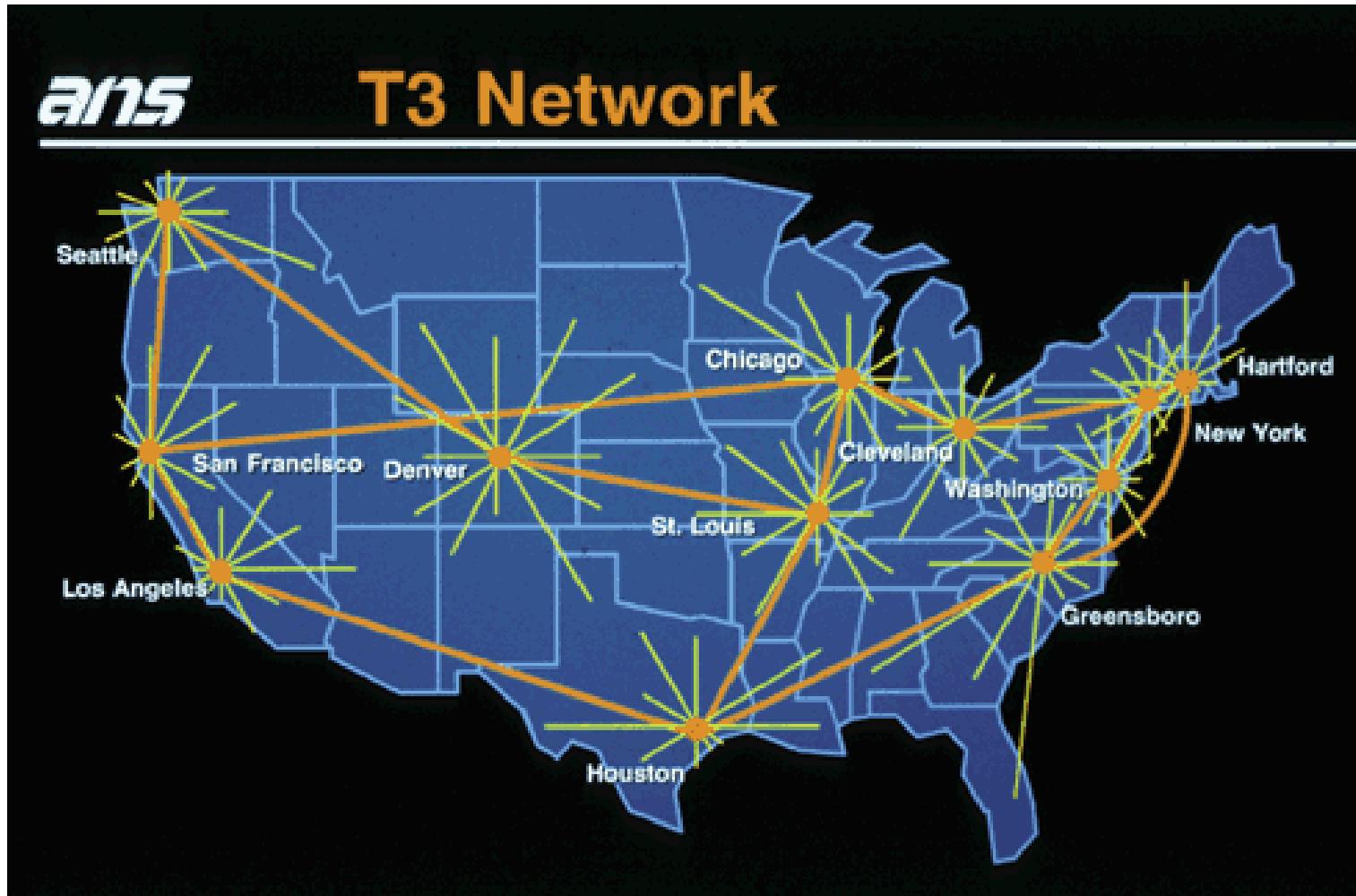
## Information Management: A Proposal

### Abstract

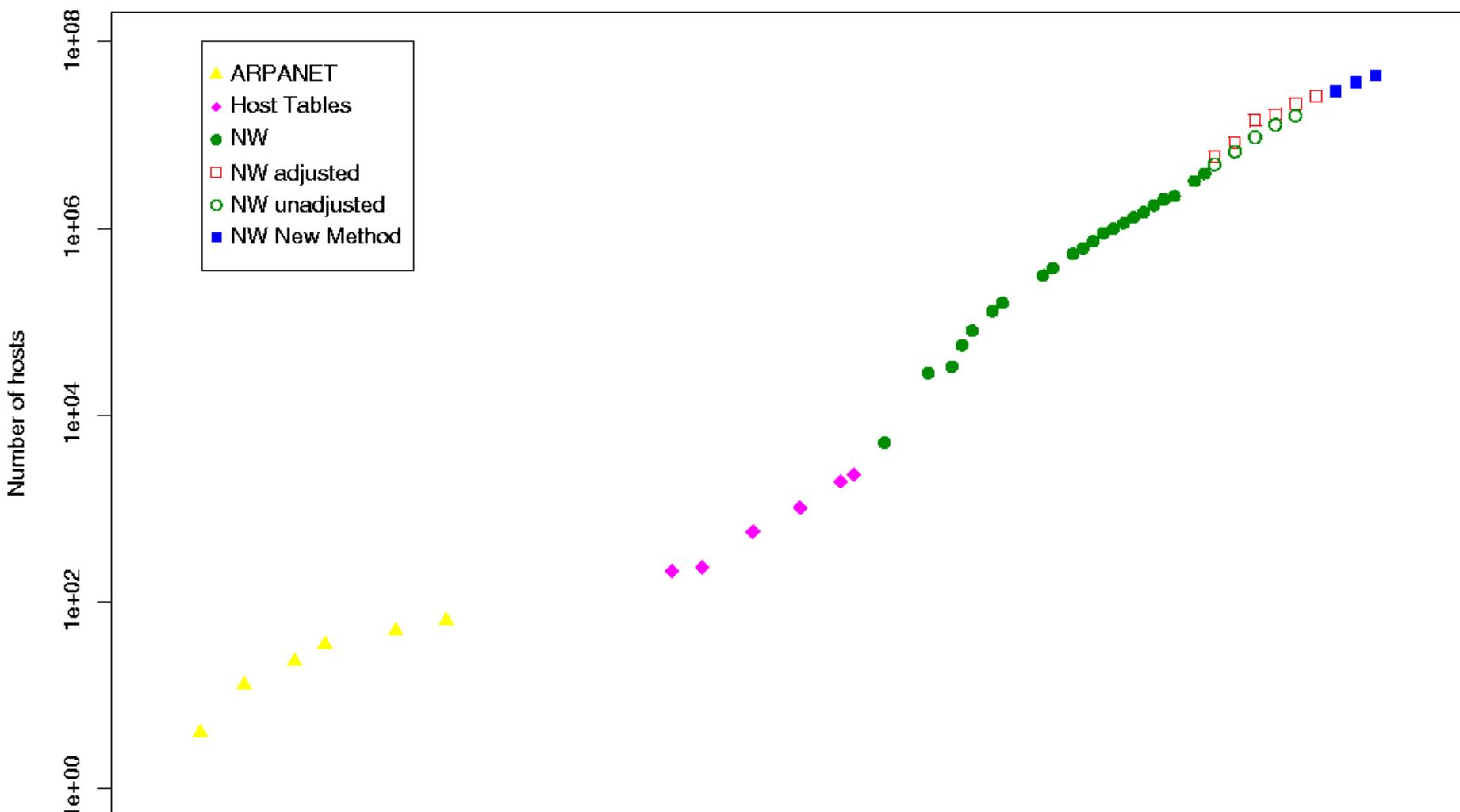
This proposal concerns the management of general information about accelerators and experiments at CERN. It discusses the problems of loss of information about complex evolving systems and derives a solution based on a distributed hypertext system.

Keywords: Hypertext, Computer conferencing, Document retrieval, Information management, Project control





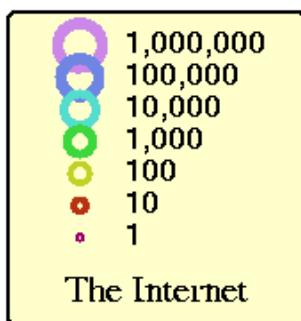
## Internet Host Numbers: 1969 – 1999



Copyright (c) 1999 MIDS

Year

<http://www.mids.org/>



Copyright (c) 1999 MIDS Austin, Texas, USA

+1-512-451-7602 fax +1-512-452-0127

<http://www.mids.org> mids@mids.org

-Dc 1 1:100,000,000 Winkel Tripel projection 1999.12.05 (5 33 20)

# Adresiranje i IPv4

## slajd 8

161.53.16.133/26 – duljina mrežnog prefiksa iznosi 26 bita, što odgovara zbroju duljine adrese mreže i duljine adrese podmreže – ukupan broj korisničkih računala koja se mogu adresirati u toj podmreži iznosi - koliko? ( $32-26=6$ ;  $2^6=64$ ;  $64-2=62$ )

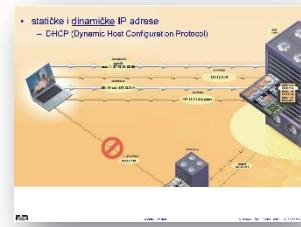
Veličina mreže	Veličina podmreže	Adresa mrežnog prefiksa
255.255.255.0	255.255.255.0	/24
255.255.254.0	255.255.254.0	/25
255.255.252.0	255.255.252.0	/26

## slajd 9

161.53.16.133 – 10100001.00110101.00010000.10000101  
255.255.255.192 – 11111111.11111111.11111111.11000000  
----- AND  
161.53.16.128 – 10100001.00110101.00010000.10000000

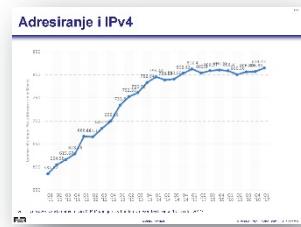
## slajd 10

IP addresses are the most efficient for the service provider. Dynamic addressing is convenient because it is easy for administrators to set up. DHCP works automatically with minimal intervention needed, allowing mobile devices to easily move between different networks.



## slajd 12

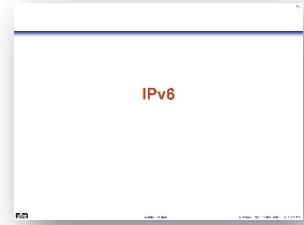
In the most recently measured period, there were about 814.4 million unique IPv4 addresses worldwide, up from 808 million in the corresponding quarter of the previous year.



# IPv6

## slajd 13

- IPv4 nije značajnije mijenjan od 1981. godine; nisu bile predviđene sljedeće činjenice:
- eksponencijalni rast globalne računalne mreže koji doveo je do potrošnje IPv4 adresnog prostora
- potreba za jednostavnijim postupkom postavljanja adresa; većina IPv4 implementacija zahtjeva ručno postavljanje IP adrese ili korištenje dodatnog protokola, kao što je, npr. DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*); povećanje broja uređaja koji pristupaju Internetu zahtjeva jednostavnije (automatsko) postavljanje adrese koja ne ovisi o DHCP infrastrukturi
- potreba za sigurnosnom zaštitom na razini samog IP-a; komunikacija putem javne mreže kao što je Internet zahtjeva šifriranje koje osigurava tajnost i integritet podataka
- potreba za većom kvalitetom usluge, odnosno osiguranjem dostave podataka u stvarnom vremenu

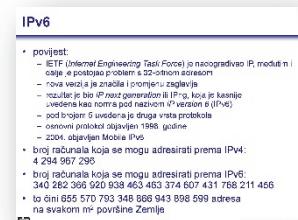


## slajd 15

IPv5 – Internet Stream Protocol; dodatak na IPv4; nije dobio javnu primjenu

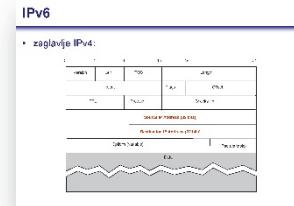
IPv6: 128-bitna adresa

dovoljno adresa da pokrije svakog stanovnika zemlje nekoliko puta



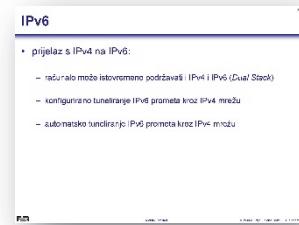
## slajd 17

<b>Verzija</b>	Verzija IP paketa.
<b>IHL</b>	Duljina zaglavlja IP paketa.
<b>Tip usluge</b>	Prioritet kojim se paket treba tretirati prilikom proslijeđivanja.
<b>Duljina</b>	Ukupna duljina datagrama.
<b>Identifikacija</b>	Koristi se primarno za identifikaciju datagrama prilikom fragmentiranja.
<b>Zastavice</b>	Zauzimaju 3 bita, a koriste se za kontrolu ili identifikaciju fragmenata.
<b>Pomak</b>	
<b>fragmentacije</b>	Pomak fragmentiranog datagrama u oktetima.
<b>TTL</b>	Broj skokova koliko će dugo živjeti datagram.
<b>Protokol</b>	Opisuje koji se protokol prenosi u podacima.
<b>Provjera</b>	Polje koje služi za provjeru ispravnosti zaglavlja.
<b>Izvorišna adresa</b>	IP adresa izvora.
<b>Odred. adr.</b>	IP adresa odredišta
<b>Opcije</b>	Ako slijede dodatne opcije vezane za zaglavljve.
<b>Podaci</b>	Podaci koji se prenose u IP datagramu.



## slajd 22

konf. tun. – dodavanjem IPv4 zaglavlja na IPv6 paket  
autom. tun. – pomoću IPv4 kompatibilnih IPv6 adresa



There is a [defined format](#) for an IPv6 address containing an embedded IPv4 address, specifically to enable backward compatibility through translation. However, IPv4 isn't forward-compatible with anything; if it had a variable length address, operators could have extended the address rather than having the IETF define a new protocol, and network address translation would never have been a question. Whatever one's opinion of IPv6, the fault is with IPv4.

## slajd 27

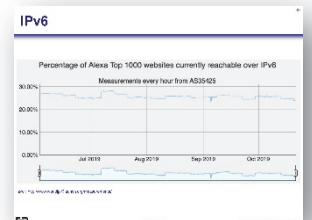
IPv6 traffic represents a total of 17 % Internet worldwide traffic according to Google. But that's the world's average, truth is IPv6 adoption worldwide is uneven across countries. Belgium ranks first with 47% traffic as IPv6, while there are many other countries, such as Italy or Spain, where IPv6 roll-out has not even started yet.

Izvor: <https://blogs.igalia.com/dpino/2017/05/25/ipv4-exhaustion/>



## slajd 29

According to Alexa, as for today almost 30 % of the world's top 1000 sites are reachable over IPv6.

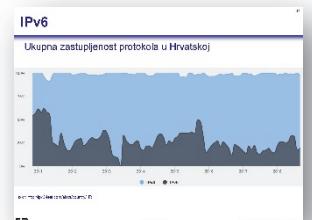


## slajd 31

These are generated using the data collected by the [ipv6-test.com connection test](http://ipv6-test.com) page, and are updated on a monthly basis.

This graph shows the evolution of IPv6 support vs IPv4 for all our connection test.

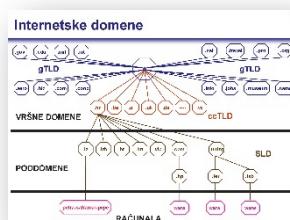
The numbers are percentages, so we can expect almost 100 % of hosts supporting IPv4 with a slow growth for IPv6.



# Internetske domene

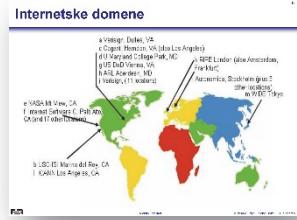
## slajd 37

TLD – top level domain  
SLD- second-level *domain*



slajd 38

13 root servers - a network of hundreds of servers in many countries around the world. They are configured in the DNS root zone as 13 named authorities.



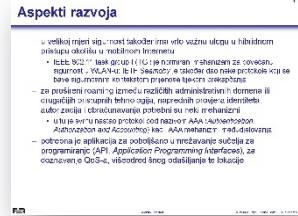
slajd 39

<http://www.root-servers.org/>

## **Aspekti razvoja koji vode k mobilnom Internetu**

slajd 44

- AAA - protokol za autentifikaciju, autorizaciju i obračunavanje je sustav IP osnovnog umrežavanja za kontrolu kojim resursima korisnici imaju pristup te za praćenje aktivnosti korisnika putem mreže
    - **autentifikacija** je proces identifikacije pojedinca - obično se temelji na korisničkom imenu i lozinki; autentifikacija se temelji na ideji da svaki pojedinačni korisnik ima jedinstvene informacije koje ga razlikuju od drugih
    - **autorizacija** je proces dodjele ili oduzimanja pristupa mrežnim resursima nakon što je korisnik prošao proces autentifikacije; količina informacija i usluga kojima korisnik ima pristup ovise o korisničkoj autorizacijskoj razini
    - **obračunavanje** je proces praćenja korisničkih aktivnosti dok pristupa mrežnim resursima, uključujući i vrijeme koje je proveo na mreži, tražene usluge i količinu prenesenih podataka; obračunski podaci koriste se za analizu trendova, sposobnost planiranja, naplate, revizija i raspodjelu troškova

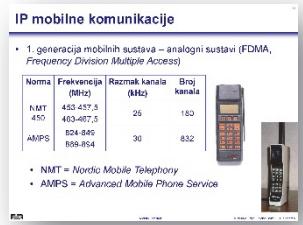


# IP mobilne komunikacije

slajd 5

FDMA - višestruki pristup s frekvencijskom raspodjelom

- pojedinom korisniku pridjeljuje se određeni frekvencijski pojas odnosno frekvencijski kanal
  - unutar šireg frekvencijskog područja postoji N kanala koji su najčešće odvojeni uskim zaštitnim pojasom



## slajd 6

TDMA - višestruki pristup s vremenskom raspodjelom

- pojedini korisniku ciklički se pridjeljuje određeni vremenski odsječak (određenog trajanja), a više korisnika čine jedan okvir
- HSCSD (*High-Speed Circuit Switched Data*) - od 9,6 kbit/s do 14,4 kbit/s po kanalu / istovremena upotreba 4 vremenska odsječka po korisniku, HSCSD raspolaže kapacitetom od 57,6 kbit/s
- GPRS (*General Packet Radio Services*) - od 56 do 114 kbit/s
- EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) - do 384 kbit/s

IP mobilne komunikacije			
• 2. generacija mobilnih sustava – digitalni sustavi (TDMA, Time Division Multiple Access) + FDMA			
Norma	Frekvencija (MHz)	Razmak kanala (kHz)	Broj kanala
GSM 900	890-915 955-960	200	124*8=992
DCS 1800	1710-1755 1804-1882	200	374*8=2992
D-AMPS	804-845 899-934	30	152

• DCS = Digital Communication System  
• D-AMPS = Digital AMPS ili TDMA 136

## slajd 7

CDMA - višestruki pristup s kodnom raspodjelom

- pojedini korisniku pridjeljuje se određeni kôd unutar istog vremena i frekvencije
- kodovi pojedinih korisnika mogu se razlikovati jer su ortogonalni

Razvoj mobilnih mreža treće generacije (3G) započeo je kada je WARC (*World Administrative Radio Conference*) na konferenciji 1992. godine definirao slobodne frekvencije u području oko 2 GHz

OFDMA - višestruki pristup s pridjeljivanjem podskupa podnosioca individualnim korisnicima

IP mobilne komunikacije			
• 3. generacija mobilnih sustava – mobilnost (CDMA, Code Division Multiple Access)			
• FPLMTS = Future Public Land Mobile Telecommunications System			
• IMT-2000 = International Mobile Telecommunications			
• UMTS = Universal Mobile Telecommunications System			
• 4. generacija mobilnih sustava – 3G IP sustavi i velike brzine prenosa (OFDMA, Orthogonal Frequency-Division Multiple Access)			
• LTE = Long-Term Evolution			

## slajd 14

SGSN - uslužni GPRS potporni čvor

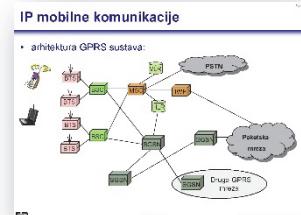
GGSN - prilazni GPRS potporni čvor

IP mobilne komunikacije	
OPĆE PAKETSKIE RADIJSKE USLUGE	
• GPRS (General Packet Radio Services)	
• prijenos paketskih podataka u GSM mreži	
• brzine prijenosa: od 43,2 do 115 kbit/s	
• omogućen pristup Internetu	
• naplata prema količini razmijenjenih podataka	
• dodatni izvori:	
– SGSN (Service GPRS Support Node)	
• uslužni GPRS potporni čvor	
• dajući usluge: servisni portovi	
– GGSN (Gateway GPRS Support Node)	
• prilazni GPRS potporni čvor	
• uslužni portovi: uslužni portovi i vježbeni IP mrežani	
• poslužuje korisnika s drugim GPRS i drugim mrežama	

## slajd 15

Dodjela IP adrese: GGSN dodjeljuje IP adresu mobilnoj postaji (*MS, Mobile Station*) tijekom aktiviranja PDP Contexta (*Packet Data Protocol Context*) - PDP Context: zapis o karakteristikama veze (naziv pristupne točke, IP adresa, IMSI); određuje komunikaciju između MS i GGSN, SGSN; aktivira se prilikom uključivanja MS ili prije pokretanja komunikacije

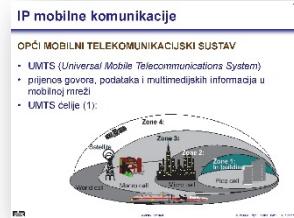
- moguće statičke i dinamičke adrese
- više različitih PDP Contexta može koristiti istu IP adresu
- IPv4 ograničava na uporabu samo dinamičkih adresa
- pristup Internetu iz GPRS mreže:
  - MS zahtjeva aktiviranje PDP Contexta koji opisuje karakteristike veze
  - SGSN provjerava zahtjeve na temelju pretplatničke informacije sadržane u HLR (*Home Location Register*)
  - svaki SGSN ima pristup do svog lokalnog DNS, gdje traži IP adresu GGSN
  - u slučaju *roaminga*, kontaktira se vršni DNS
  - stvara se tunel između SGSN i GGSN
  - GGSN dodjeljuje dinamički IP adresu MS



- podaci tuneliraju između SGSN i GGSN prema GTP protokolu (*GPRS Tunnelling Protocol*)

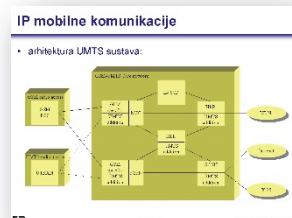
## slajd 19

- piko-ćelije
  - ograničeno područje (npr. kolodvori, zračne luke, uredi)
  - brzine prijenosa: do 2 Mbit/s
  - brzine: ispod 10 km/h
  - promjer ćelije: 10 - 50 m
- mikro-ćelije:
  - šire područje (npr. grad)
  - brzine prijenosa: od 384 kbit/s do 2 Mbit/s
  - brzine: od 10 do 120 km/h
  - promjer ćelije: 500 m
- makro-ćelije:
  - široka područja (npr. ruralna naselja)
  - brzine prijenosa: od 144 do 384 kbit/s
  - brzine: od 120 do 500 km/h
  - promjer ćelije: od 2 do 6 km
- globalne ćelije:
  - omogućavaju globalno korištenje UMTS usluga putem satelitske tehnologije (npr. planine i oceani)
  - brzine prijenosa: od 144 do 384 kbit/s
  - brzine: od 500 do 1000 km/h



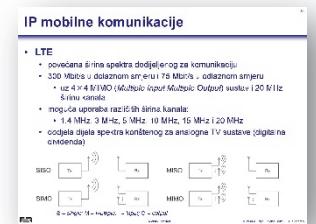
## slajd 25

UMTS requires new base stations and new frequency allocations



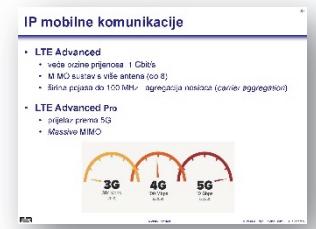
## slajd 28

At one time, in wireless, the term “MIMO” referred to the, mainly theoretical, use of multiple antennas at the transmitter and the receiver. In modern usage, “MIMO” specifically refers to a practical technique for sending and receiving more than one data signal with the same radio channel simultaneously via multipath propagation. MIMO is fundamentally different from smart antenna techniques developed to enhance the performance of a single data signal, such as [beamforming](#) and [diversity](#).



## slajd 29

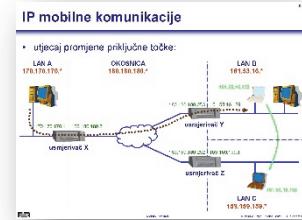
Each aggregated carrier is referred to as a component carrier. The component carrier can have a bandwidth of 1.4, 3, 5, 10, 15 or 20 MHz and a maximum of five component carriers can be aggregated. Hence the maximum bandwidth is 100 MHz. The number of aggregated carriers can



be different in DL and UL, however the number of UL component carriers is never larger than the number of DL component carriers.

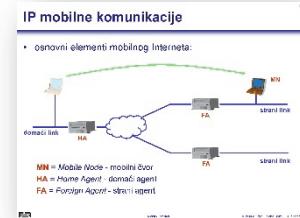
## slajd 33

- "klasični" (IPv4) Internet:
  - IP adresa globalno i jednoznačno označuje računalo, odnosno sučelje usmjerivača
  - protokoli usmjeravanja usmjeravaju datagrame na temelju odredišne adrese:
    - računala čije adrese pripadaju istoj podmreži izravno izmjenjuju datagrame
    - računala čije adrese pripadaju različitim podmrežama izmjenjuju datagrame koristeći niz usmjerivača na putu od izvora do odredišta
  - odluka o sljedećem usmjerivaču u nizu donosi se na temelju mrežnog prefiksa
- kako bi proces komunikacije tekao bez prekida, promjenom priključne točke računala (npr. promjenom LAN-a), treba se promijeniti i IP adresa računala
- to je neprikladno za mobilni Internet



## slajd 38

- mobilni čvor (MN) - čvor koji mijenja točku priključka na Internetu s jednog linka na drugi, pri čemu zadržava sve već uspostavljene veze i koristi svoju stalnu, domaću IP-adresu;
- domaći agent (HA) - usmjerivač sa sučeljem na domaćem linku mobilnog čvora:
  - kojeg mobilni čvor izvješćuje o trenutnoj priključnoj točki - IP-adresi (*Care-of Address*);
  - koji omogućava usmjeravanje prema stalnoj adresi mobilnog čvora;
  - koji presreće datagrame adresirane na mobilni čvor i tunelira ih prema njegovoj trenutnoj adresi;
- strani agent (FA) - usmjerivač na stranom linku gdje je mobilni čvor povezan na trenutnu priključnu točku:
  - koji izvješćuje domaćeg agenta o trenutnoj IP-adresi;
  - koji usmjerava datagrame prema/od mobilnog čvora.



## slajd 40

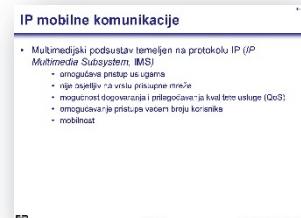
- procedure mobilnog čvora:
  - otkrivanje agenta (*Agent Discovery*)
    - određuje je li spojen na domaći ili strani link
    - utvrđuje je li promijenio link
    - dobiva trenutnu adresu kad promjeni link
  - registracija (*Registration*)



- zahtijeva uslugu usmjeravanja od stranog agenta na stranom linku
- izvješćuje domaćeg agenta o trenutnoj adresi
- periodički obnavlja registraciju
- deregistrira se pri povratku na domaći link

## slajd 45

- IMS je neka vrsta kontrolnog sloja koji se nalazi između sloja usluga i transportnog sloja koji te podatke šalje mrežom.
- Kontrolni sloj zapravo odvaja sadržaj i usluge od povezivanja i pristupa.
- Promet koji IMS kontrolira podrazumijeva prijenos multimedijskog sadržaja koristeći pritom mreže temeljene na protokolu IP.
- Sam IMS ne pruža nikakve usluge, ali omogućava pristup istim uslugama.
- IMS nije osjetljiv na vrstu pristupne mreže (DSL, UMTS, LTE) jer IMS sav promet promatra kao IP datagrame.
- IMS nudi mogućnost dogovaranja kvalitete usluge (QoS) na samom početku komunikacije te na taj način osigurava da se traženoj komunikaciji dodjele potrebni kapaciteti u mreži i da za vrijeme komunikacije ne dođe do pogoršavanja kvalitete usluge.
- Mobilnost u ovom kontekstu znači da je moguće mijenjati pristupne mreže, a da se zadrži komunikacija koja je bila započeta prije promjene pristupne mreže. Čak je moguće i mijenjati pristupni terminal i opet zadržati ranije započetu komunikaciju odnosno razmjenu podataka.



## slajd 46

### 1. KORISNIČKA OPREMA

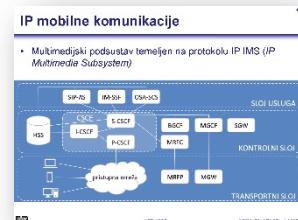
- dio IMS arhitekture koji se nalazi kod korisnika, krajnja točka komunikacije

### 2. TRANSPORTNI SLOJ (PRISTUPNA MREŽA)

- dio IMS arhitekture kroz koji se pristupa cijelokupnoj mreži
- sadrži razdjelnike i switcheve u pristupnoj i jezgrenoj mreži

### 3. KONTROLNI SLOJ

- glavni element IMS arhitekture, pruža sve osnovne funkcionalnosti
- sadrži kontrolne servere za uspostavu, upravljanje i prekidanje sesija



- APLIKACIJSKI SLOJ (SLOJ USLUGE)
  - dio IMS arhitekture, sadrži web portal i aplikacijske poslužitelje koji pružaju krajnjem korisniku usluge i poboljšane kontrole usluge
  - omogućuje pružateljima usluge brzu integraciju i razvoj usluga dodatne vrijednosti IMS infrastrukture

## slajd 47

### 2.45 GHz (actually between 2.402 GHz and 2.480 GHz)

The improved functionality of the IoT with the use of Bluetooth (BLE) goes far beyond simply saving power. BLE has the ability to extend the range of connection between devices by nearly four times that of a Wi-Fi network. This makes it a more reliable method for connecting numerous smart devices throughout a home environment. Not only is there a further range, but the communication speeds are revamped and much more capable to fulfill the demands of the always on and always communicating IoT devices.

IP mobilne komunikacije

BLUETOOTH

- *Ad-hoc* ili privremene mreže omogućavaju radijsko uređevanje u pokretu bez prethodne izgradnje mrežne infrastrukture
- povezivanje pramog putem broja čvorova koji se kreću (obično na ograničenom prostoru) tako da su topologija i uvjeti komuniciranja promjenjivi



# Mobilni Internet

prof. dr. sc. Mislav Grgić

# Adresiranje i IPv4

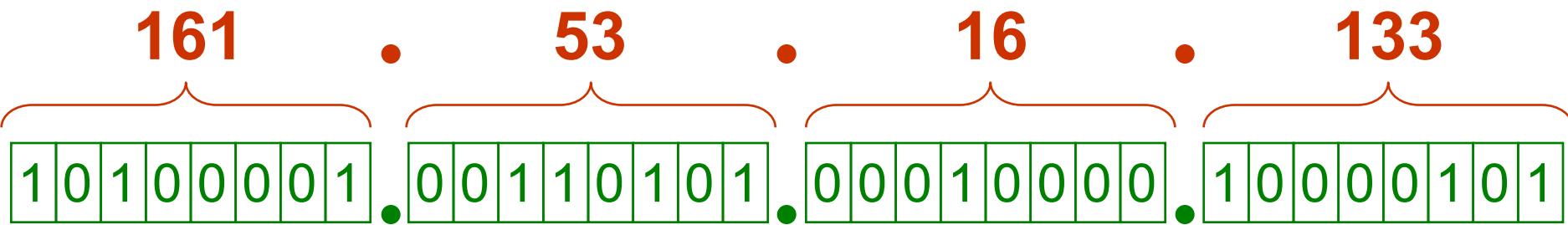
# Adresiranje i IPv4

- Internet protokol temelji se na prijenosu IP datagrama, koji u svome zaglavlju nose IP adresu klijenta i poslužitelja
- IP adresa:
  - duljina 32 bita (4 bajta)
  - jedinstveno identificira mrežu i pojedino računalo
- ukupan broj računala:  $2^{32} = 4.294.967.296$
- IP adresa sastoji se od dva dijela:
  - adrese mreže (*Net ID*)
  - adrese računala (*Host ID*)



# Adresiranje i IPv4

- IP adresa zapisuje se pomoću četiri decimalna broja (svaki s 8 bita), koji se međusobno odvajaju točkom (*dotted decimal*)
- primjer:



# Adresiranje i IPv4

- format adrese mreže i adrese računala razlikuje se ovisno o klasi adrese
- postoji pet klasa IP adresa:
  - Klasa A
    - prvi bit je 0; sljedećih 7 bitova identificiraju mrežu; preostala 24 bita identificira računalo
    - 0.0.0.0 – 127.255.255.255
    - ukupno: 126 mrežnih brojeva; 16.777.214 računala
  - Klasa B
    - prva dva bita su 10; sljedećih 14 bitova identificira mrežu; preostalih 16 bitova identificiraju računalo
    - 128.0.0.0 – 191.255.255.255
    - ukupno: 16.382 mrežnih brojeva; 65.534 računala

# Adresiranje i IPv4

## – Klasa C

- prva tri bita su 110; sljedećih 21 bita identificira mrežu; preostalih 8 bitova identificira računalo
- 192.0.0.0 – 223.255.255.255
- ukupno: 2.097.150 mrežnih brojeva; 254 računala

## – Klasa D

- prva četiri bita su 1110; nema identificiranja mreže i računala već se koristi za višestruko razašiljanje podataka (*multicast*)
- 224.0.0.0 – 239.255.255.255

## – Klasa E

- prva četiri bita su 1111; za pokusne svrhe
- 240.0.0.0 – 247.255.255.255

# Adresiranje i IPv4

- postoji mnogo unaprijed definiranih adresa:
  - adrese s prvim brojem većim od 223 su rezervirane
  - u A klasi, brojevi 0 i 127 služe za posebne namjene
    - mreža 0 je tzv. *default route* (jednostavnije informacije o putu za IP)
    - mreža 127 je tzv. *loopback* adresa (adresiranje lokalnog računala)
  - u svim klasama su brojevi 0 i 255 rezervirani
    - ako je adresa računala (*Host ID*) sastavljena samo od 0, postiže se identificiranje mreže;  
PRIMJER: 161.53.0.0 (klasa B) - identificirana je mreža 161.53
    - ako je adresa računala (*Host ID*) sastavljena samo od 1 (tzv. *broadcast* adresa), postiže se istovremeno identificiranje svih računala u mreži;  
PRIMJER: 161.53.255.255 (klasa B) – IP datagram može se poslati svim računalima u mreži 161.53 istovremeno

# Adresiranje i IPv4

- dio adrese računala može se iskoristiti za lokalno konfiguriranje tzv. podmreže
- gledano "izvana" nema vidljivih promjena
- gledano "iznutra" nova adresa izgleda ovako:

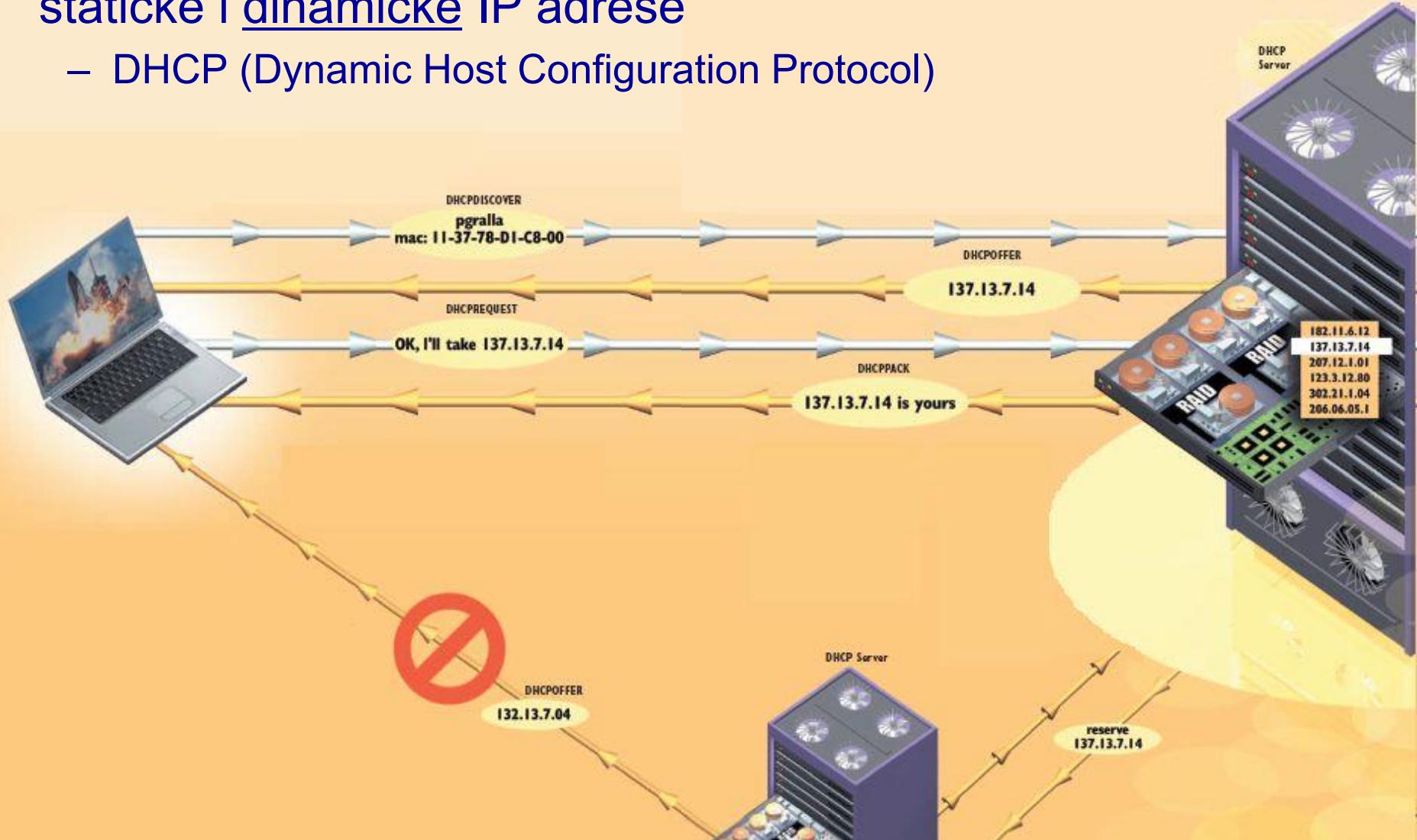


- ako se odabere npr. 8 bita za podmrežu (najviše 254 podmreže), preostaje 8 bita za računala (najviše 254 računala u svakoj podmreži)

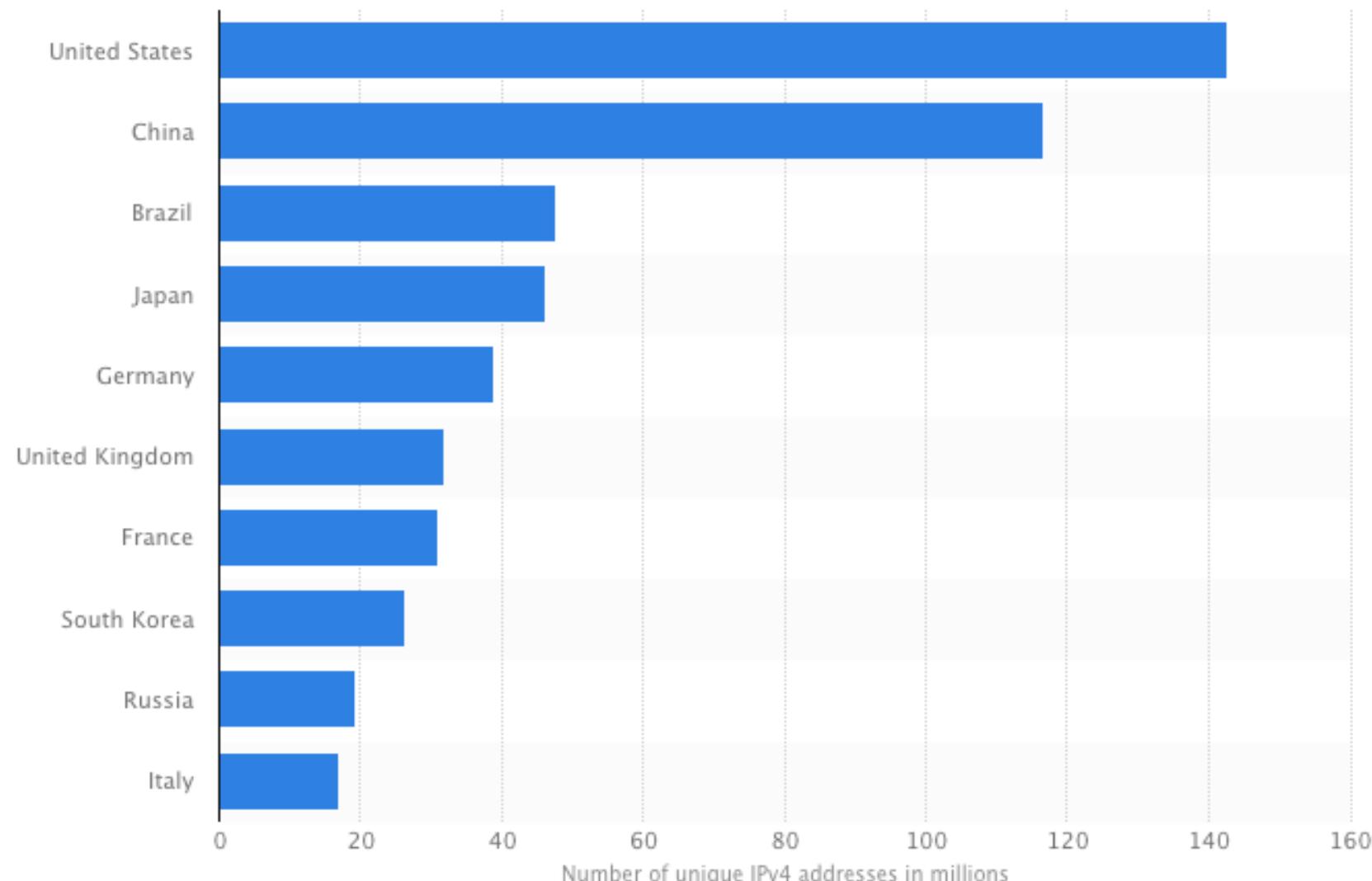
# Adresiranje i IPv4

- definira se tzv. maska podmreže (*Subnet Mask*)
- PRIMJERI: 255.255.255.0, 255.255.255.192, ...
- ako se napravi logička operacija *AND* između IP adrese računala i maske podmreže, može se dobiti (izračunati) adresa podmreže

- statičke i dinamičke IP adrese
  - DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)



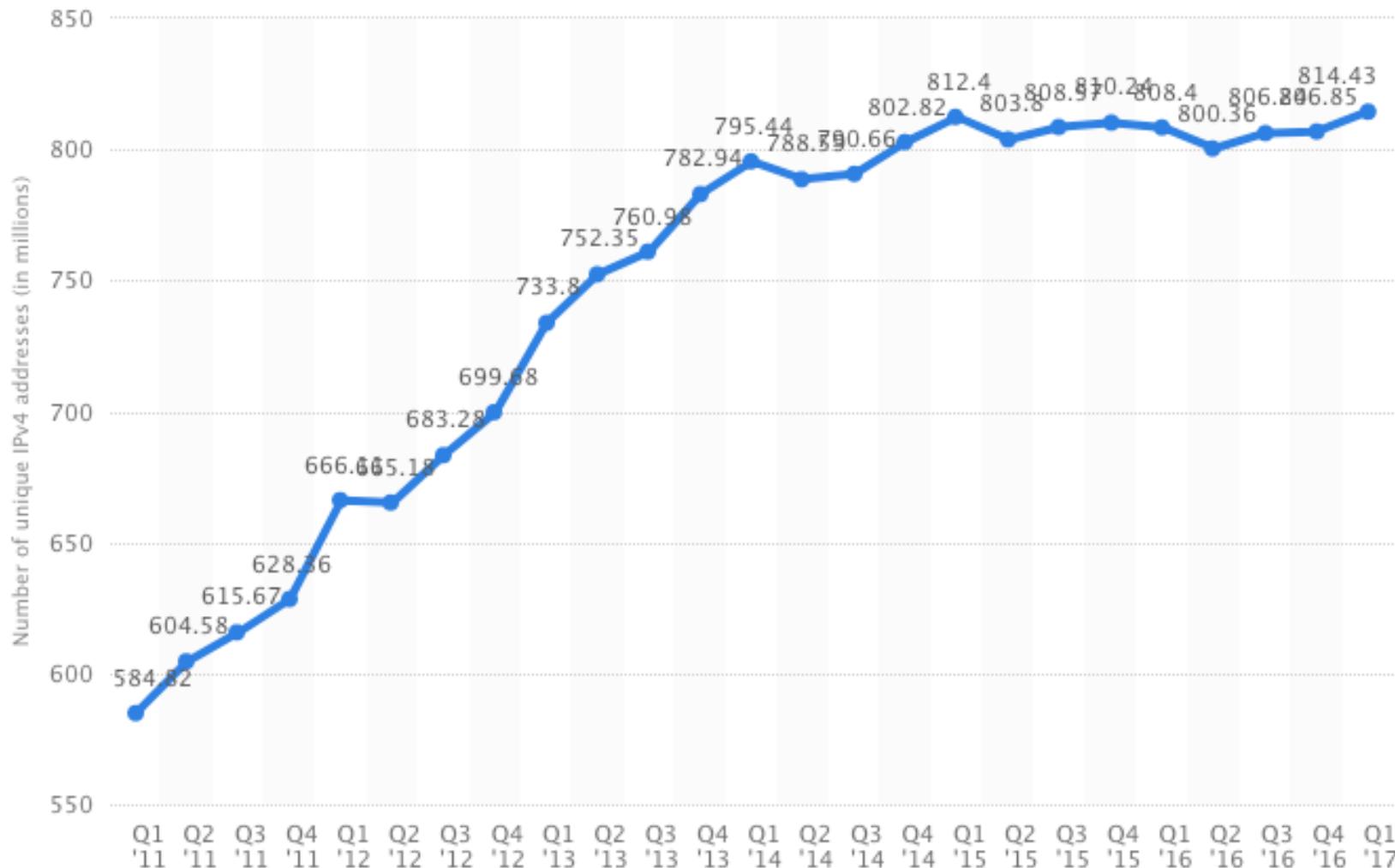
# Adresiranje i IPv4



pri kvarthal 2017.

Izvor: <https://www.statista.com/statistics/204932/unique-ipv4-addresses-by-country/>

# Adresiranje i IPv4



Izvor: <https://www.statista.com/statistics/204945/unique-ipv4-addresses-worldwide-since-1st-quarter-2011/>

# IPv6

# IPv6

- ograničenja IPv4:
  - problem sa sve manjim brojem raspoloživih IP adresa
  - problem s usmjeravanjem (tablice usmjeravanja)
  - problemi: konfiguracije, sigurnosti i prijenosa podataka u stvarnom vremenu
- prednosti IPv6:
  - veći broj adresa
  - jednostavnije zaglavlje
  - lakše usmjeravanje (mobilna računala, ...)
  - mogućnost za nova zaglavlja
  - omogućen prijenos podataka u stvarnom vremenu
  - uvedena bolja sigurnost (zaštita) i provjera identiteta
  - automatsko konfiguiriranje i automatska registracija
  - postupni prelazak s IPv4 na IPv6

# IPv6

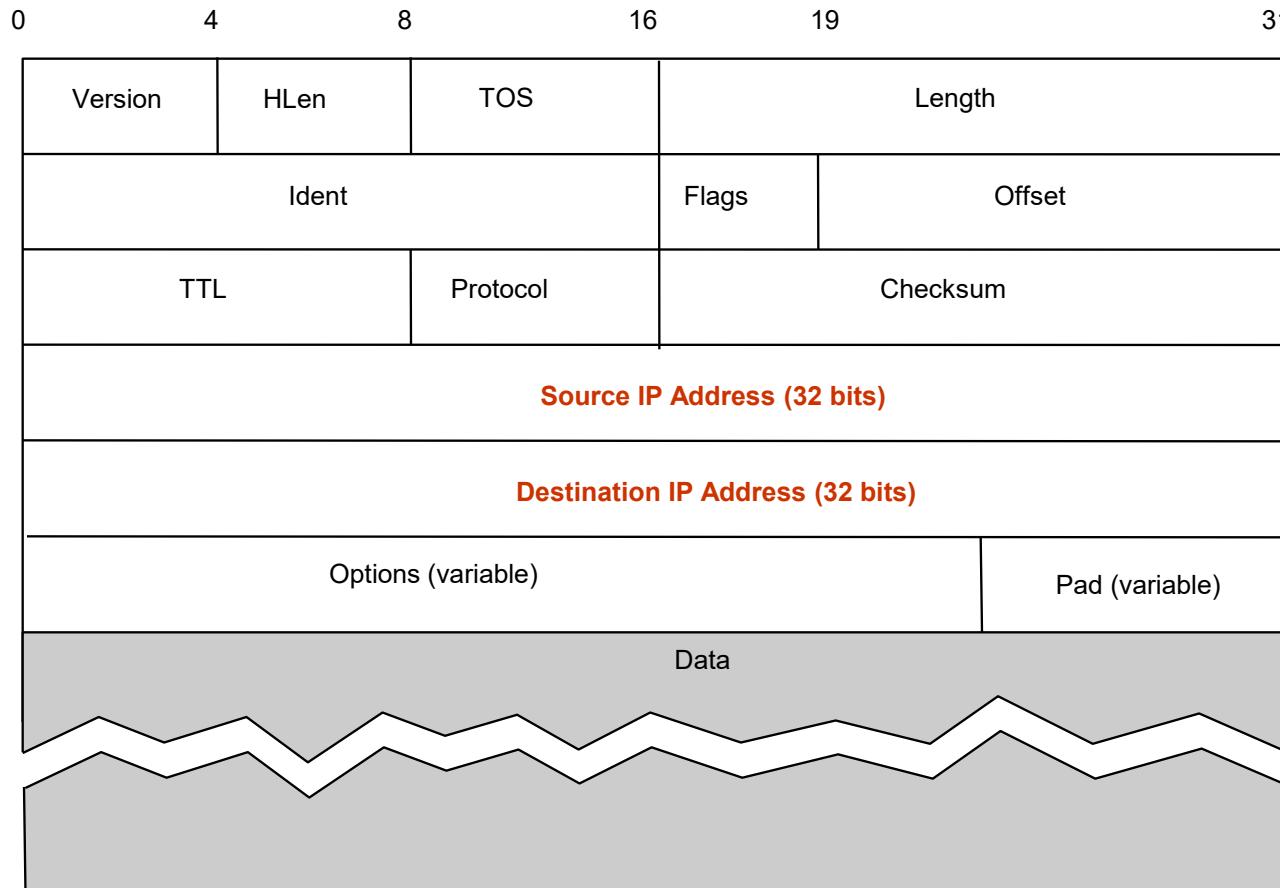
- povijest:
  - IETF (*Internet Engineering Task Force*) je nadograđivao IP, međutim i dalje je postojao problem s 32-bitnom adresom
  - nova verzija je značila i promjenu zaglavlja
  - rezultat je bio *IP next generation* ili IPng, koja je kasnije uvedena kao norma pod nazivom *IP version 6* (IPv6)
  - pod brojem 5 uvedena je druga vrsta protokola
  - osnovni protokol objavljen 1998. godine
  - 2004. objavljen Mobile IPv6
- broj računala koja se mogu adresirati prema IPv4:  
4 294 967 296
- broj računala koja se mogu adresirati prema IPv6:  
340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456
- to čini 655 570 793 348 866 943 898 599 adresa na svakom m<sup>2</sup> površine Zemlje

# IPv6

- adresiranje:
  - osam skupina po 4 heksadecimalne znamenke odvojene znakom ‘:’
    - PRIMJER: 47CD:1234:3200:0000:0000:4325:B792:0428
  - ako adresa sadrži velik broj nula, one se mogu pojednostavljeno zapisati pomoću ‘::’
    - PRIMJER: 47CD:1234:3200::4325:B792:0428
  - omogućena je i kombinacija heksadecimalnog i decimalnog zapisa
    - PRIMJER: 0:0:0:0:0:161.53.16.133 ili ::161.53.16.133
  - općenito, heksadecimalnim zapisom olakšano je čitanje i pisanje adresa
    - PRIMJER: Dotted Decimal vs. Colon Hexadecimal  
104.230.140.100.255.255.255.255.0.0.17.128.150.10.255.255  
68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:96A:FFFF

# IPv6

- zaglavlje IPv4:

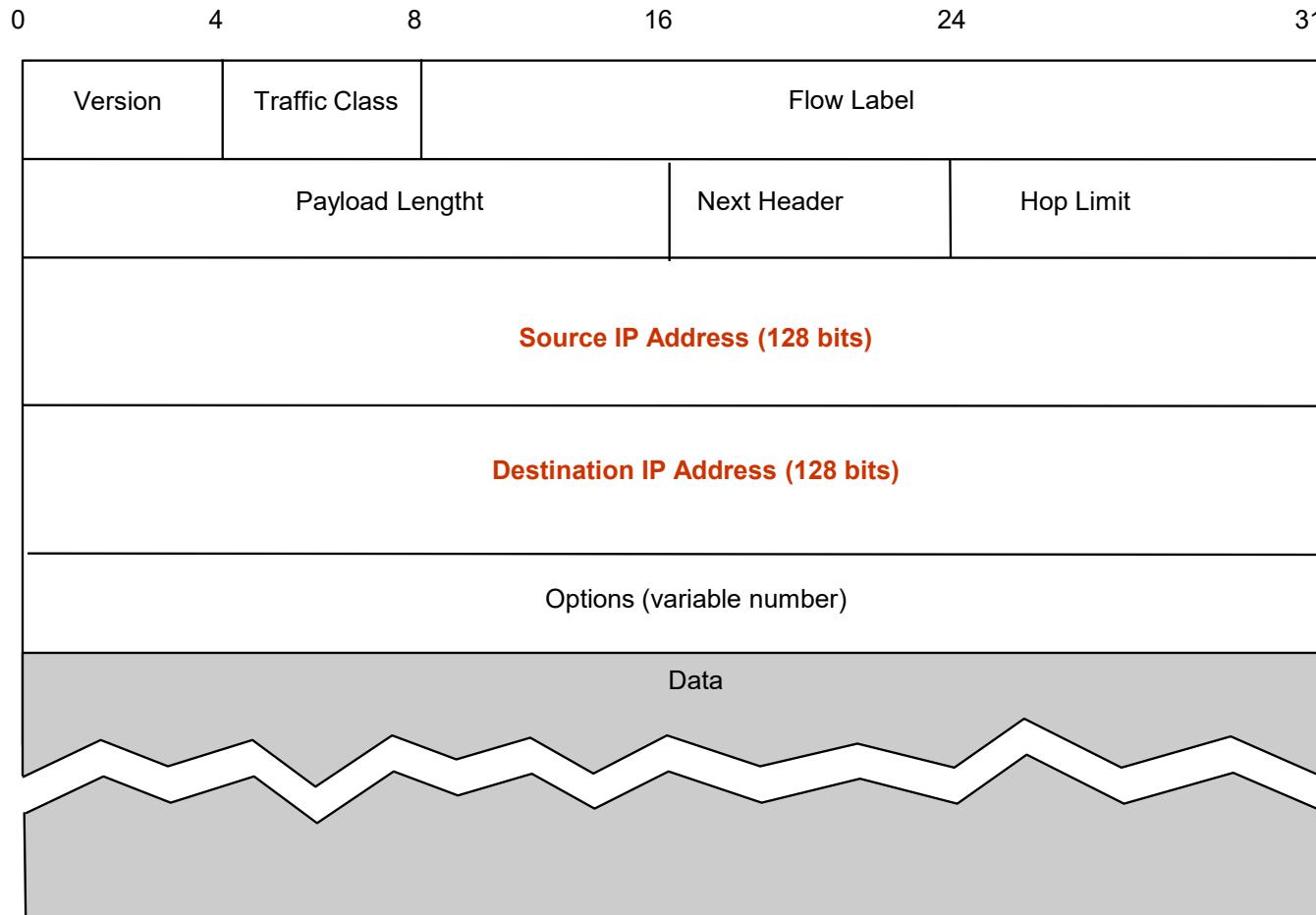


# IPv6

Naziv polja	Opis
Verzija	Verzija IP paketa.
HLen	Duljina zaglavlja IP paketa.
Tip usluge	Prioritet kojim se paket treba tretirati prilikom prosljeđivanja.
Duljina	Ukupna duljina datagrama.
Identifikacija	Koristi se primarno za identifikaciju datagrama prilikom fragmentiranja.
Zastavice	Zauzimaju 3 bita, a koriste se za kontrolu ili identifikaciju fragmenata.
Pomak fragmentacije	Pomak fragmentiranog datagrama u oktetima.
TTL	Broj skokova koliko će dugo živjeti datagram.
Protokol	Opisuje koji se protokol prenosi u podacima.
Provjera	Polje koje služi za provjeru ispravnosti zaglavlja.
Izvorišna adresa	IP adresa izvora.
Odred. adr.	IP adresa odredišta
Opcije	Ako slijede dodatne opcije vezane za zaglavljje.
Podaci	Podaci koji se prenose u IP datagramu.

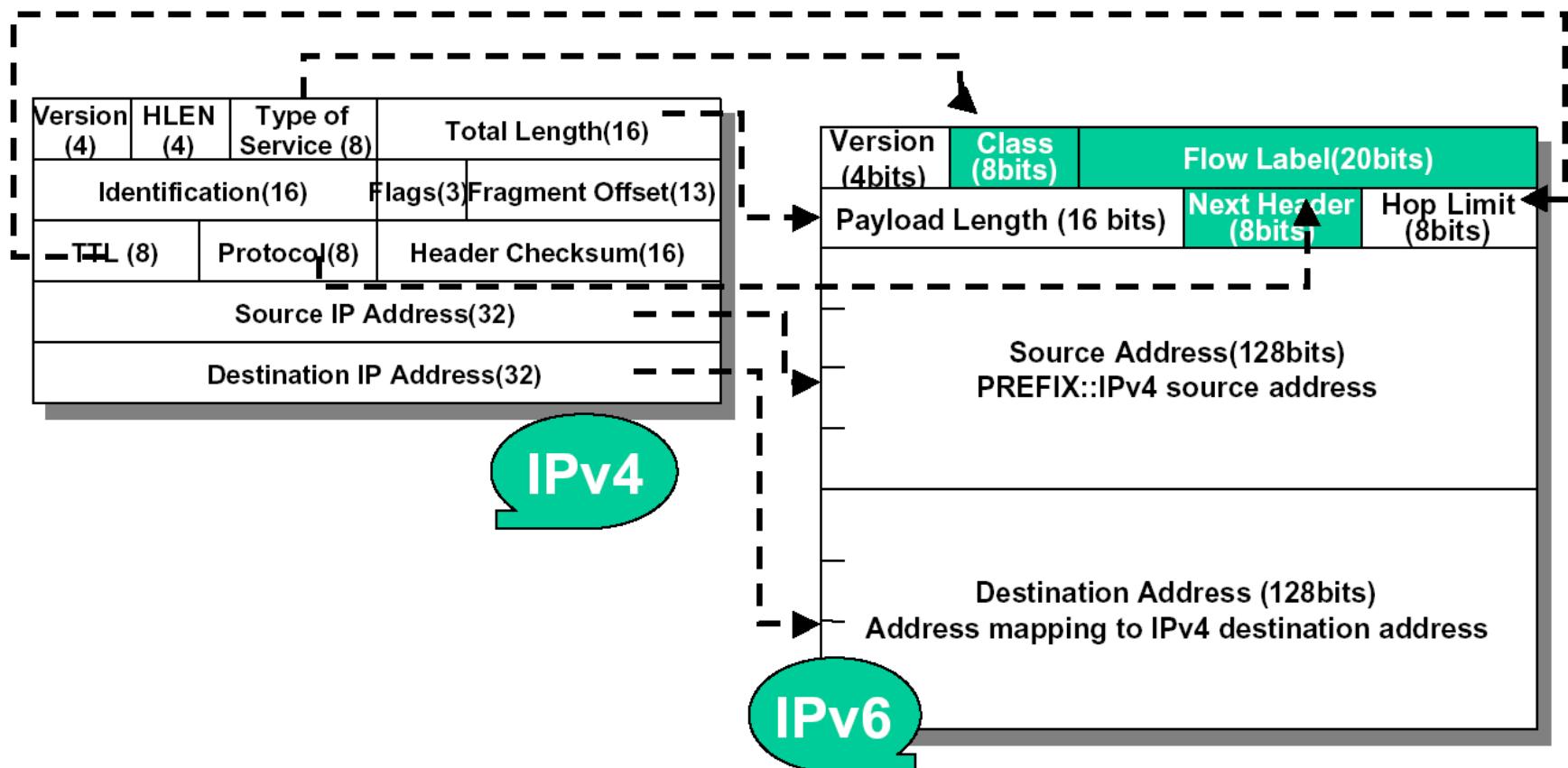
# IPv6

- zaglavlje IPv6:



# IPv6

- usporedba IPv4 i IPv6 zaglavlja:



# IPv6

- IPv6 datagram:



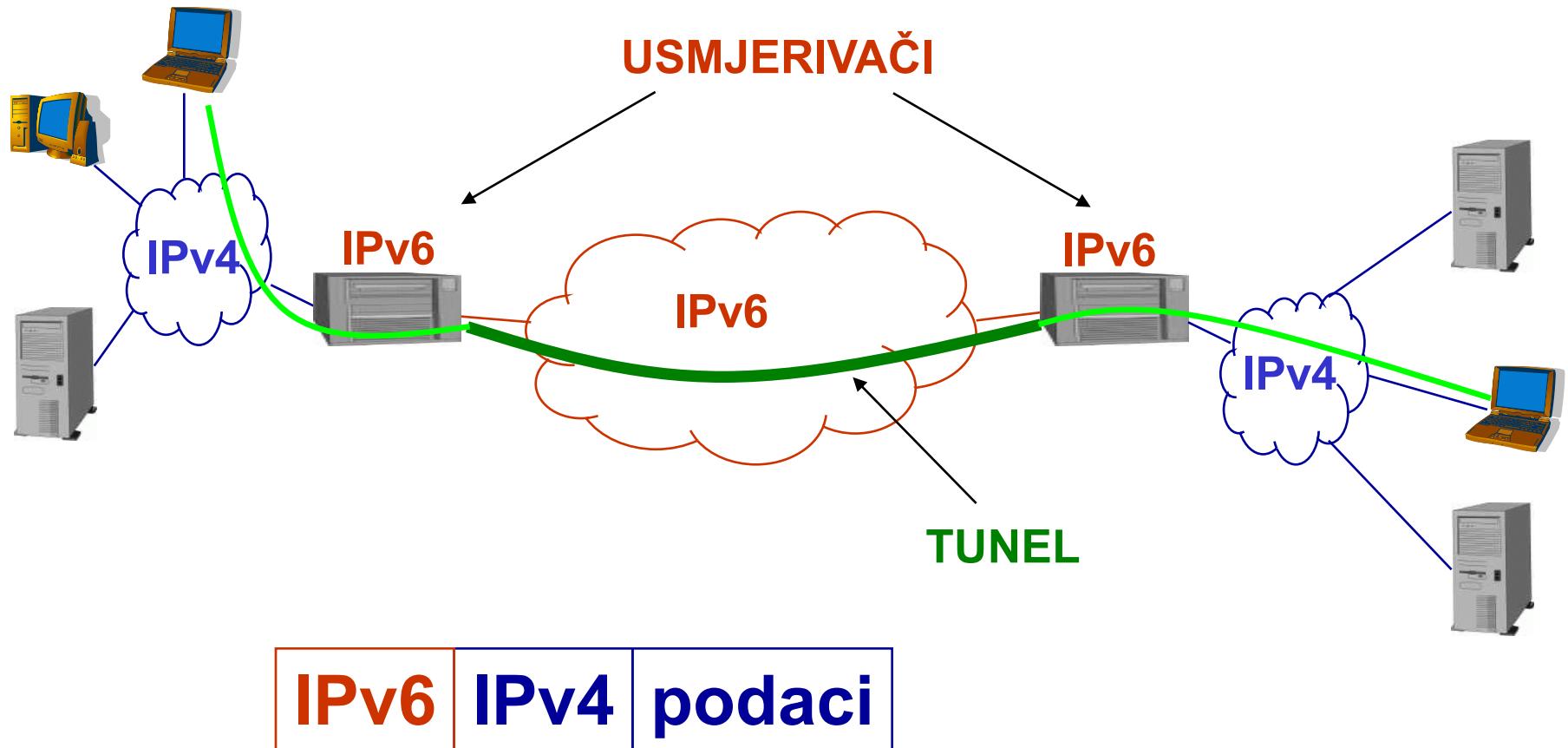
- ima osnovno zaglavlje fiksne duljine, nakon kojeg može biti 0 ili nekoliko dodatnih zaglavljja te potom podaci

# IPv6

- prijelaz s IPv4 na IPv6:
  - računalo može istovremeno podržavati i IPv4 i IPv6 (*Dual Stack*)
  - konfiguirano tuneliranje IPv6 prometa kroz IPv4 mrežu
  - automatsko tuneliranje IPv6 prometa kroz IPv4 mrežu

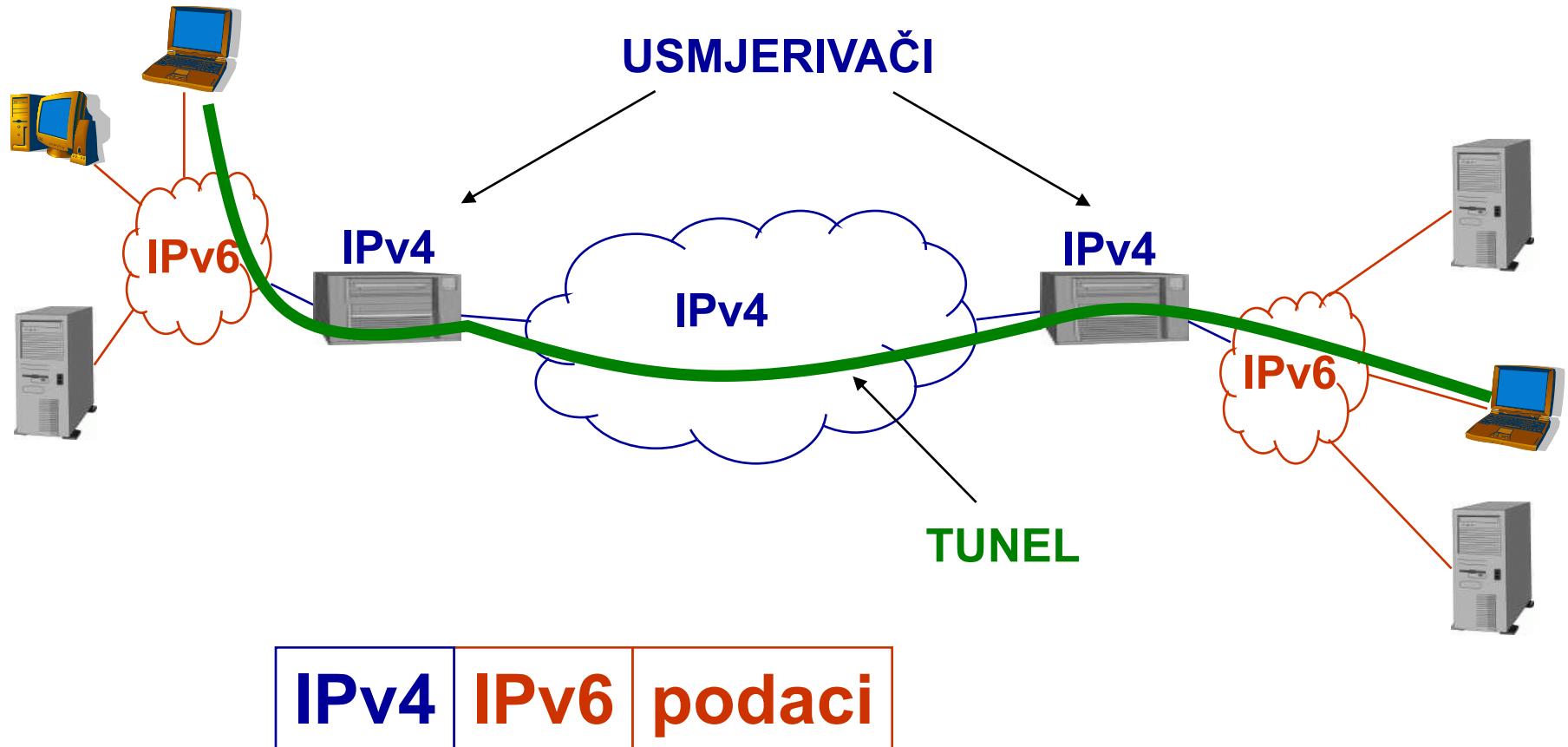
# IPv6

- tuneliranje (1):



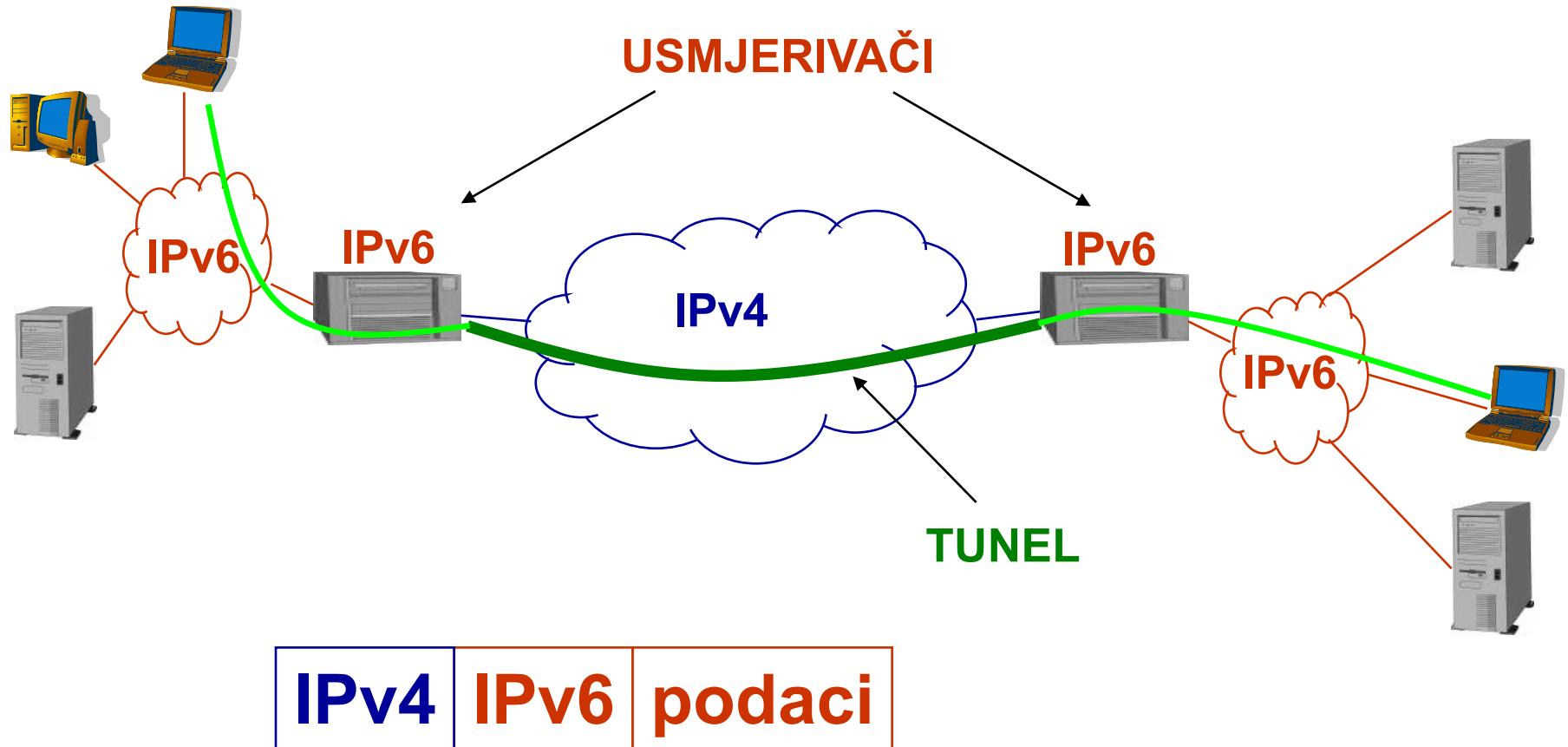
# IPv6

- tuneliranje (2):



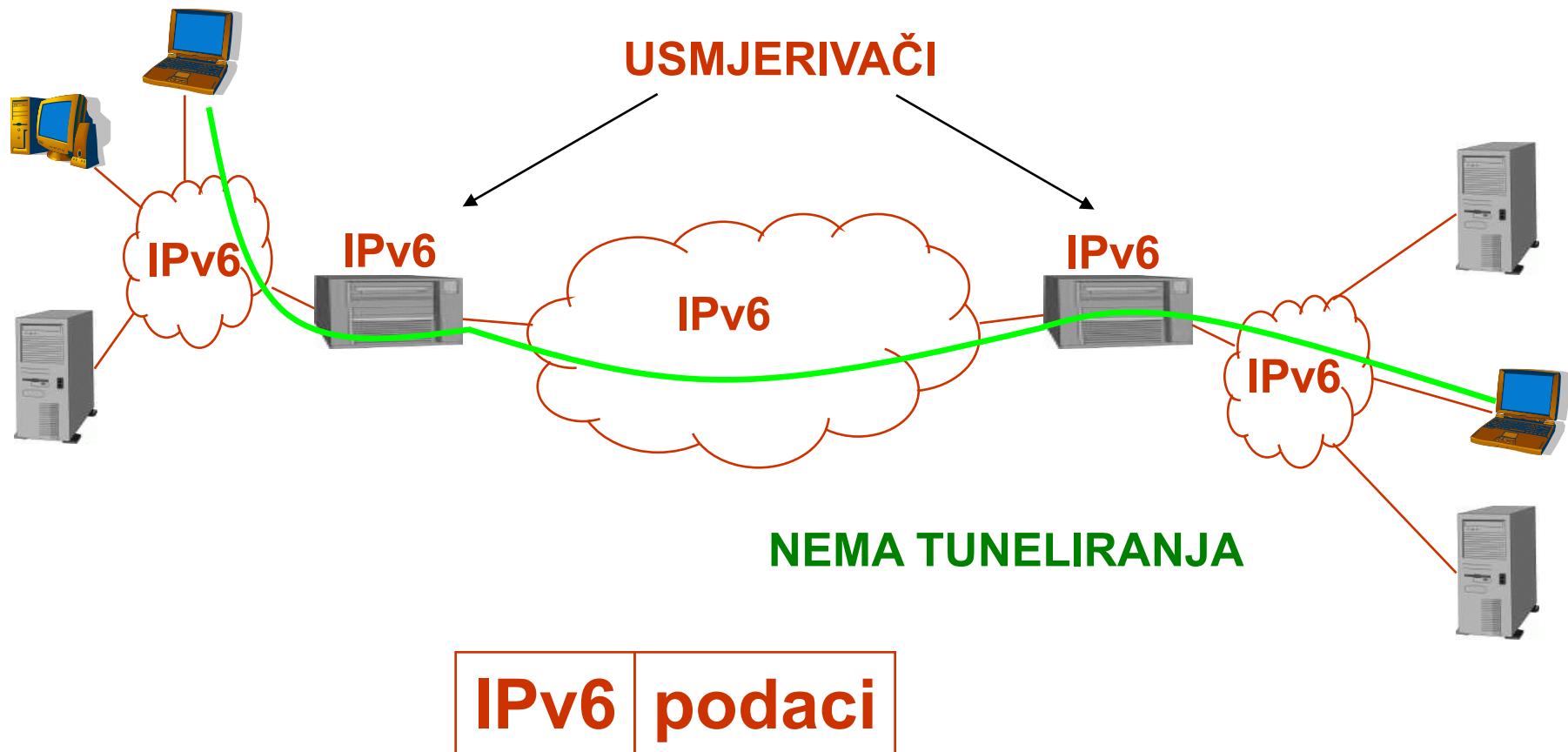
# IPv6

- tuneliranje (3):



# IPv6

- konačno rješenje:



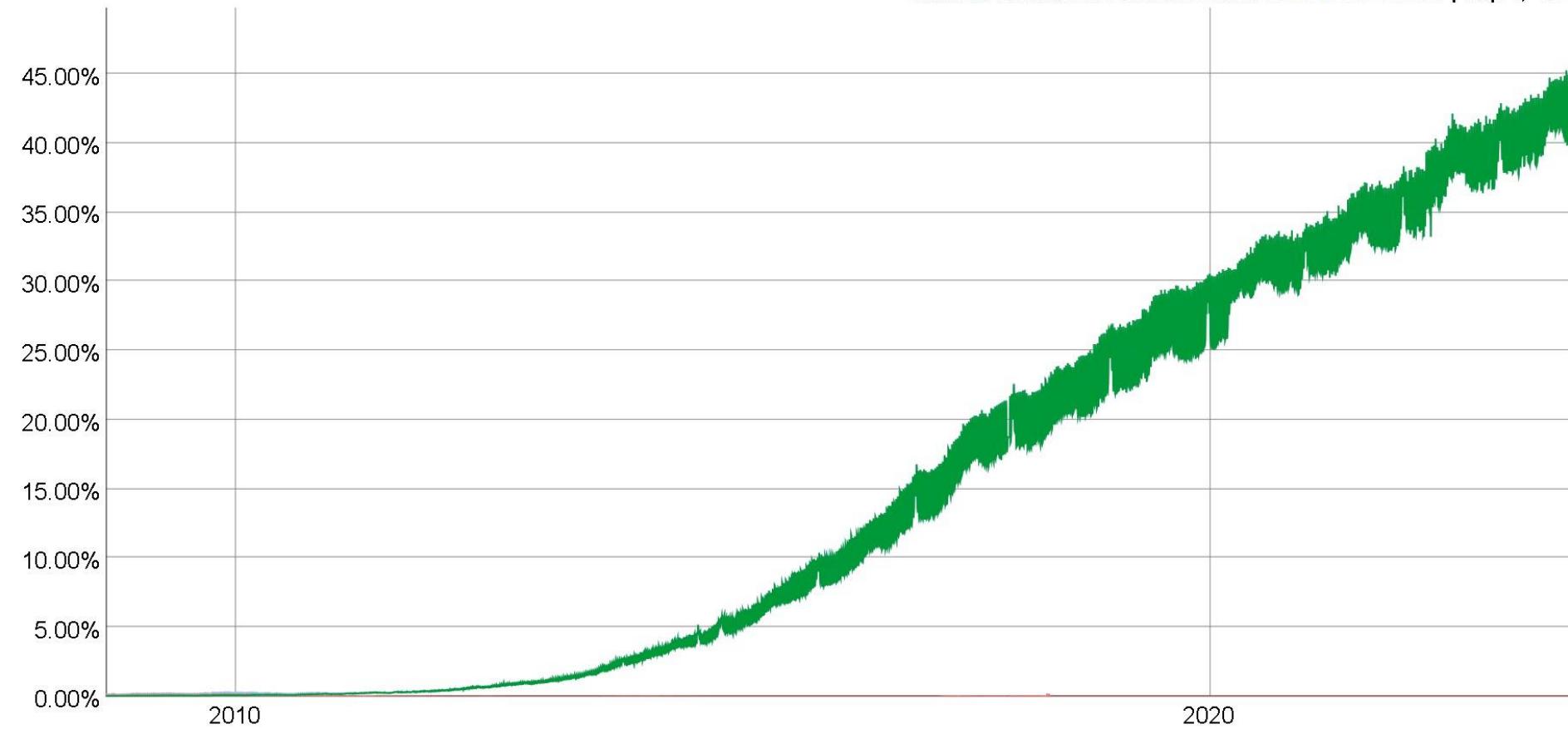
# IPv6

## Postotak korisnika koji pristupaju Googleovim servisima preko IPv6

### IPv6 Adoption

We are continuously measuring the availability of IPv6 connectivity among Google users. The graph shows the percentage of users that access Google over IPv6.

Native: 41.70% 6to4/Teredo: 0.00% Total IPv6: 41.70% | Sep 4, 2023

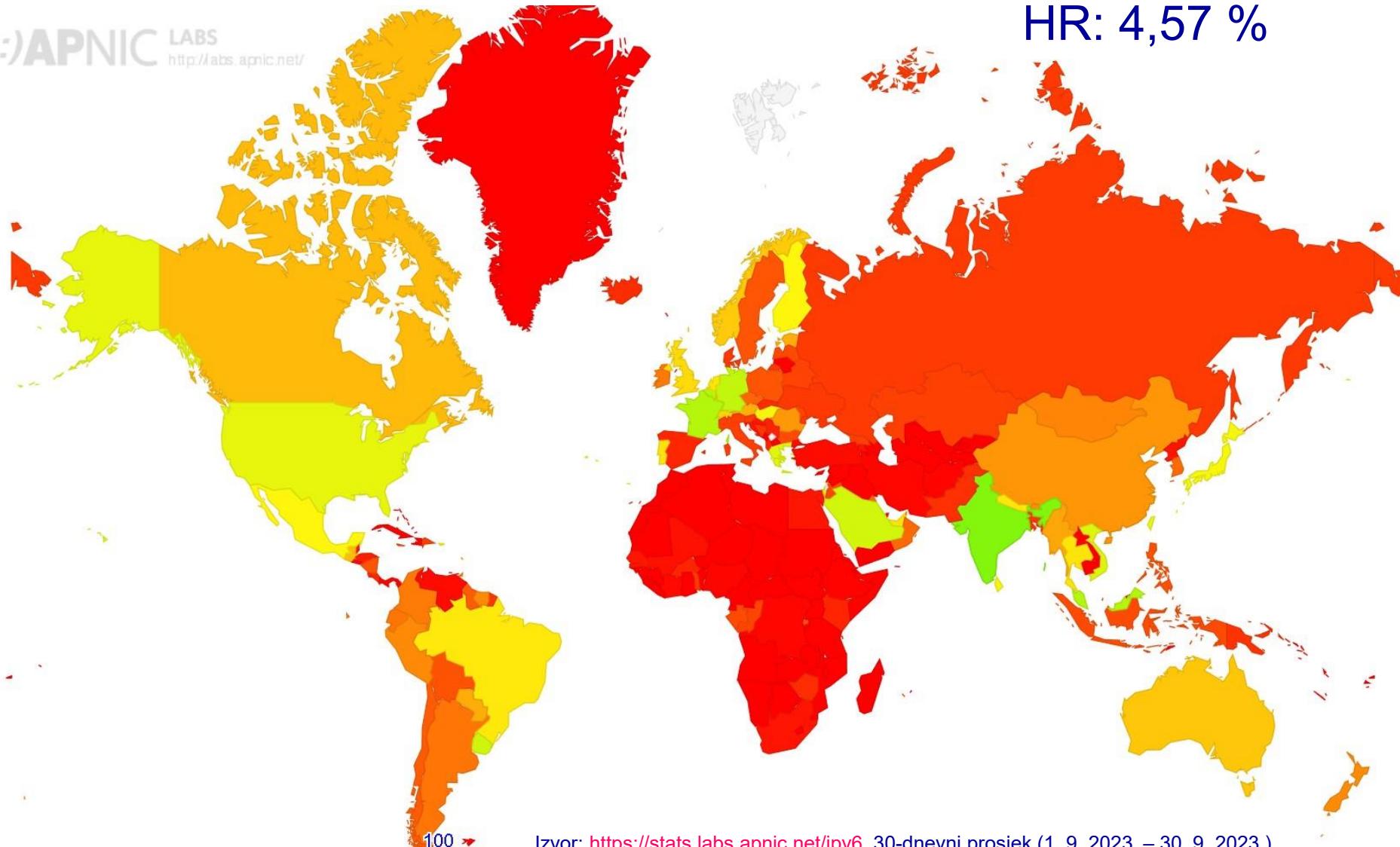


Izvor: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

# IPv6

IPv6 Capable Rate by country (%)

(::)APNIC LABS  
http://abs.apnic.net/

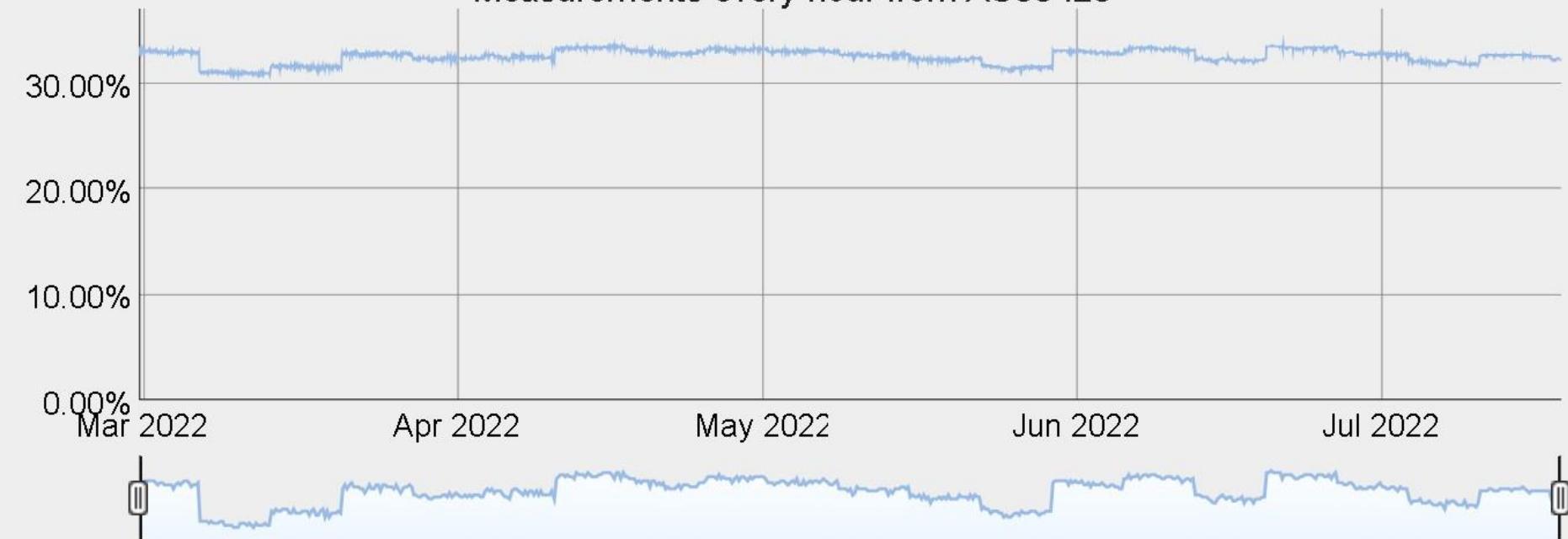


Europa: 31,76 %  
HR: 4,57 %

# IPv6

## Percentage of Alexa Top 1000 websites currently reachable over IPv6

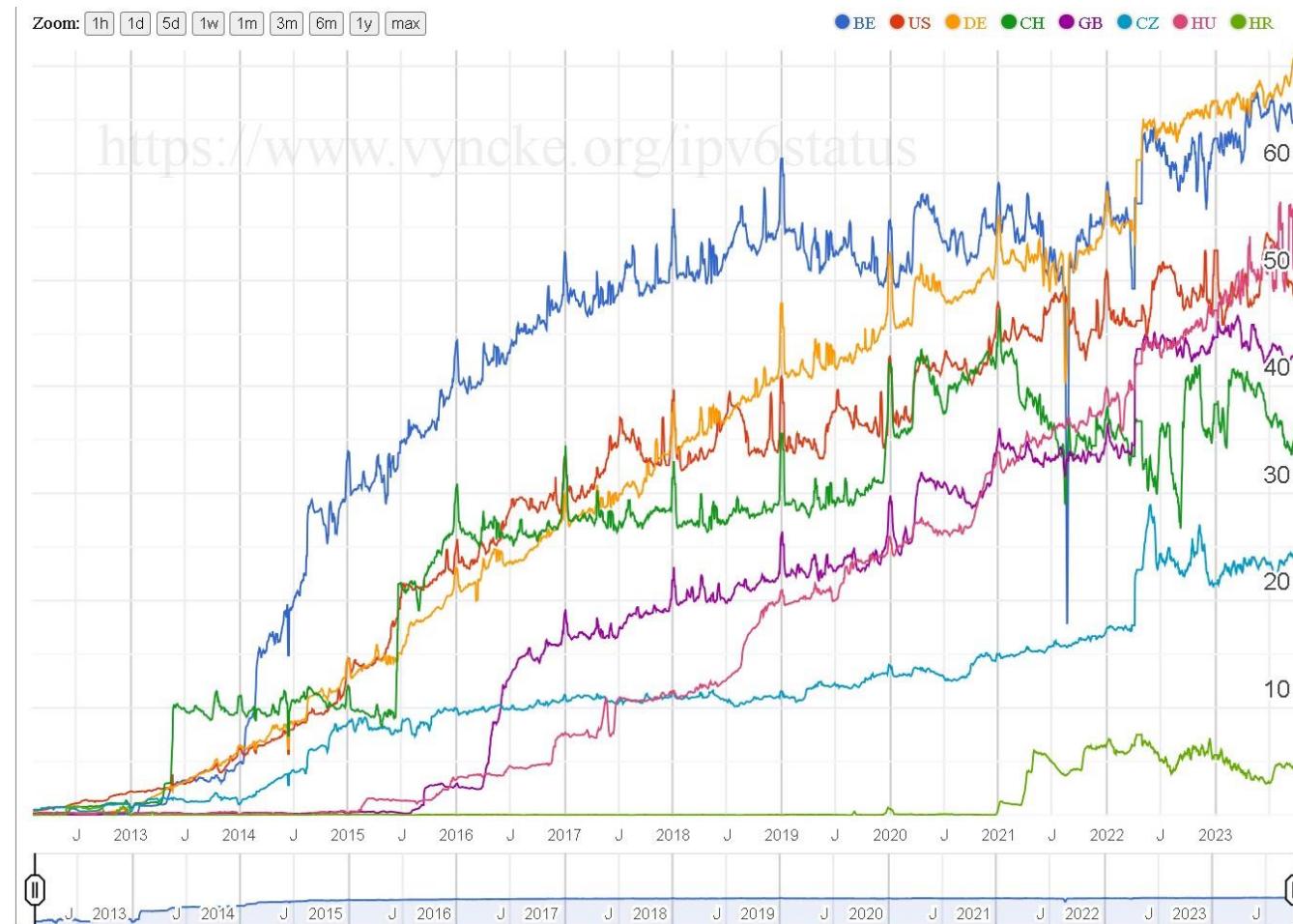
Measurements every hour from AS35425



Izvor: <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>

# IPv6

## IPv6-Enabled Web Browsers (courtesy Google)

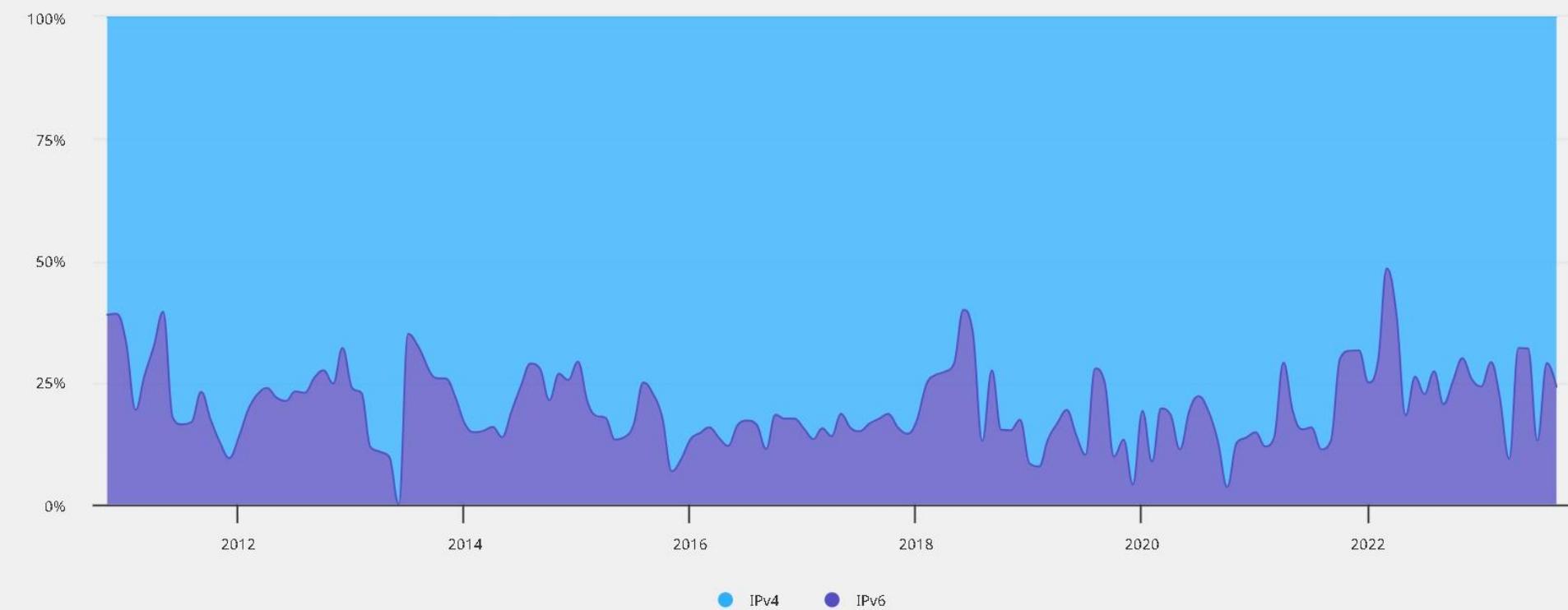


Izvor: <https://www.vyncke.org/ipv6status/compare.php?metric=p&countries=be,us,de,ch,gb,cz,hu,hr>

# IPv6

## Ukupna zastupljenost protokola u Hrvatskoj

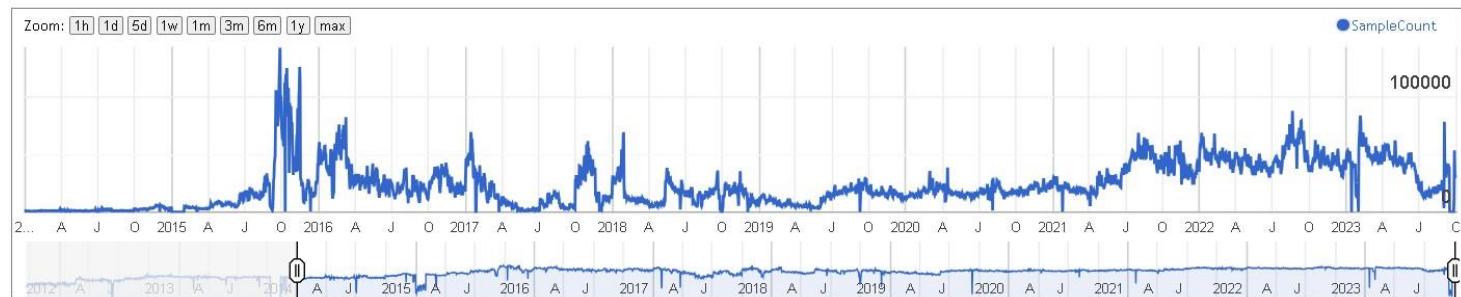
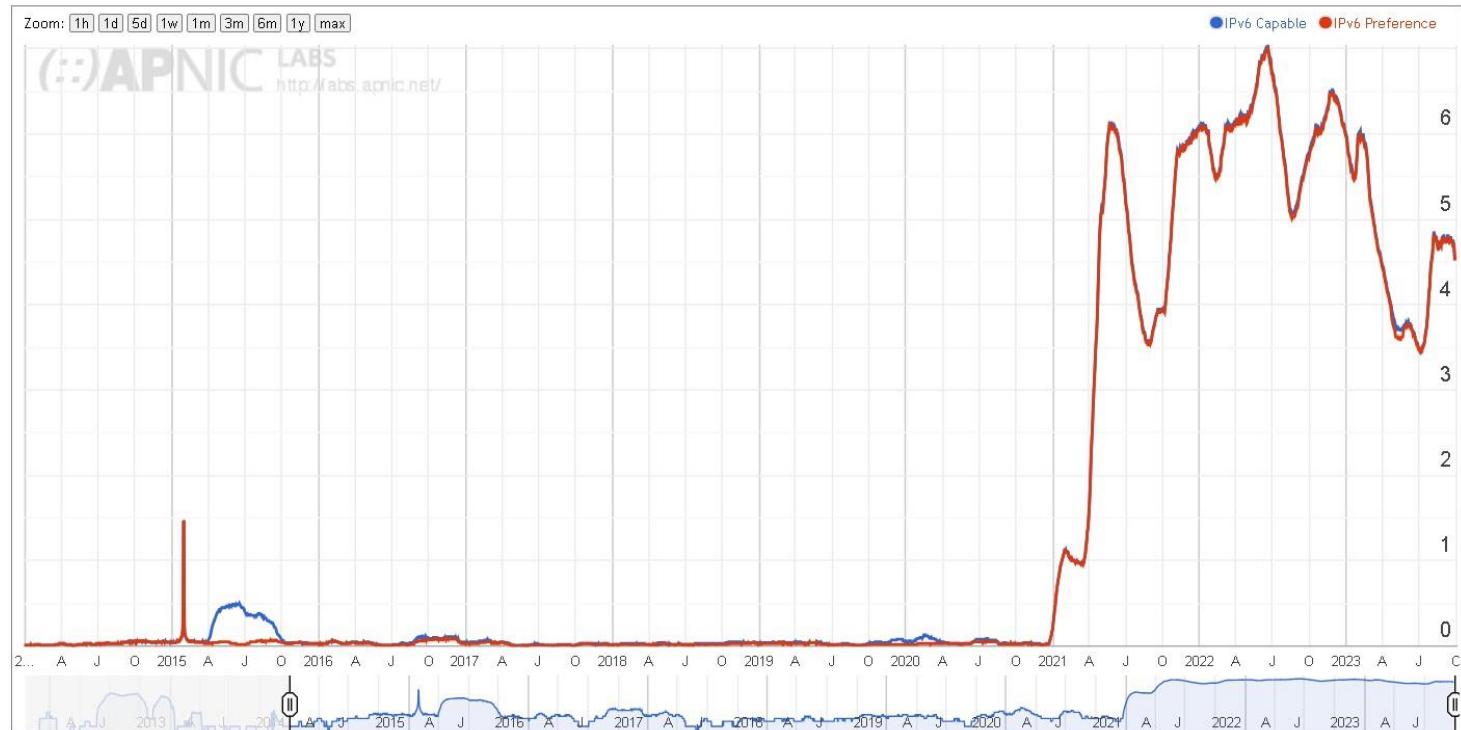
IPv6 and v4 protocol support in Croatia (unique addresses)



Izvor: <http://ipv6-test.com/stats/country/HR>

# IPv6

## Korištenje protokola IPv6 u Hrvatskoj



# Internetske domene

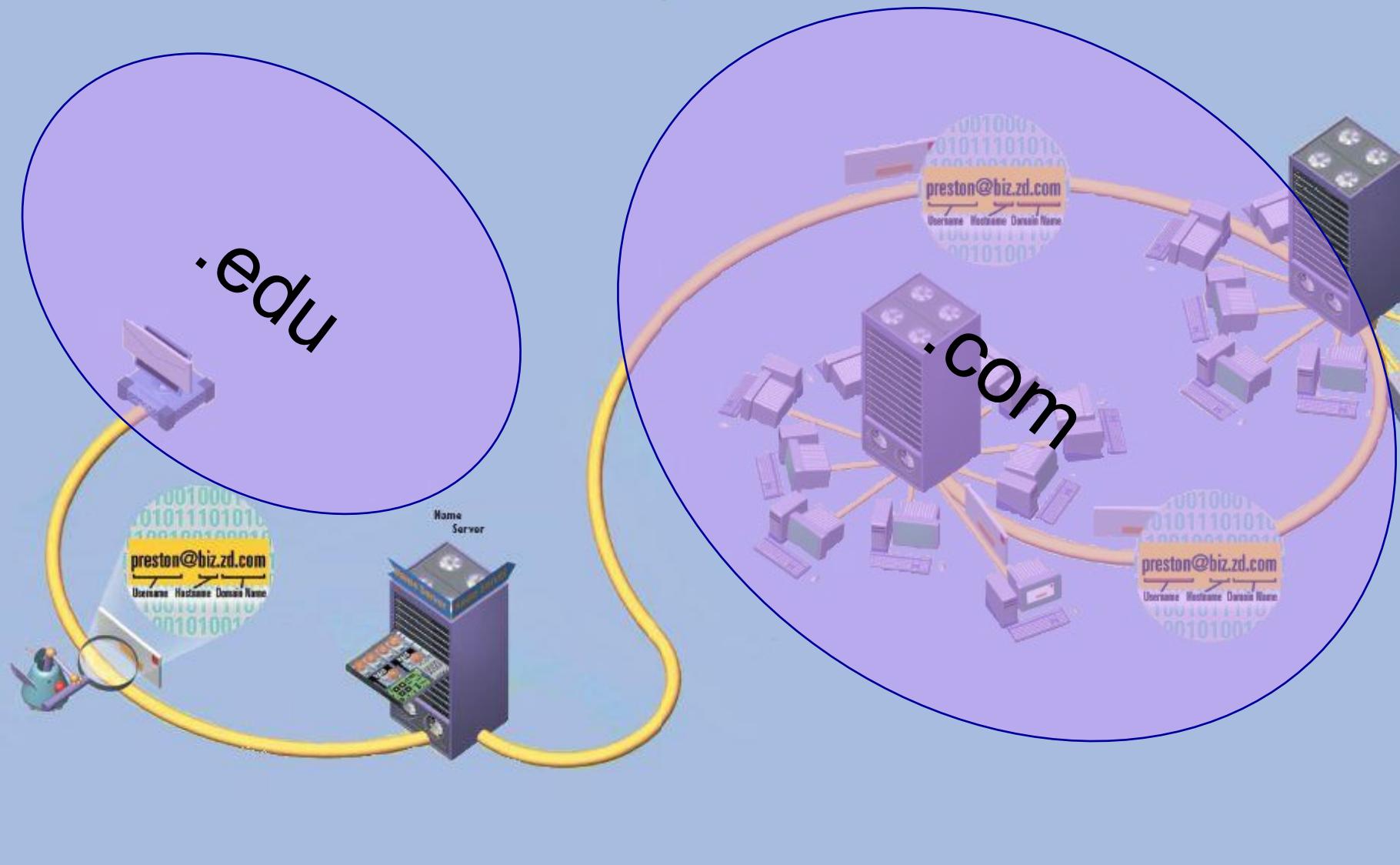
# Internetske domene

- notacija IP adresa nije praktična
- zbog toga se primjenjuju domenski nazivi, tj. odgovarajućim IP adresama pridružuju se imena računala
- *domena* – logički skup računala koja spadaju pod istu administrativnu jedinicu
- FQDN (*Fully Qualified Domain Name*) ime je koje potpuno jednoznačno određuje računalo u Internetu
- definirana je hijerarhijska struktura sustava domena:  
**računalo.podmreža.organizacija.domena**

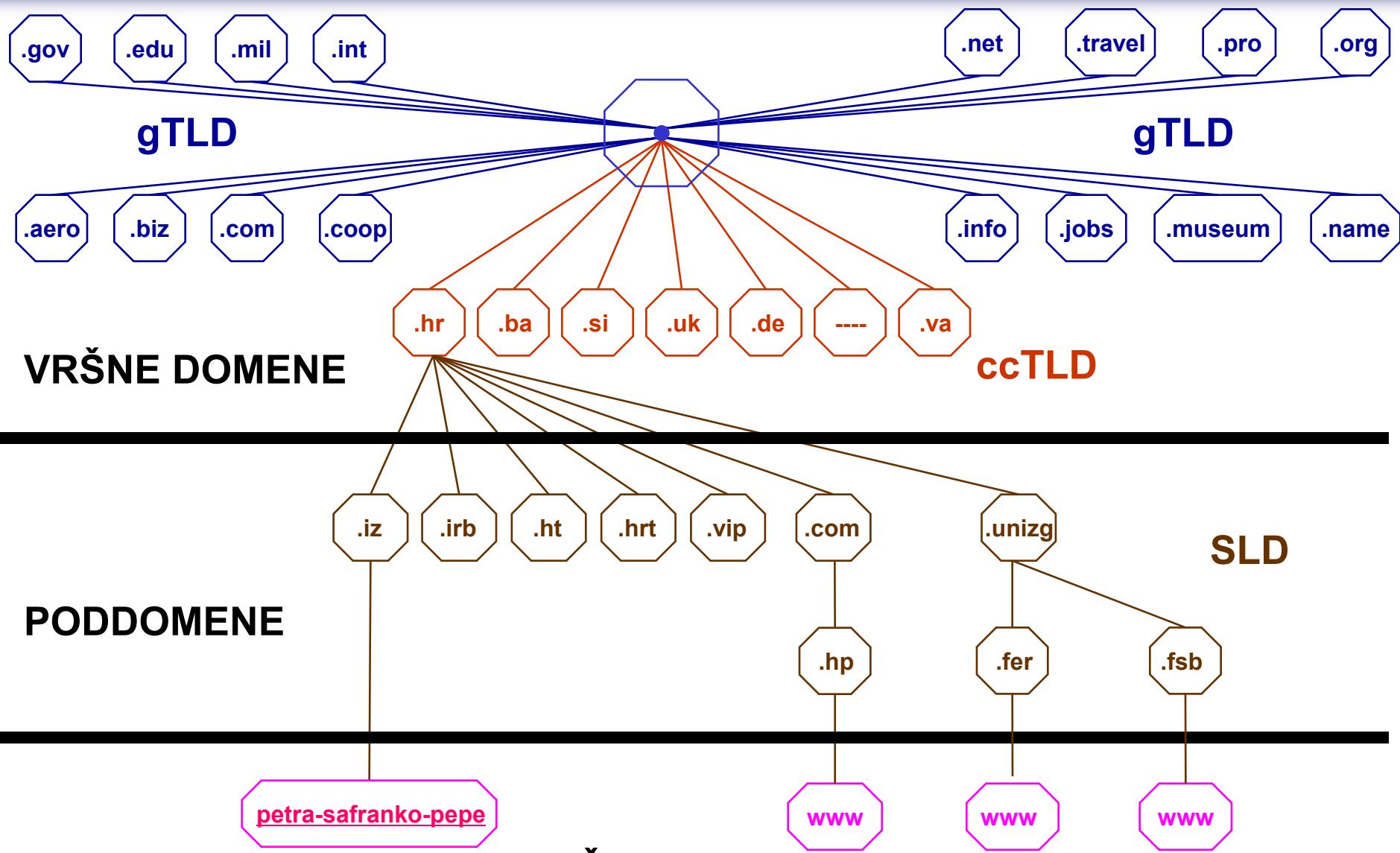
# Internetske domene

- pridruživanje imena računala odgovarajućim IP adresama provodi se i održava pomoću DNS poslužitelja (*Domain Name Server*)
- DNS je hijerarhijska baza podataka, raspodijeljena po nizu poslužitelja na Internetu
- na vrhu hijerarhije nalazi se nekoliko poslužitelja (13), koji se većinom nalaze u SAD-u
- niži slojevi su vezani uz zemlje (države) ili organizacije  
PRIMJERI: .com, .edu, .gov, .org, .net, .uk, .si, .hr
- na nižim slojevima dodaju se nove domene  
PRIMJERI: .ac.uk, .unizg.hr, .fer.unizg.hr

- internetske adrese i domene



# Internetske domene



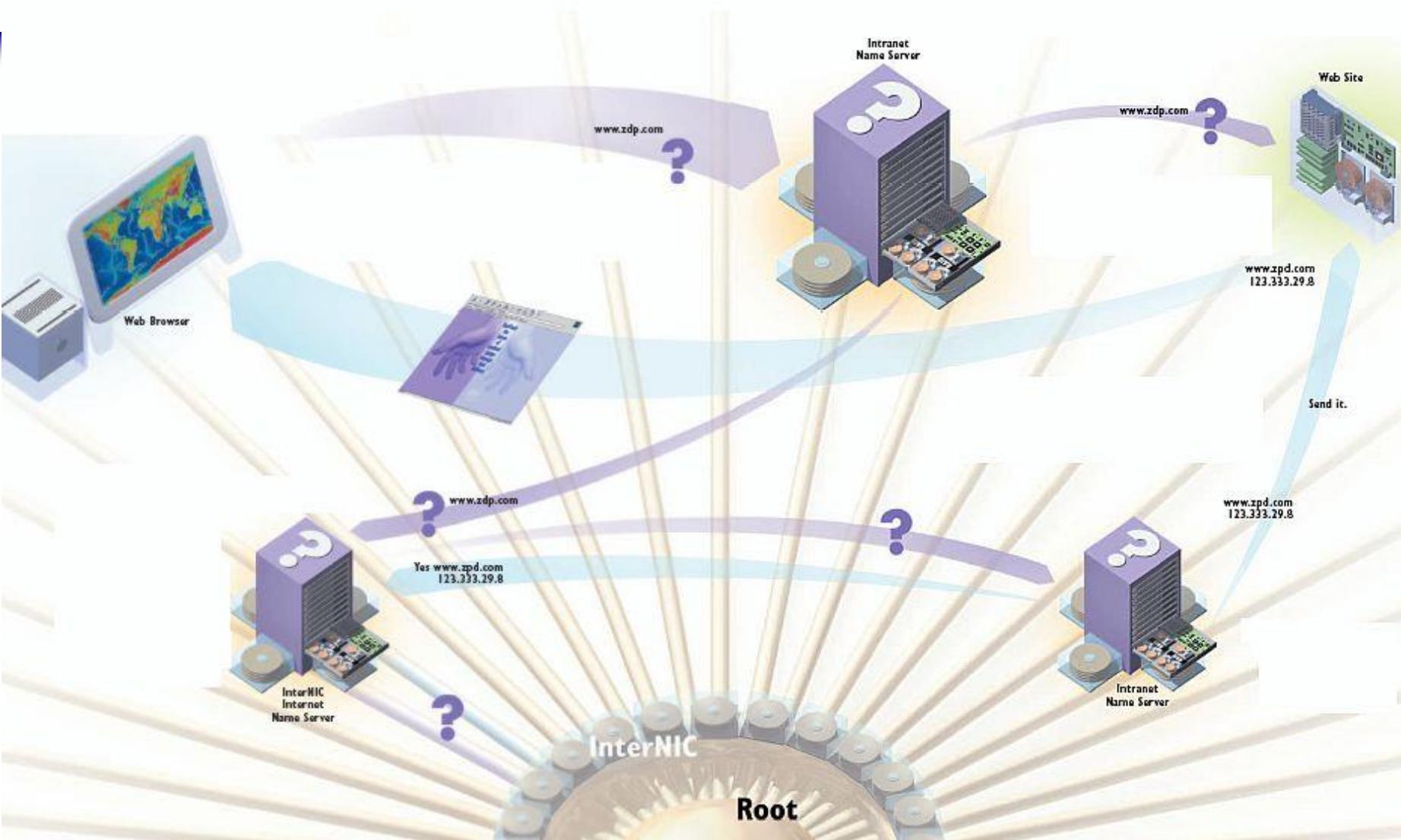
# Internetske domene



# Internetske domene

Hostname	IP Addresses	Manager
a.root-servers.net	198.41.0.4, 2001:503:ba3e::2:30	VeriSign, Inc.
b.root-servers.net	192.228.79.201, 2001:500:84::b	University of Southern California (ISI)
c.root-servers.net	192.33.4.12, 2001:500:2::c	Cogent Communications
d.root-servers.net	199.7.91.13, 2001:500:2d::d	University of Maryland
e.root-servers.net	192.203.230.10	NASA (Ames Research Center)
f.root-servers.net	192.5.5.241, 2001:500:2f::f	Internet Systems Consortium, Inc.
g.root-servers.net	192.112.36.4	US Department of Defence (NIC)
h.root-servers.net	128.63.2.53, 2001:500:1::803f:235	US Army (Research Lab)
i.root-servers.net	192.36.148.17, 2001:7fe::53	Netnod
j.root-servers.net	192.58.128.30, 2001:503:c27::2:30	VeriSign, Inc.
k.root-servers.net	193.0.14.129, 2001:7fd::1	RIPE NCC
l.root-servers.net	199.7.83.42, 2001:500:3::42	ICANN
m.root-servers.net	202.12.27.33, 2001:dc3::35	WIDE Project

- poslužitelji sustava naziva domena



# Aspekti razvoja koji vode k mobilnom Internetu

# Aspekti razvoja

- ključni aspekti razvoja koji su doveli do mogućnosti uspostave usluge mobilnog Interneta:
  - mobilna mreža razvila se do ustroja koji obuhvaća IP osnovnu jezgrenu mrežu i mnoge radijske pristupne mreže
    - signalizacija s osnovne mreže temelji se na IP protokolima, neovisno o pristupnim mrežama
    - jednakim IP osnovnim uslugama može se pristupiti putem bilo kojeg mrežnog sustava
    - prvi pristup je IP *Multimedia Core Network Subsystem* (IMS) kojega su normirali 3GPP i 3GPP2
  - važno je uvođenje *all-IP* mobilne mreže, gdje se na IP tehnologiji ne temelje isključivo samo jezgrene mreže već i radijske pristupne mreže
    - u tom su pristupu bazne stanice u ćelijskom sustavu IP pristupni usmjerivači (*router*), a upravljanje sesije mobilnosti provodi se osnovnim IP protokolima

# Aspekti razvoja

- dolazi se do poboljšanih IP multimedijskih aplikacija koje su omogućene putem aplikacija na signalizacijskoj razini protokola
- kvaliteta usluge s kraja na kraj (*end-to-end QoS*) postala je važna za potporu zahtjevnim multimedijskim aplikacijama
  - u tom je kontekstu potrebno međudjelovanje između, npr. UMTS QoS i IP QoS shema
- uvođenje *Voice over IP* (VoIP) tehnologije je također važno
- pojava mobilnih terminala koji se temelje na softverski podesivom radiju (SDR, *Software Defined Radio*) s mogućnosti za potporu mnogih radijskih pristupnih tehnologija preko više dostupnih frekvencija
- pojava mogućnosti kretanja preko hibridnih pristupnih tehnologija važan je uvjet da se pozivi djelotvorno i brzo vertikalno prekapčaju
  - IETF Seamoby i Mobile IP radne skupine pokrivaju neka od pitanja vezana za mobilnu komunikaciju bez prekida

# Aspekti razvoja

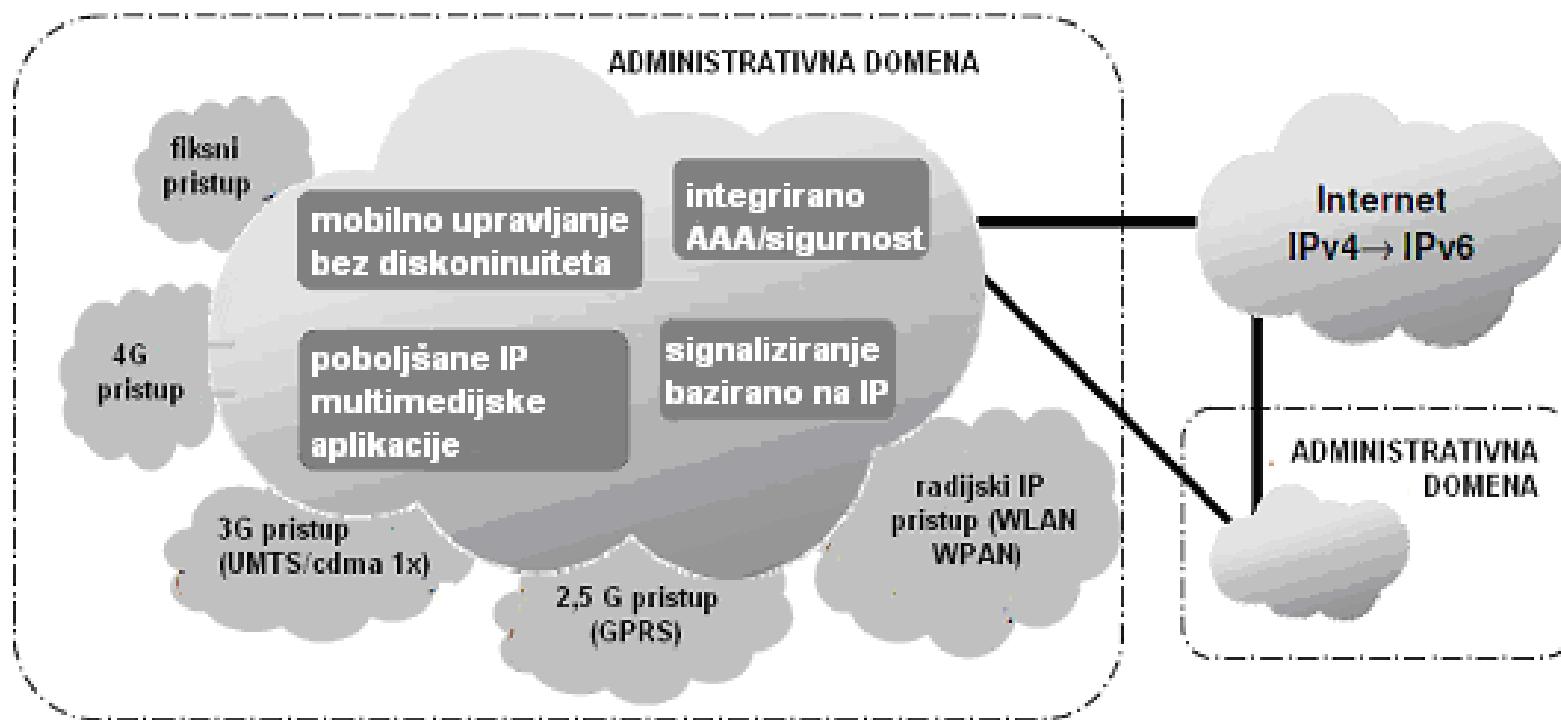
- u velikoj mjeri sigurnost također ima vrlo važnu ulogu u hibridnom pristupu okolišu u mobilnom Internetu
  - IEEE 802.11 task group I (TGi) je normirani mehanizam za povećanu sigurnost u WLAN-u; IETF *Seamoby* je također dao neke protokole koji se bave sigurnosnim kontekstom prijenosa tijekom prekapčanja
- za prošireni roaming između različitih administrativnih domena ili drugačijih pristupnih tehnologija, naprednih provjera identiteta, autorizacija i obračunavanja potrebni su neki mehanizmi
  - u tu je svrhu nastao protokol pod nazivom AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*) kao i AAA mehanizmi međudjelovanja
- potrebna je aplikacija za poboljšano umrežavanje sučelja za programiranje (API, *Application Programming Interfaces*), za doznavanje QoS-a, višeodredišnog odašiljanja te lokacije

# Aspekti razvoja

- potrebna je adaptacija na IPv6
  - zbog milijuna korisnika za koje je predviđeno da budu uvijek spojeni na IP-temeljnu infrastrukturu, tržište se jako ubrzano širi i bilo je potrebno uvesti oko jednu milijardu adresa za integraciju osnovnih internetskih sustava u prijevoznim sredstvima (automobili, zrakoplovi, vlakovi, brodovi, teretni promet) i povezanih infrastruktura za mobilnu e-trgovinu
  - to pokazuje važnost prelaska na IPv6
- radijske komunikacijske tehnologije razvijaju se i dalje te se javlja potreba za sve većim brzinama prijenosa
  - veće brzine prijenosa obično su popraćene uz manju pokrivenost područja; potrebno je učinkovito, brzo i sigurno horizontalno prekapčanje

# Aspekti razvoja

- navedeni aspekti dovode do visoke razine arhitektura mreže
- arhitektura mobilnog Interneta



- treba imati na umu da svako administrativno područje predstavlja dio mreže koje u pravilu pripada jednom mobilnom operatoru

# Mobilni Internet

prof. dr. sc. Mislav Grgić

# IP mobilne komunikacije

# IP mobilne komunikacije

## OSNOVNI POJMOVI

- temelji za IP mobilno komuniciranje:
  - opći mobilni komunikacijski sustav  
(GSM, *Global System for Mobile Communications*)
  - opće paketske radijske usluge  
(GPRS, *General Packet Radio Services*)
  - opći mobilni telekomunikacijski sustav  
(UMTS, *Universal Mobile Telecommunications System*)
  - mobilne mreže 4. generacije  
(LTE, *Long Term Evolution*)
- temeljni mrežni protokol:
  - Internet protokol (IP) s proširenjem na Mobile IP uz korištenje IPv6
- posebna rješenja:
  - *Bluetooth* koncept

# IP mobilne komunikacije



- korisnik se kreće s terminalom kroz različita područja
- područja mogu biti određena prostorno (pokrivanje radijskim signalom) ili administrativno (Internet domena)
- uključivanje terminala – registracija i praćenje kretanja
- promjena granice dvaju područja – promjena lokacije
- poziv ili komunikacija treba se nastaviti u novom području

# IP mobilne komunikacije

- 1. generacija mobilnih sustava – analogni sustavi (FDMA, *Frequency Division Multiple Access*)

Norma	Frekvencija (MHz)	Razmak kanala (kHz)	Broj kanala
NMT 450	453-457,5 463-467,5	25	180
AMPS	824-849 869-894	30	832



- NMT = *Nordic Mobile Telephony*
- AMPS = *Advanced Mobile Phone Service*

# IP mobilne komunikacije

- 2. generacija mobilnih sustava – digitalni sustavi (TDMA, *Time Division Multiple Access* + FDMA)

Norma	Frekvencija (MHz)	Razmak kanala (kHz)	Broj kanala
GSM 900  DCS 1800	890-915 935-960 1710-1785 1805-1880	200	124*8=992
D-AMPS	824-849 869-894	30	374*8=2992
			832

- DCS = *Digital Communication System*
- D-AMPS = Digital AMPS ili TDMA 136

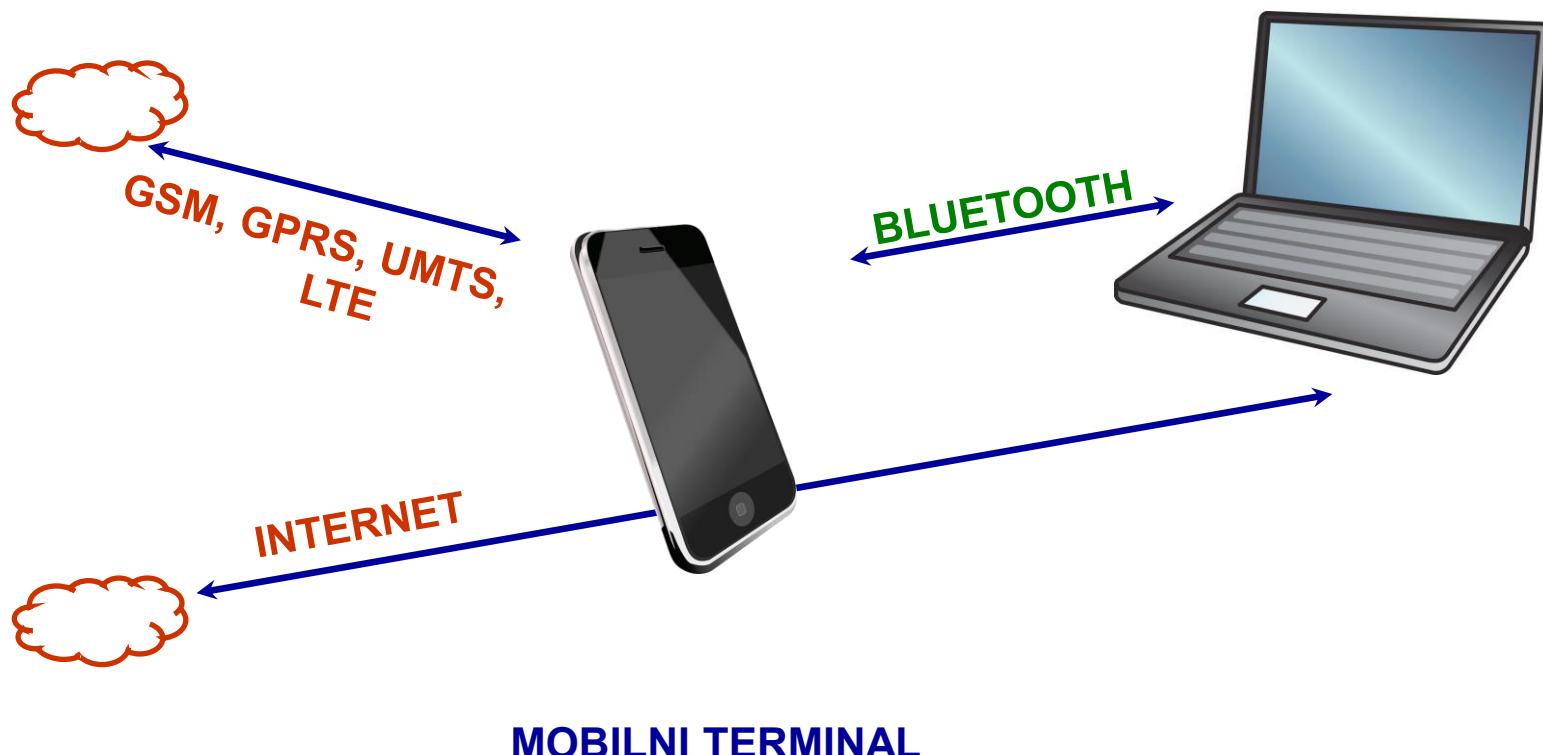
# IP mobilne komunikacije

- 3. generacija mobilnih sustava – mobilnost (CDMA, *Code Division Multiple Access*)
  - FPLMTS = *Future Public Land Mobile Telecommunication System*
  - IMT-2000 = *International Mobile Telecommunications*
  - UMTS = *Universal Mobile Telecommunications System*
- 4. generacija mobilnih sustava – all-IP sustavi i velike brzine prijenosa (OFDMA, *Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*)
  - LTE = *Long-Term Evolution*

# IP mobilne komunikacije

## MOBILNI TERMINALI

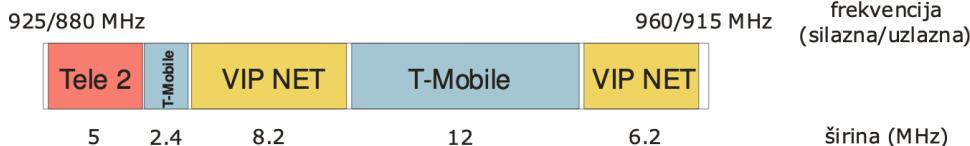
- funkcije mobilnog terminala:
  - obrada (prijenosna računala, ručna računala, PDA)
  - komunikacija (pristup mreži, drugim mrežama ili uređajima)



# IP mobilne komunikacije

- podjela RF spektra na mobilne operatere u RH

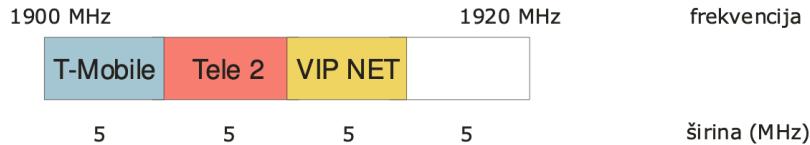
## GSM 900



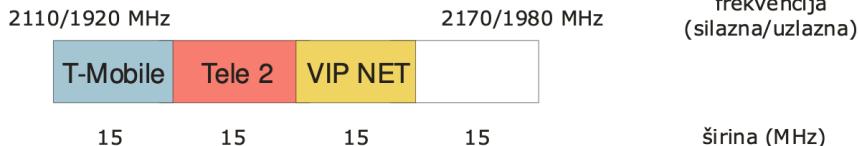
## GSM/DCS 1800



## UMTS (TDD)



## UMTS (FDD)



Frekvencijski pojasevi (MHz)	Dodijeljeni radiofrekvencijski spektar	Ograničenja uporabe radijskih frekvencija
925 - 960/ 880 - 915	925.3 - 930.3/880.3 - 885.3 MHz Tele 2 d.o.o.	2024.
	930.3 - 932.7/885.3 - 887.7 MHz Hrvatski Telekom d.d.	2024.
	941.1 - 953.1/896.1 - 908.1 MHz Hrvatski Telekom d.d.	2024.
	932.7 - 940.9/887.7 - 895.9 MHz VIP NET d.o.o.	2024.
	953.3 - 959.5/908.3 - 914.5 MHz VIP NET d.o.o.	2024.
1805 - 1880/ 1710 - 1785	1805.1 - 1817.1/1710.1 - 1722.1 MHz Tele 2 d.o.o.	2024.
	1830.1 - 1845.1/1735.1 - 1750.1 MHz Hrvatski Telekom d.d.	2024.
	1855.1 - 1865.1/1760.1 - 1770.1 MHz VIP NET d.o.o.	2024.
1900-1920	1900 - 1905 MHz Hrvatski Telekom d.d.	2024.
	1905 - 1910 MHz Tele 2 d.o.o.	2024.
	1910 - 1915 MHz VIP NET d.o.o.	2024.
2110 - 2170/ 1920 - 1980	2110 - 2125/1920 - 1935 MHz Hrvatski Telekom d.d.	2024.
	2125 - 2140/1935 - 1950 MHz Tele 2 d.o.o.	2024.
	2140 - 2155/1950 - 1965 MHz VIP NET d.o.o.	2024.

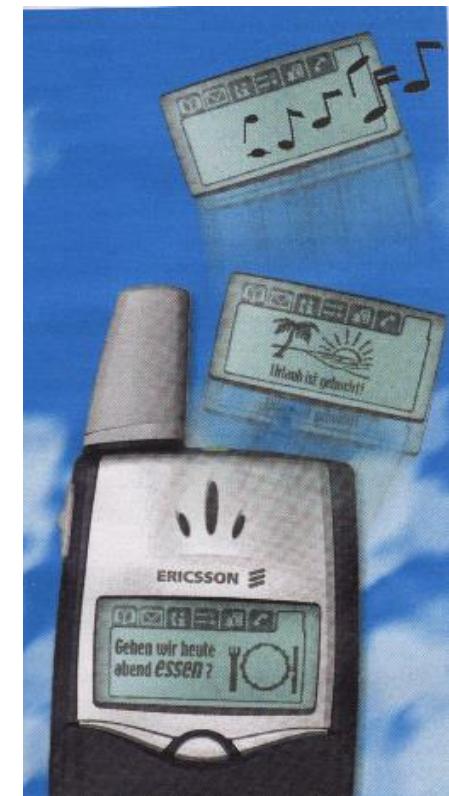
# IP mobilne komunikacije

## PODACI U GSM MREŽI

- govor: 13 kbit/s, *full rate*
- podaci (u govornom kanalu): 9,6 kbit/s (GSM 900)  
14,4 kbit/s (GSM 1800)
- **SMS (*Short Message Service*):**
  - putem SMSC (*SMS Center*); najviše 160 znakova
- pojava SMS-a unosi dodatnu privatnost u komunikaciji
- svrha uvođenja SMS-a ⇒ obavijest o primljenoj glasovnoj poruci
- godine 1992. prvi SMS poslan s PC-a na mobilni telefon (Vodafone)
- veliki uspjeh SMS-a zahvaljujući:
  - jednostavnom i intuitivnom korištenju
  - nemetljivoj *person-to-person* komunikaciji
  - interoperabilnosti između mobilnih uređaja
  - interoperabilnosti između operatora

# IP mobilne komunikacije

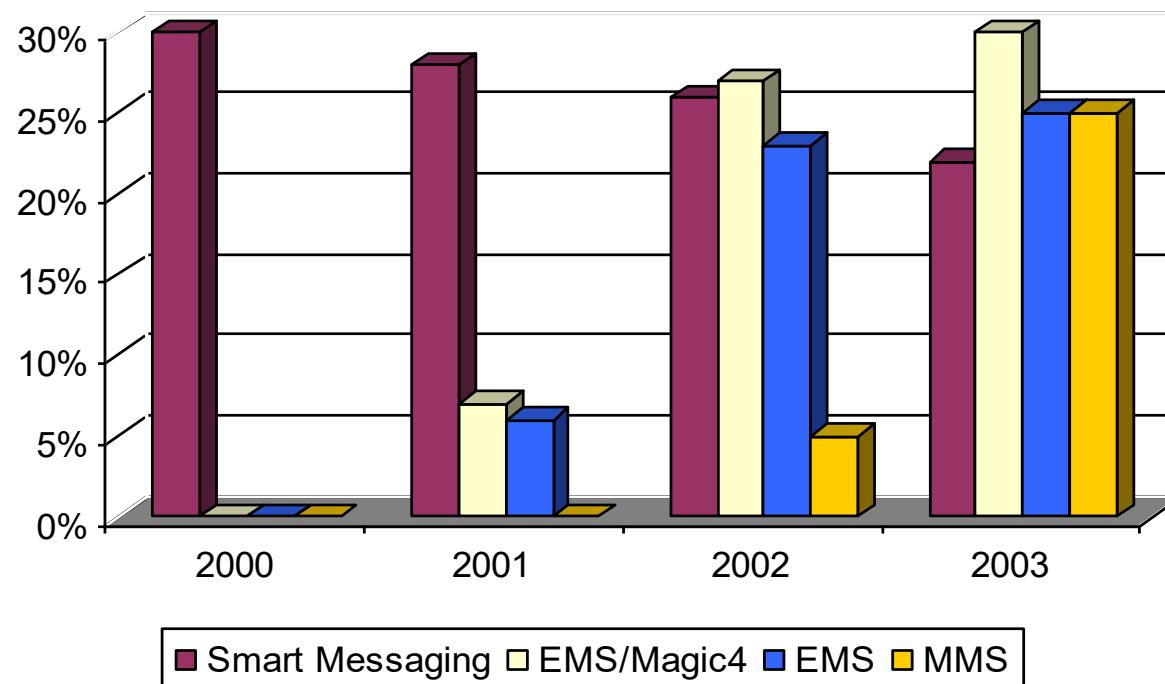
- **Smart Messaging Protocol (Nokia) / Magic4:**
  - format svojstven samo Nokia telefonima
  - prijenos tonova, slikovnih poruka, logotipa, poslovnih posjetnica
- **Enhanced Messaging Service (EMS):**
  - osnovni tekst obogaćuje se dodatnim formatima, čime se jednostavni multimedijijski podaci počinju prenositi mobilnim uređajima:
    - formatirani tekst (**bold**, *italic*, veličina slova, orijentacija - left, center, ...)
    - grafika (mali format: 16x16; veliki format: 32x32; najveći format: 96x64 - ovisi o podršci uređaja; sve slike su crno-bijele)
    - zvuk (iMelody norma od IrDa organizacije - *Infrared Data Association*)
    - jednostavnije animacije (format: 8x8 ili 16x16)



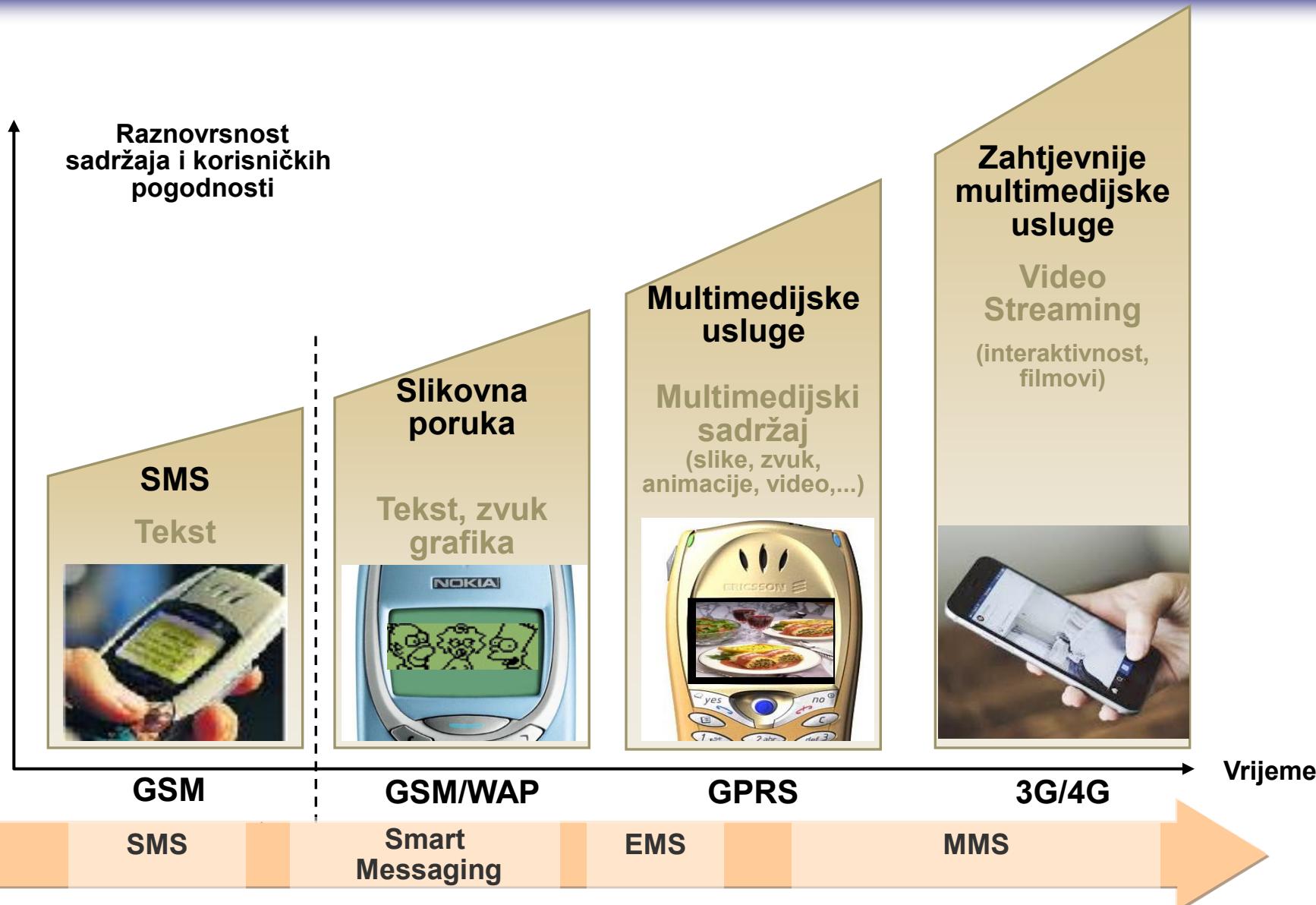
# IP mobilne komunikacije

- **Multimedia Messaging Service (MMS):**

- logičan slijed u unapređenju SMS usluge
- ključna usluga za 2.5G i 3G mreže



# IP mobilne komunikacije



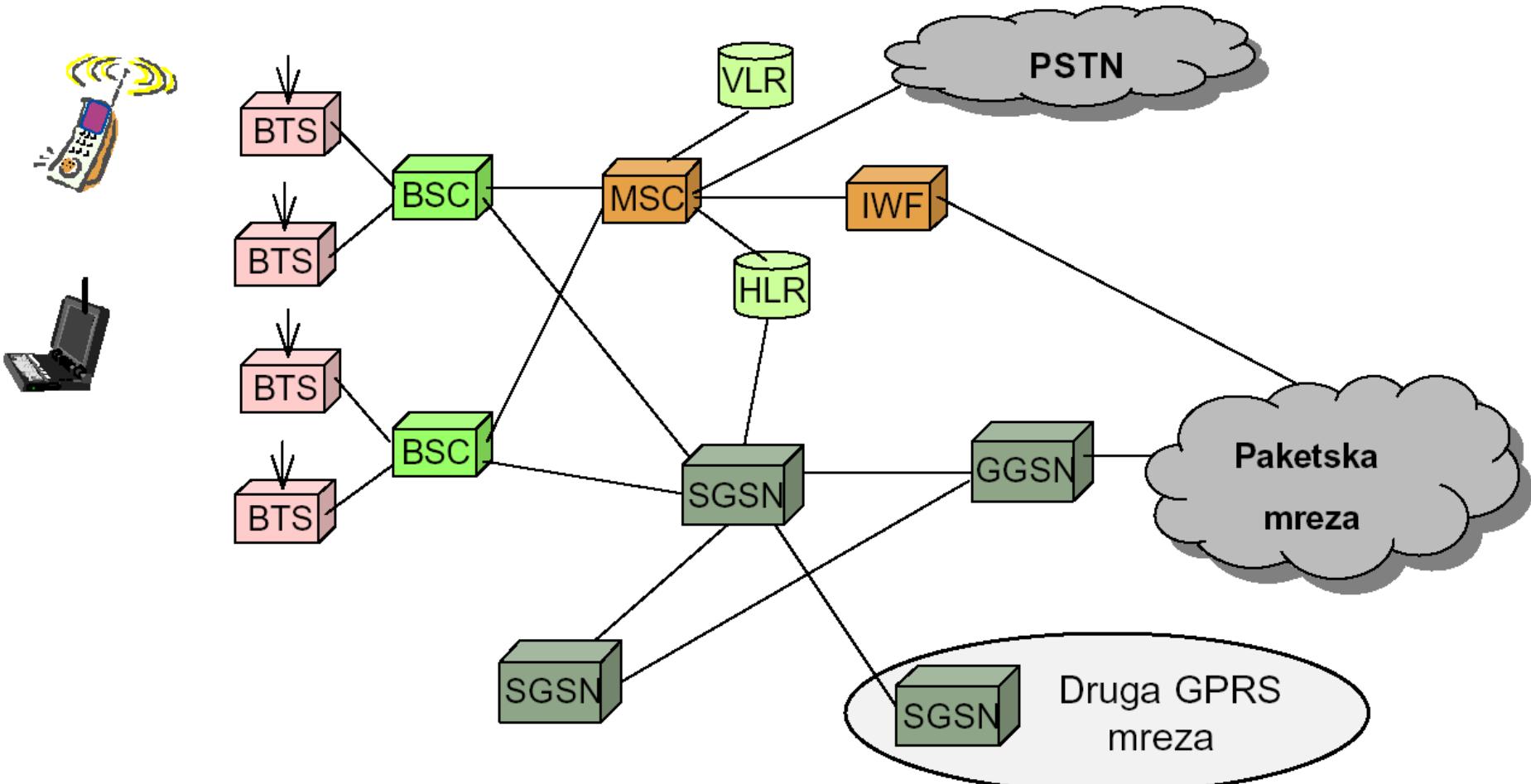
# IP mobilne komunikacije

## OPĆE PAKETSKE RADIJSKE USLUGE

- GPRS (*General Packet Radio Services*)
- prijenos paketskih podataka u GSM mreži
- brzine prijenosa: od 43,2 do 115 kbit/s
- omogućen pristup Internetu
- naplata prema količini razmijenjenih podataka
- dodatni čvorovi:
  - SGSN (*Serving GPRS Support Node*)
    - poslužuje korisnika; usmjeravanje paketa
    - šifriranje podataka i provjera identiteta
  - GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)
    - prosljeđuje podatke; sučelje prema vanjskim IP mrežama
    - povezuje korisnika s drugim GPRS i drugim mrežama

# IP mobilne komunikacije

- arhitektura GPRS sustava:



# IP mobilne komunikacije

- dodjela IP adrese:
  - GGSN dodjeljuje IP adresu mobilnoj postaji (MS, *Mobile Station*) tijekom aktiviranja PDP Contexta (*Packet Data Protocol Context*)
  - PDP Context:
    - zapis o karakteristikama veze (naziv pristupne točke, IP adresa, IMSI)
    - određuje komunikaciju između MS i GGSN, SGSN
    - aktivira se prilikom uključivanja MS ili prije pokretanja komunikacije
  - moguće statičke i dinamičke adrese
  - više različitih PDP Contexta može koristiti istu IP adresu
  - IPv4 ograničava na uporabu samo dinamičkih adresa

# IP mobilne komunikacije

- pristup Internetu iz GPRS mreže:
  - MS zahtjeva aktiviranje PDP Contexta koji opisuje karakteristike veze
  - SGSN provjerava zahtjeve na temelju pretplatničke informacije sadržane u HLR (*Home Location Register*)
  - svaki SGSN ima pristup do svog lokalnog DNS, gdje traži IP adresu GGSN
  - u slučaju *roaminga*, kontaktira se vršni DNS
  - stvara se tunel između SGSN i GGSN
  - GGSN dodjeljuje dinamički IP adresu MS
  - podaci tuneliraju između SGSN i GGSN prema GTP protokolu (*GPRS Tunnelling Protocol*)

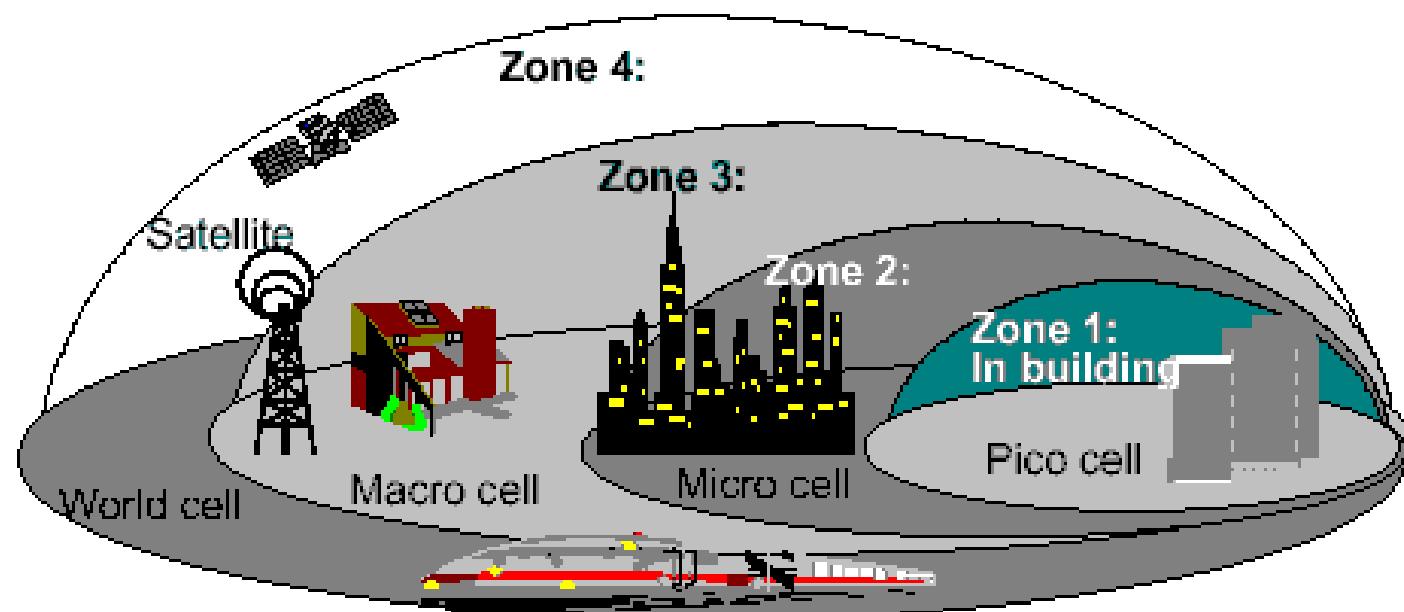
# IP mobilne komunikacije

- **EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution* )**
  - omogućava veće brzine prijenosa od GPRS-a
  - potrebni su novi mobilni uređaji i bazne stanice
  - napredak je u drugačijoj modulacijskoj tehnici (8-PSK u odnosu na GMSK kod GSM-a ili GPRS-a)
  - postoji 9 kodnih shema koje omogućavaju prijenos do 59,2 kbit/s za pojedini vremenski odsječak
  - GSM kompatibilni sustavi mogu koristiti do 8 vremenskih odsječaka za prijenos podataka, pa je maksimalna brzina 473,6 kbit/s
  - sve bazne stanice ne podržavaju EDGE

# IP mobilne komunikacije

## OPĆI MOBILNI TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAV

- UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)
- prijenos govora, podataka i multimedijskih informacija u mobilnoj mreži
- UMTS ćelije (1):



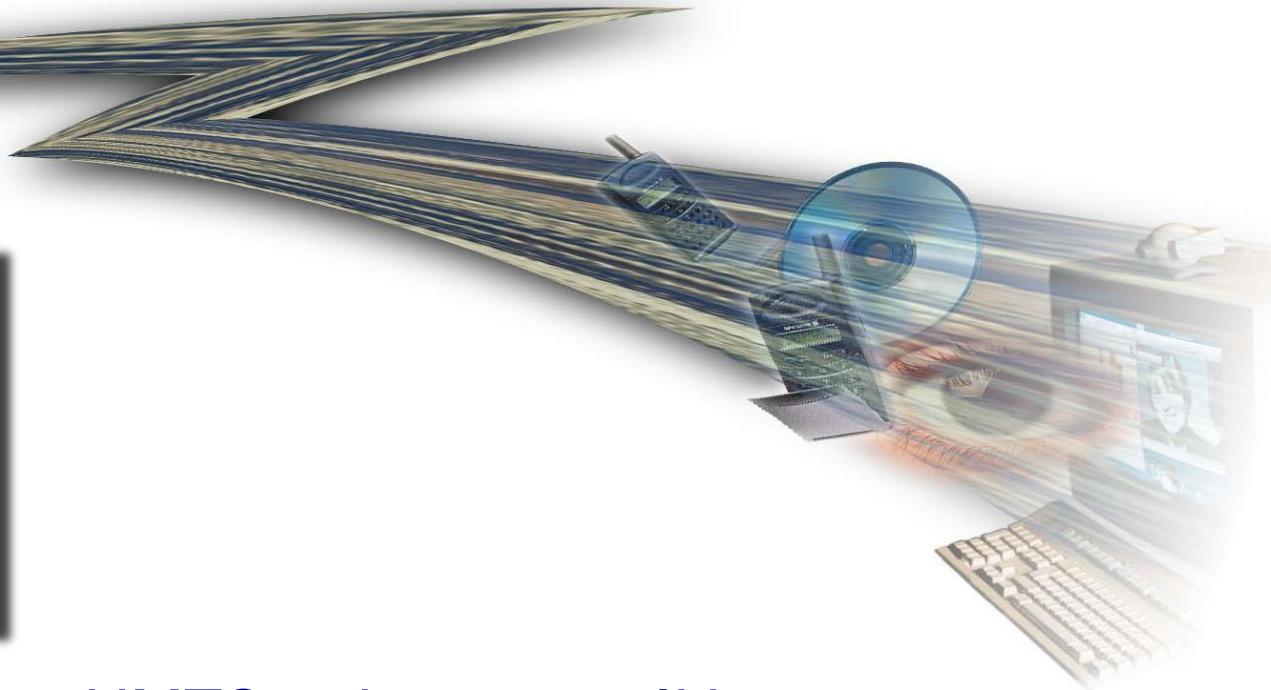
# IP mobilne komunikacije

- UMTS ćelije (2):
  - piko-ćelije
    - ograničeno područje (npr. kolodvori, zračne luke, uredi)
    - brzine prijenosa: do 2 Mbit/s
    - brzine: ispod 10 km/h
    - promjer ćelije: 10 - 50 m
  - mikro-ćelije:
    - šire područje (npr. grad)
    - brzine prijenosa: od 384 kbit/s do 2 Mbit/s
    - brzine: od 10 do 120 km/h
    - promjer ćelije: 500 m

# IP mobilne komunikacije

- UMTS ćelije (3):
  - makro-ćelije:
    - široka područja (npr. ruralna naselja)
    - brzine prijenosa: od 144 do 384 kbit/s
    - brzine: od 120 do 500 km/h
    - promjer ćelije: od 2 do 6 km
  - globalne ćelije:
    - omogućavaju globalno korištenje UMTS usluga putem satelitske tehnologije (npr. planine i oceani)
    - brzine prijenosa: od 144 do 384 kbit/s
    - brzine: od 500 do 1000 km/h

# IP mobilne komunikacije



- UMTS treba omogućiti:
  - kvalitetu govora kao u fiksnoj mreži
  - integraciju s fiksnom mrežom
  - "suživot" s GSM mrežom (2G)
  - brzi pristup Internetu

# IP mobilne komunikacije

- upotreba W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*)
  - širokopojasni višestruki pristup s kodnom podjelom
  - kod vremenske podjele se svakoj mobilnoj postaji dodjeljuje vremenski odsječak za komunikaciju, dok se kod kodne podjele svakoj mobilnoj postaji dodjeljuje jednoznačni kod (*Chip Sequence*)
  - '1' se zamjenjuje s tim kodom, a '0' s komplementarnim kodom
  - frekvencijsko područje: 1920-1980 MHz i 2110-2170 MHz
  - veći kapacitet i bolja pokrivenost
  - visoke brzine prijenosa (do 42 Mbit/s uz HSPA+)
  - paketski i kanalski prijenos
  - višestruke istodobne usluge
  - hijerarhijsko strukturiranje ćelija

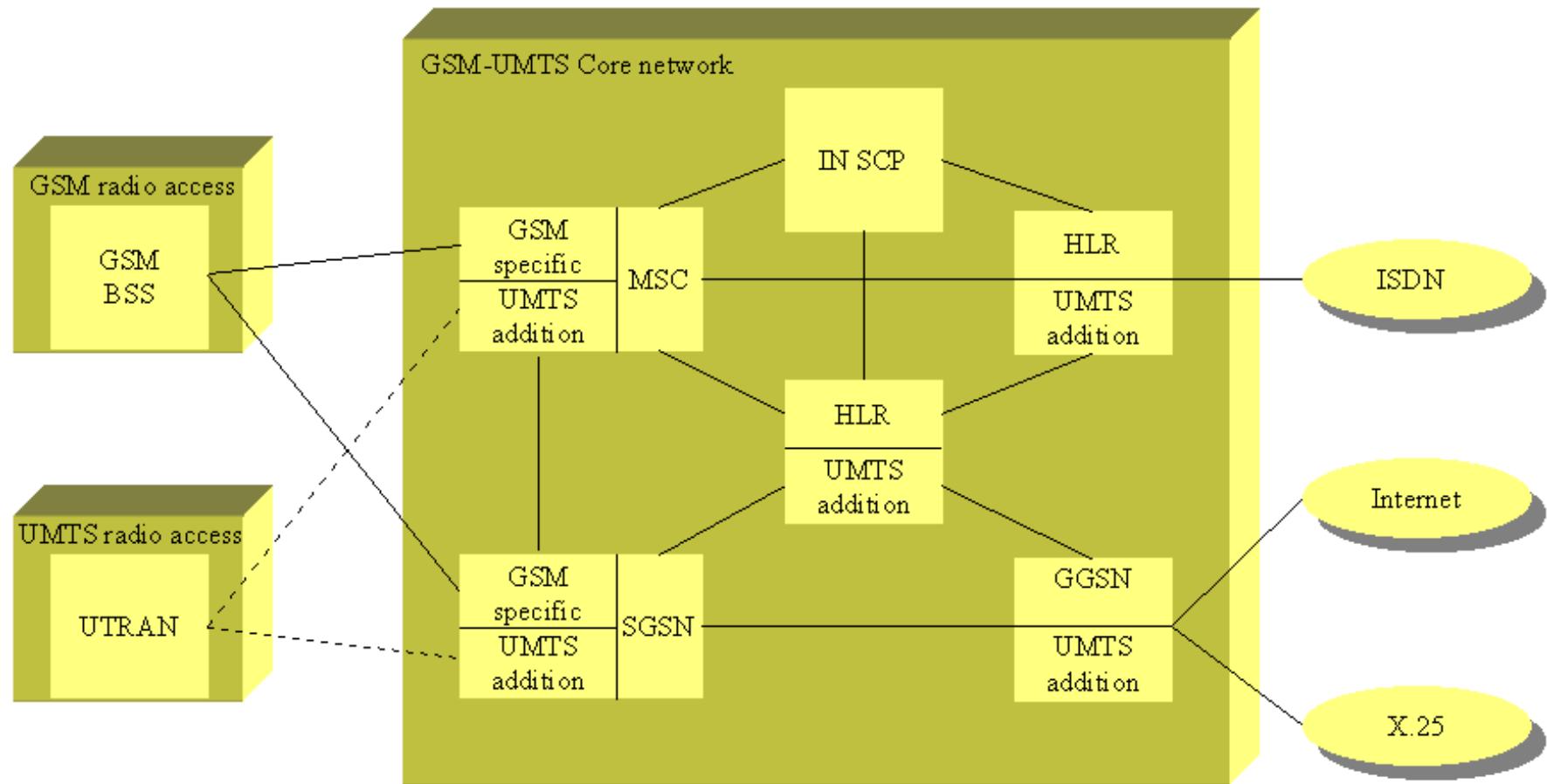
# IP mobilne komunikacije

- upotreba TD-CDMA (*Time Division Code Division Multiple Access*)
  - višestruki pristup s kodom podjelom i vremenskom podjelom
  - namijenjen za zatvoreni prostor, uže područje, privatnu mrežu
  - frekvencijsko područje: 1900-1920 MHz i 2010-2025 MHz



# IP mobilne komunikacije

- arhitektura UMTS sustava:



# IP mobilne komunikacije

- usluge u UMTS sustavu:

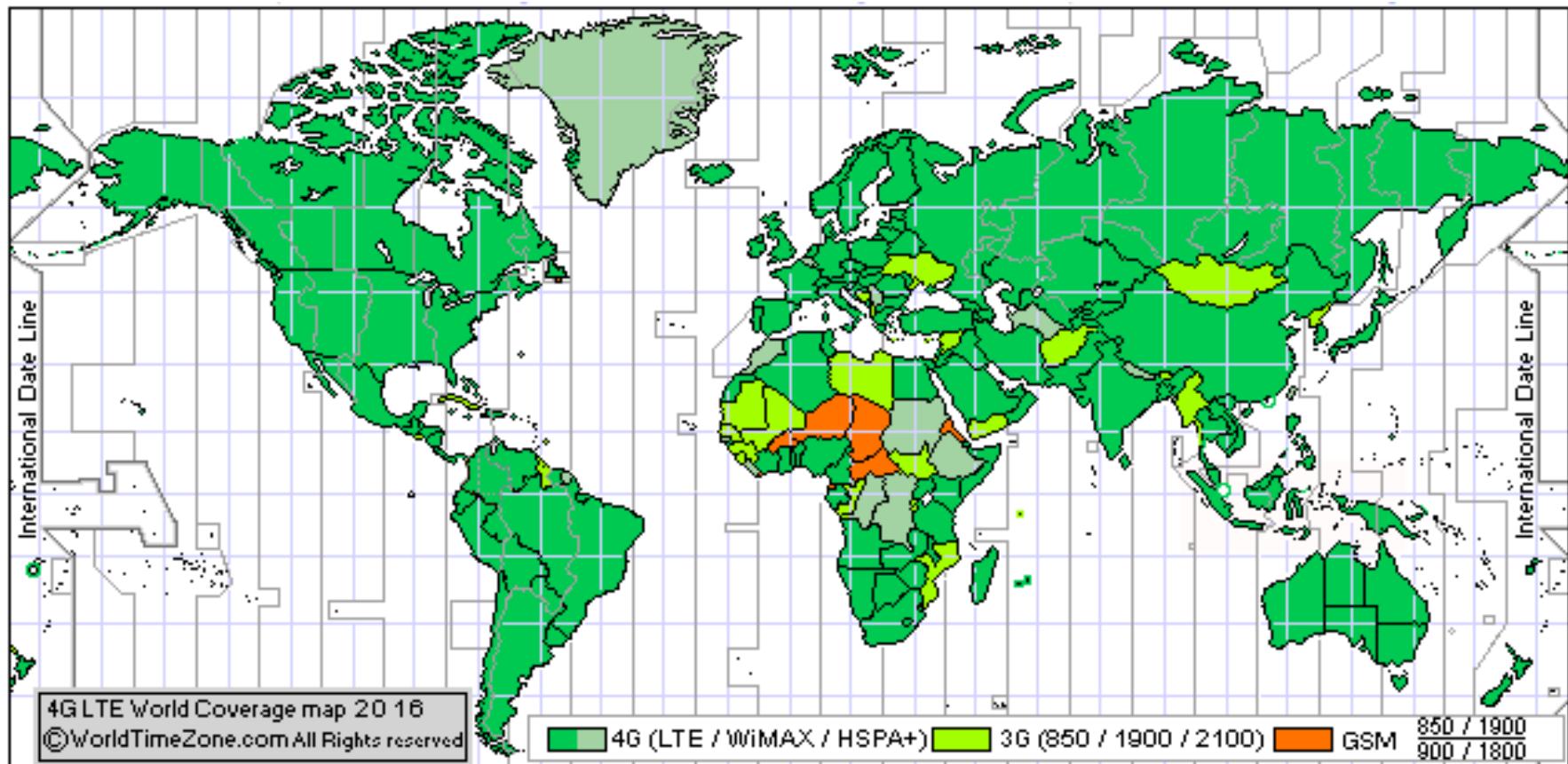
Info.	Education	Entertainment	Community	Business And Financial	Communication	Telematics and special
Browsing	Virtual school	Audio on demand	Emergency services	Virtual banking	Video telephony	Telemedicine
Interactive shopping	On-line library	Games on demand	Government procedures	On-line billing	Video conferencing	Security monitoring
	Training	Video Streaming		Universal SIM-card and Creditcard	Voice response and recognition	Instant help line

- inačice UMTS-a:

- R99 (*Release 99*)
- HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*)
- HSUPA (*High-Speed Uplink Packet Access*)
- HSPA+ (*High Speed Packet Access Plus*)

# IP mobilne komunikacije

- **LTE (Long Term Evolution)**
- naziv koji se često koristi je i 4G (LTE)
- predložen još 2004. godine, a komercijalno korišten od kraja 2009. godine



# IP mobilne komunikacije

- **LTE**

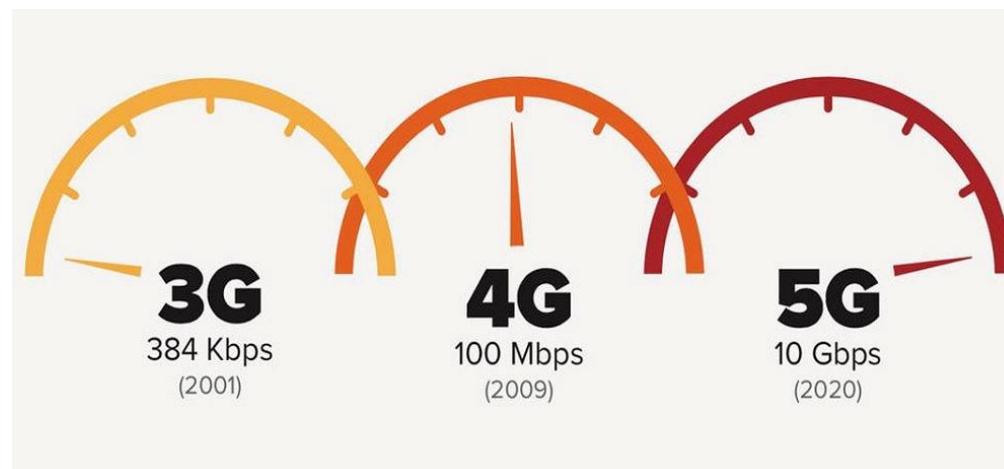
- povećana širina spektra dodijeljenog za komunikaciju
- 300 Mbit/s u dolaznom smjeru i 75 Mbit/s u odlaznom smjeru
  - uz  $4 \times 4$  MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) sustav i 20 MHz širinu kanala
- moguća uporaba različitih širina kanala:
  - 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz i 20 MHz
- dodjela dijela spektra korištenog za analogne TV sustave (digitalna dividenda)



S = *single*; M = *multiple*; I = *input*; O = *output*

# IP mobilne komunikacije

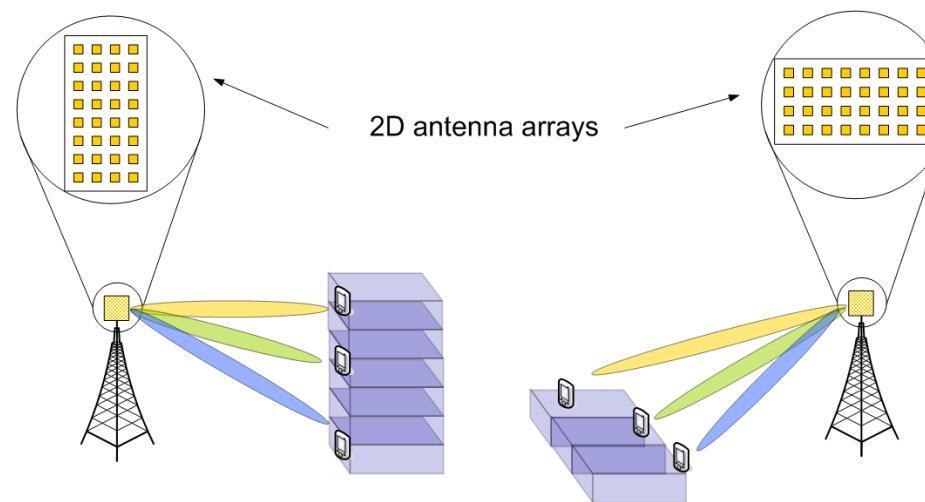
- **LTE Advanced**
  - veće brzine prijenosa: 1 Gbit/s
  - MIMO sustav s više antena (do 8)
  - širina pojasa do 100 MHz - agregacija nosioca (*carrier aggregation*)
- **LTE Advanced Pro**
  - prijelaz prema 5G
  - *Massive MIMO*



# IP mobilne komunikacije

## Mobilne mreže 5. generacije (5G)

- brzine prijenosa iznad 10 Gbit/s
- manje kašnjenje: 1 ms – 10 ms
- *massive MIMO*, višekorisnički MIMO (*multi user MIMO*)
- višestruki pristup s podjelom snopa BDMA (*Beam Division Multiple Access*)



Beamforming in the  
elevation domain

Beamforming in the  
azimuth domain

# IP mobilne komunikacije

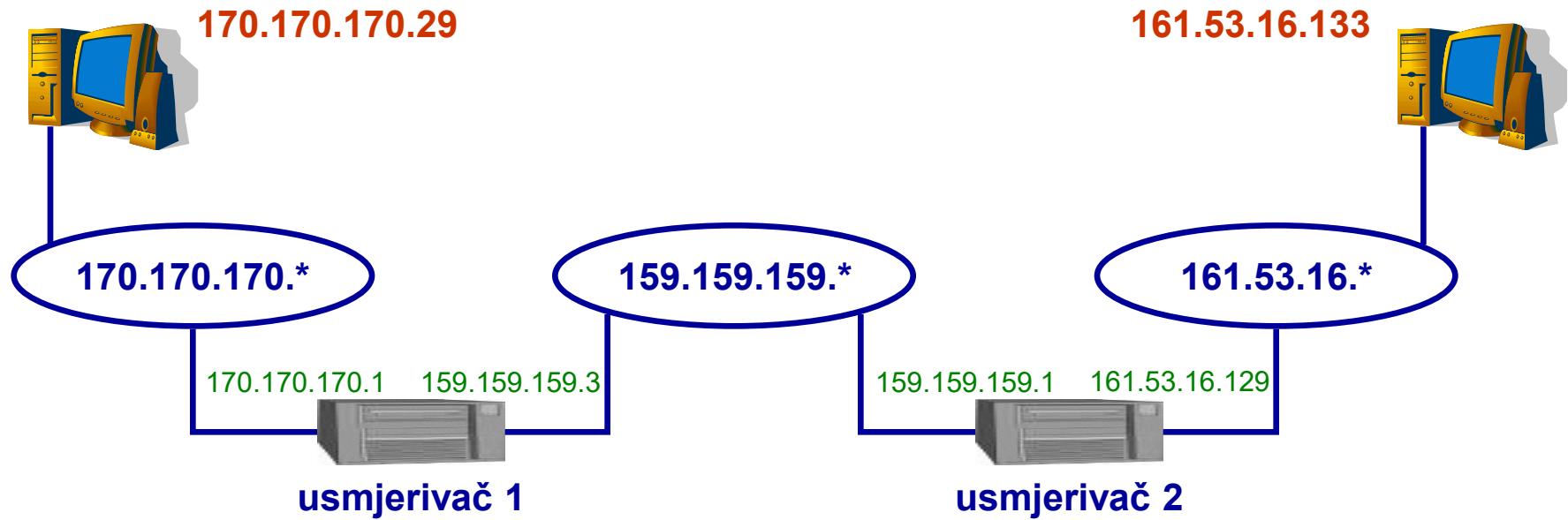
## MOBILNI INTERNET (Mobile IP)

- zahtjevi:
  - potrebno je osigurati iste mogućnosti komuniciranja (usluge) na svakoj priključnoj točki fiksne i mobilne mreže
  - informaciju je potrebno prilagoditi mogućnostima mobilnog terminala
  - potrebno je omogućiti *ad hoc* umrežavanje prijenosnih uređaja oko priključne točke fiksne i mobilne mreže
- rješenja:
  - **Mobile IP**: čvorovi na Internetu mijenjaju priključnu točku
  - **Bluetooth**: radijsko sučelje za povezivanje bliskih (prijenosnih) elektroničkih uređaja u malu mrežu

# IP mobilne komunikacije

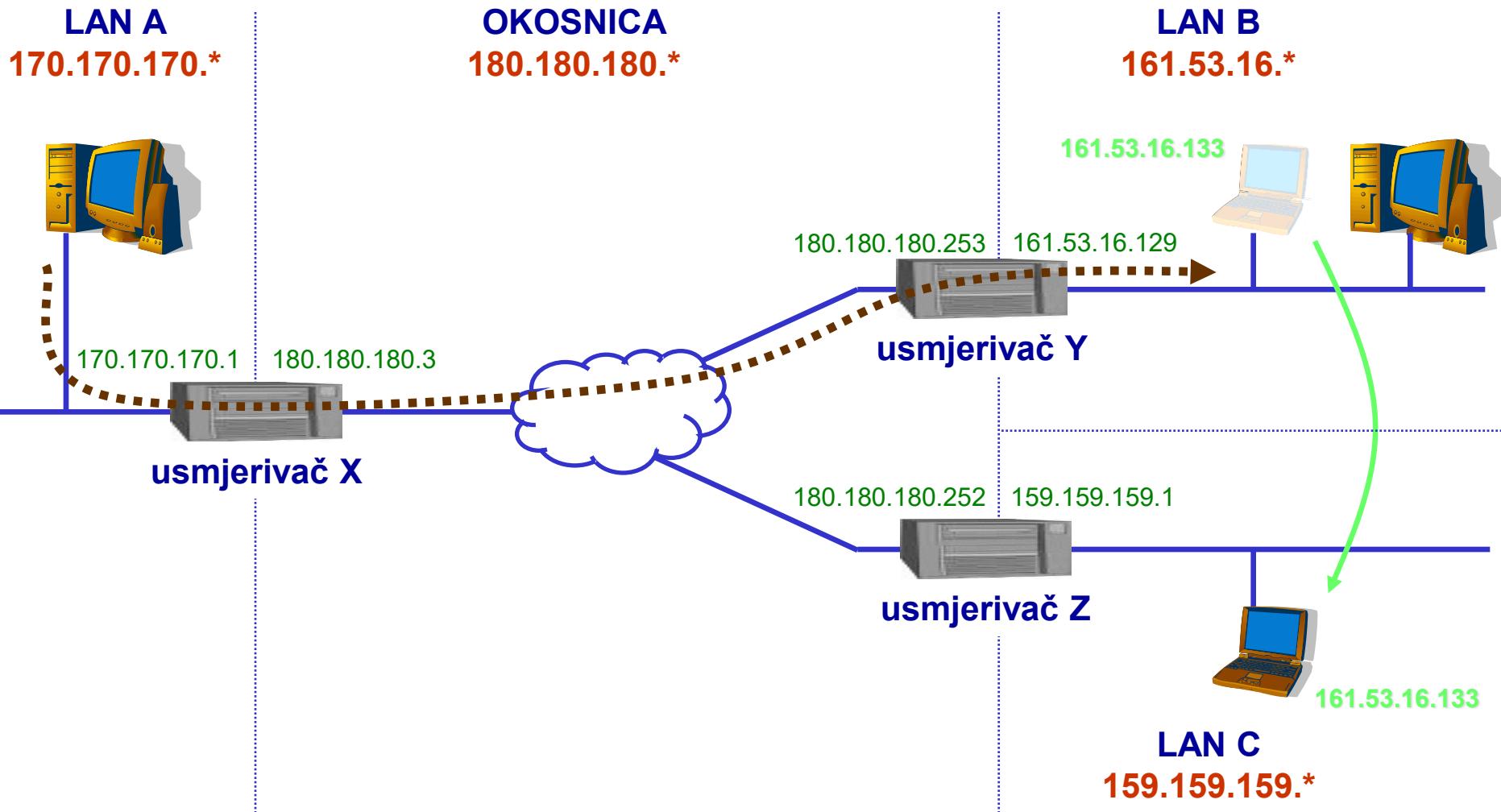
- klasično usmjeravanje:

170.170.170.0	170.170.170.29
default	170.170.170.1



# IP mobilne komunikacije

- utjecaj promjene priključne točke:



# IP mobilne komunikacije

- "klasični" (IPv4) Internet:
  - IP adresa globalno i jednoznačno označuje računalo, odnosno sučelje usmjerivača
  - protokoli usmjeravanja usmjeravaju datagrame na temelju odredišne adrese:
    - računala čije adrese pripadaju istoj podmreži izravno izmjenjuju datagrame
    - računala čije adrese pripadaju različitim podmrežama izmjenjuju datagrame koristeći niz usmjerivača na putu od izvora do odredišta
  - odluka o sljedećem usmjerivaču u nizu donosi se na temelju mrežnog prefiksa
- kako bi proces komunikacije tekao bez prekida, promjenom priključne točke računala (npr. promjenom LAN-a), treba se promijeniti i IP adresa računala
- to je neprikladno za mobilni Internet

# IP mobilne komunikacije

- zahtjevi za mobilnost u Internetu:
  1. mobilni čvor mora moći komunicirati s drugim čvorovima nakon **promjene priključne točke**
    - mora moći zadržati postojeće veze
  2. mobilni čvor mora moći komunicirati uporabom svoje **stalne IP adrese**, neovisno o trenutnoj priključnoj točki na Internet
    - važno za programske licence, dozvole pristupa i sl.
  3. mobilni čvor mora moći komunicirati s drugim čvorovima koji **nemaju uvedene funkcije mobilnosti**
    - nema globalnih promjena Internet protokola
  4. mobilni čvor **ne smije** biti izložen **dodatnim sigurnosnim rizicima** u odnosu na fiksne čvorove

# IP mobilne komunikacije

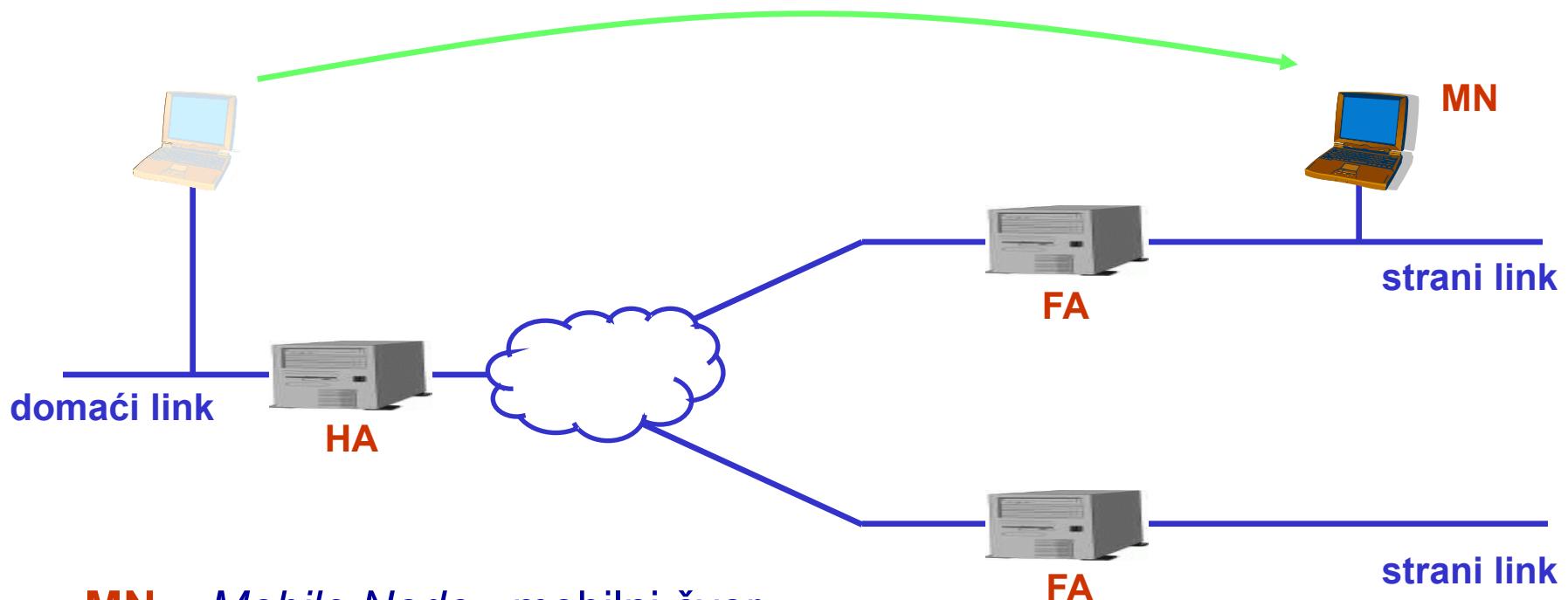
- mobilni Internet ostvaruje se na mrežnom sloju, bez utjecaja na sloj prijenosa i sloj primjene
- na sloju fizičkog pristupa mreži potrebno je osigurati:
  - neovisnost o mediju: fiksni ili radijski
- na sloju veze za prijenos podataka potrebno je osigurati:
  - postupak kompresije
  - zaštitu podataka
  - postupak pri promjeni priključne točke
- na sloju mreže potrebno je osigurati:
  - identifikaciju čvora i mreže (pitanje adresiranja)
  - određivanje priključne točke (prepoznavanje linka)
  - usmjeravanje datagrama

# IP mobilne komunikacije

- adresiranje:
  - domaća adresa (*Home Address*):
    - IP adresa stalno dodijeljena mobilnom čvoru, koja se ne mijenja pri kretanju čvora
  - trenutna adresa (CoA, *Care-of Address*) :
    - IP adresa dodijeljena mobilnom čvoru kad je priključen preko neke posjećene priključne točke
    - svojstva trenutne adrese:
      - jednoznačno je određena za svaku priključnu točku
      - mijenja se pri promjeni priključne točke
      - odredišna je za datagrame namijenjene mobilnom čvoru

# IP mobilne komunikacije

- osnovni elementi mobilnog Interneta:



**MN** = *Mobile Node* - mobilni čvor

**HA** = *Home Agent* - domaći agent

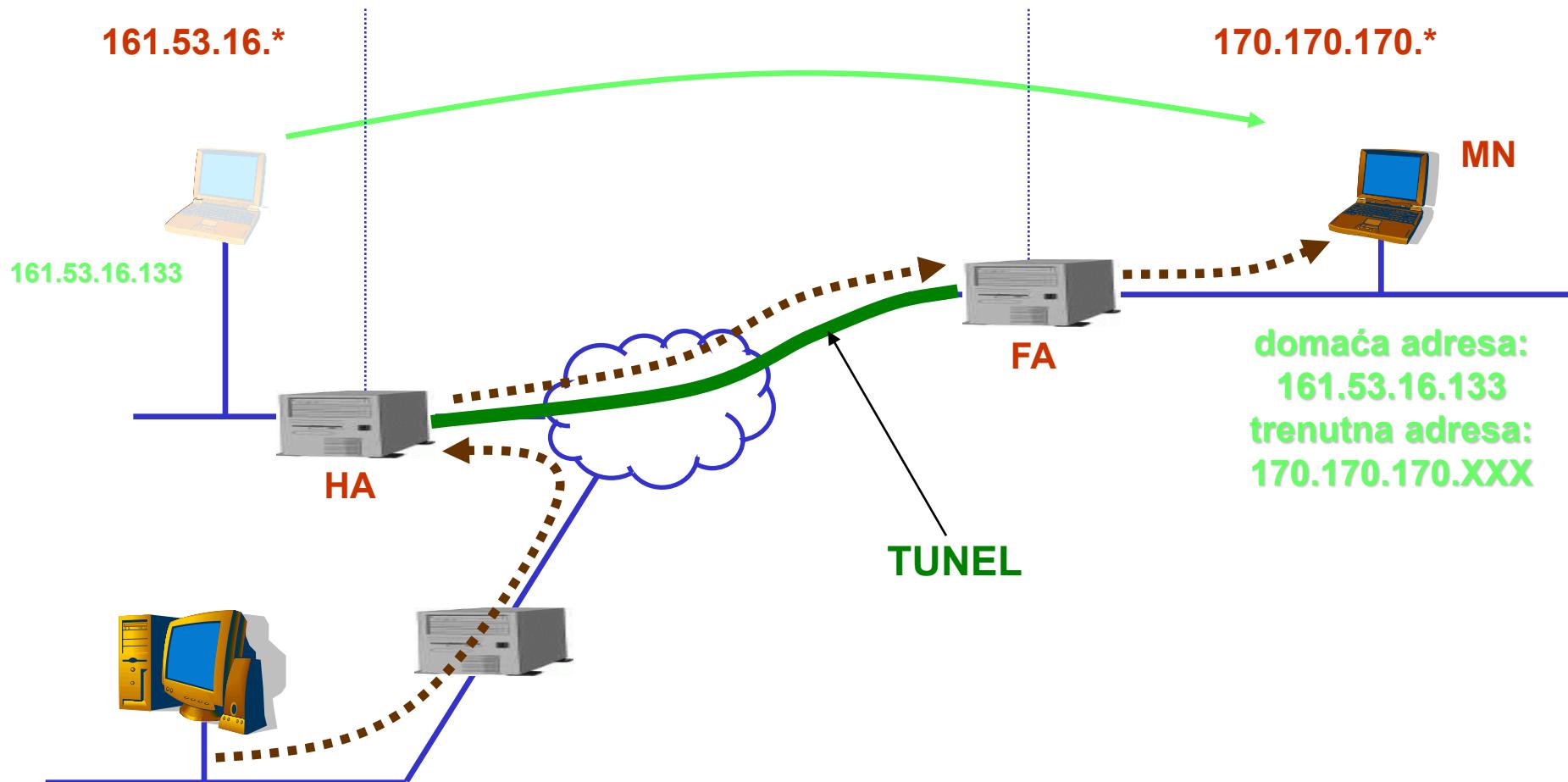
**FA** = *Foreign Agent* - strani agent

# IP mobilne komunikacije

- mobilni čvor (MN)
  - čvor koji mijenja točku priključka na Internetu s jednog linka na drugi, pri čemu zadržava sve već uspostavljene veze i koristi svoju stalnu, domaću IP adresu
- domaći agent (HA)
  - usmjerivač sa sučeljem na domaćem linku mobilnog čvora:
    - kojeg mobilni čvor izvješćuje o trenutnoj priključnoj točki - IP adresi (*Care-of Address*)
    - koji omogućava usmjeravanje prema stalnoj adresi mobilnog čvora
    - koji presreće datagrame adresirane na mobilni čvor i *tunelira* ih prema njegovoj trenutnoj adresi
- strani agent (FA)
  - usmjerivač na stranom linku gdje je mobilni čvor povezan na trenutnu priključnu točku:
    - koji izvješćuje domaćeg agenta o trenutnoj IP adresi
    - koji usmjerava datagrame prema/od mobilnog čvora

# IP mobilne komunikacije

- tuneliranje u mobilnom Internetu:



# IP mobilne komunikacije

- procedure mobilnog čvora:
  - otkrivanje agenta (*Agent Discovery*)
    - određuje je li spojen na domaći ili strani link
    - utvrđuje je li promijenio link
    - dobiva trenutnu adresu kad promjeni link
  - registracija (*Registration*)
    - zahtijeva uslugu usmjeravanja od stranog agenta na stranom linku
    - izvješćuje domaćeg agenta o trenutnoj adresi
    - periodički obnavlja registraciju
    - deregistrira se pri povratku na domaći link

# IP mobilne komunikacije

- otkrivanje agenta:
  - *Agent Advertisement* (AA)
    - svaki agent periodički razašilja *Agent Advertisement* poruke svim linkovima za koje može poslužiti kao domaći agent ili strani agent
    - mobilni čvor ustanavljava prisutnost agenta
  - *Agent Solicitation* (AS)
    - mobilni čvor odašilje *Agent Solicitation* poruke da bi potaknuo agenta ili agente na *Agent Advertisement*
  - za poruke se koristi ICMP (*Internet Control Message Protocol*) protokol

# IP mobilne komunikacije

- registracija:
  - *Registration Request* poruke
    - mobilni čvor šalje trenutnu adresu preko stranoga agenta do domaćeg agenta
  - *Registration Reply* poruke
    - domaći agent prihvata ili odbija registraciju i šalje odgovor preko stranog agenta do mobilnog čvora
  - za poruke se koristi UDP (*User Datagram Protocol*) protokol

# IP mobilne komunikacije

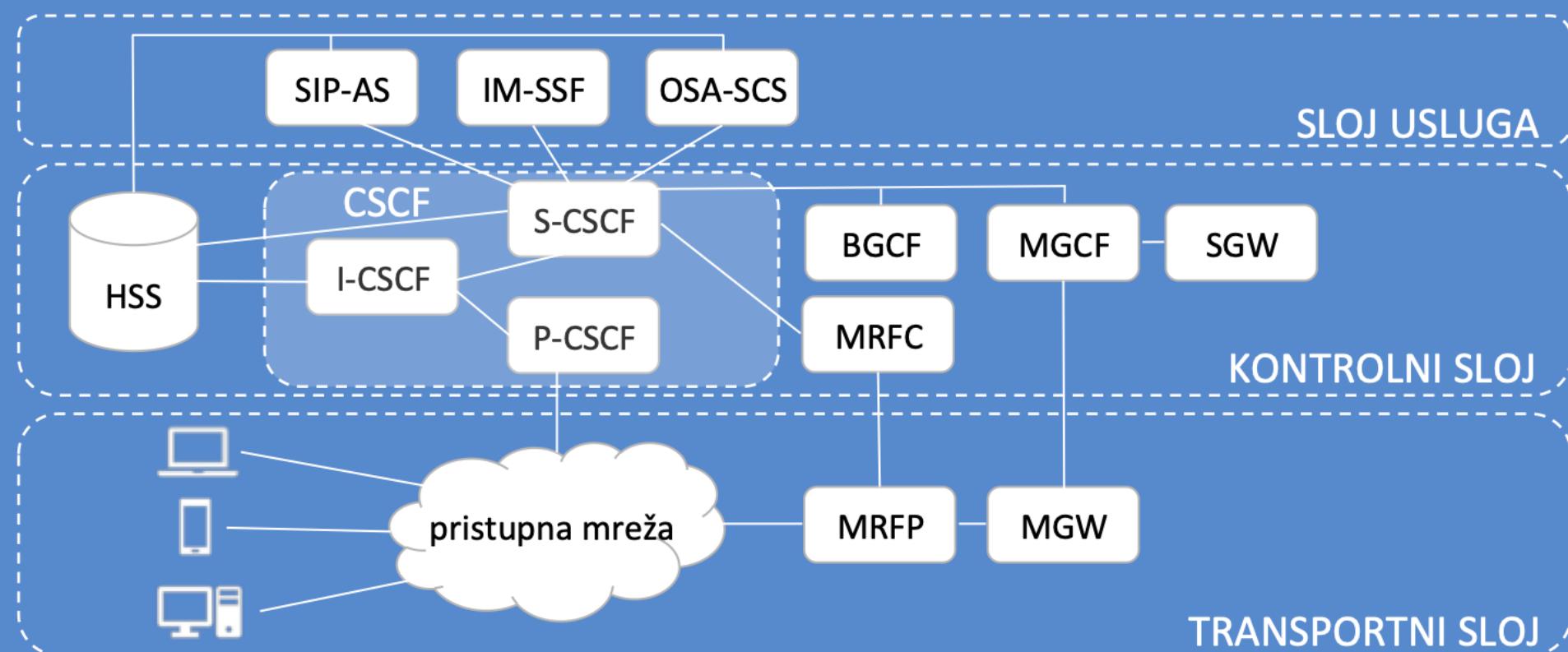
- deregistracija:
  - (de-)*Registration Request* poruke
    - mobilni čvor se prijavljuje domaćem agentu po povratku na domaći link i time deregistrira trenutnu (*Care-of*) adresu
  - (de-)*Registration Reply* poruke
    - domaći agent potvrđuje deregistraciju

# IP mobilne komunikacije

- Multimedejski podsustav temeljen na protokolu IP (*IP Multimedia Subsystem, IMS*)
  - omogućava pristup uslugama
  - nije osjetljiv na vrstu pristupne mreže
  - mogućnost dogovaranja i prilagođavanja kvalitete usluge (QoS)
  - omogućavanje pristupa većem broju korisnika
  - mobilnost

# IP mobilne komunikacije

- Multimedejski podsustav temeljen na protokolu IP IMS (*IP Multimedia Subsystem*)



# IP mobilne komunikacije

## BLUETOOTH

- *Ad-hoc* ili privremene mreže omogućavaju radijsko umrežavanje u pokretu bez prethodne izgradnje mrežne infrastrukture
- povezivanje promjenjivog broja čvorova koji se kreću (obično na ograničenom prostoru) tako da su topologija i uvjeti komuniciranja promjenljivi



# IP mobilne komunikacije

- svrha Bluetootha:
  - radijsko povezivanje bliskih elektroničkih naprava u privremenu mrežu (radijski / mobilni telefon, modem, računalo, miš, projektor, mikrofon, slušalice, senzori...)
  - prijenos govora, podataka i medija
  - radijsko sučelje bolje od infracrvenog (domet, usmjerenost, točka do točke)
  - radijsko povezivanje industrijskih, znanstvenih i medicinskih uređaja, **ISM** (*Industrial-Scientific-Medical*) :
    - inačica 3.0 do 10 m
    - inačica 4.0 do 60 m
    - inačica 5 do 240 m

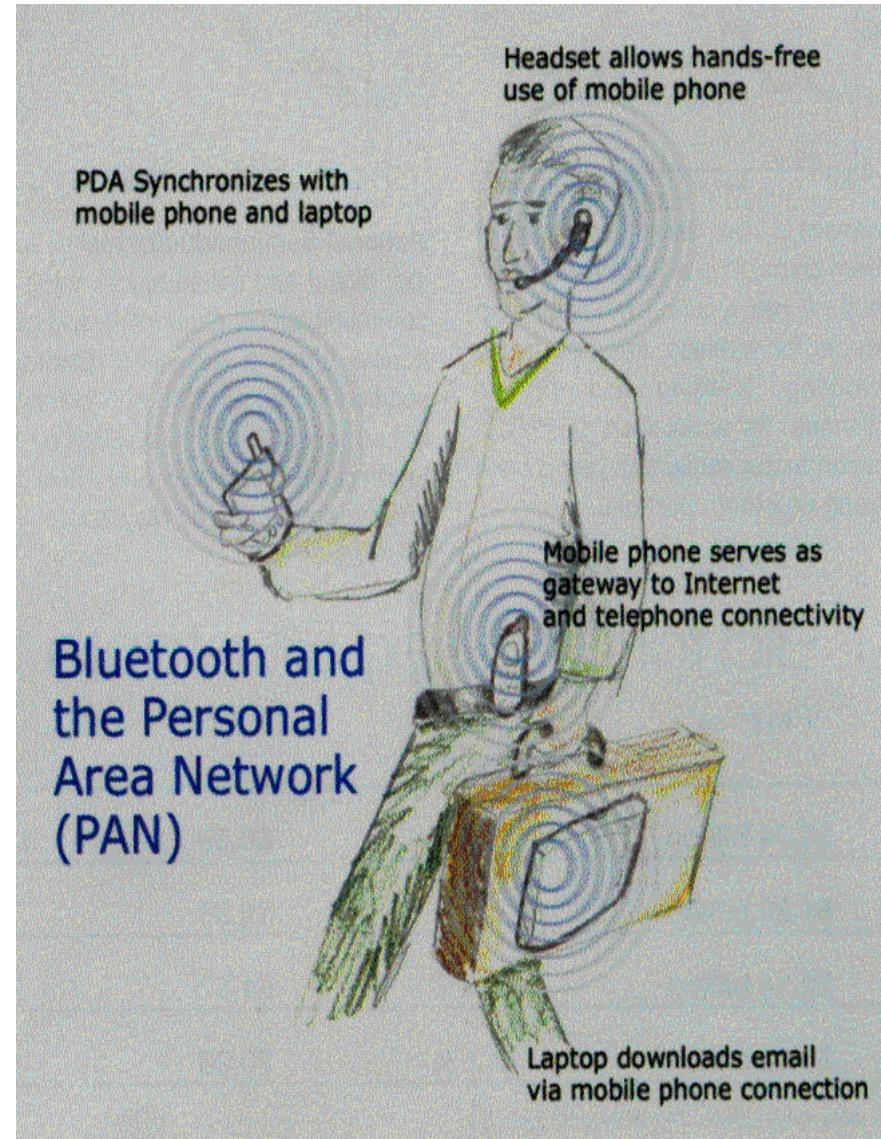


# IP mobilne komunikacije

- Bluetooth tehnologija:
  - robustni link: kratki paketi, brza potvrda i frekvencijski skok (*Frequency Hop*)
  - zaštita od pogrešaka FEC (*Forward Error Correction*)
  - dvosmjerni prijenos TDD (*Time Division Duplex*)
  - radijsko područje globalno dostupno i slobodno za uporabu bez licence: 2,4 - 2,4835 GHz
  - širina kanala 1 MHz
  - ukupno 79 Bluetooth kanala
    - Bluetooth low energy:
    - 2 MHz kanali, ukupno 40 kanala

# IP mobilne komunikacije

- Bluetooth mreža - **Piconet**
  - mreža do 8 uređaja od kojih jedan djeluje kao glavni (*Master*) i sinkronizira ostale (*Slave*) uređaje
  - točka do točke (*point-to-point*) ili više točaka (*point-to-multipoint*)
- Bluetooth mreža - **Scatternet**
  - više susjednih, neovisnih i nesinkroniziranih Piconet mreža





# MOBILNI INTERNET U MREŽI HRVATSKOG TELEKOMA

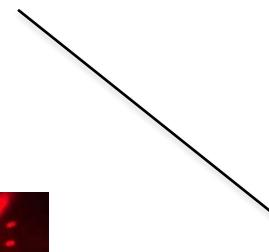
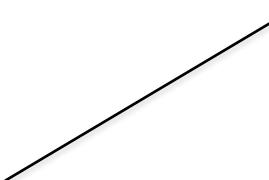
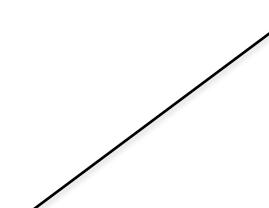
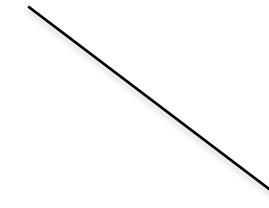
Marin Miočić, dipl.ing.

Zagreb, FER, listopad 2025.



LIFE IS FOR SHARING.

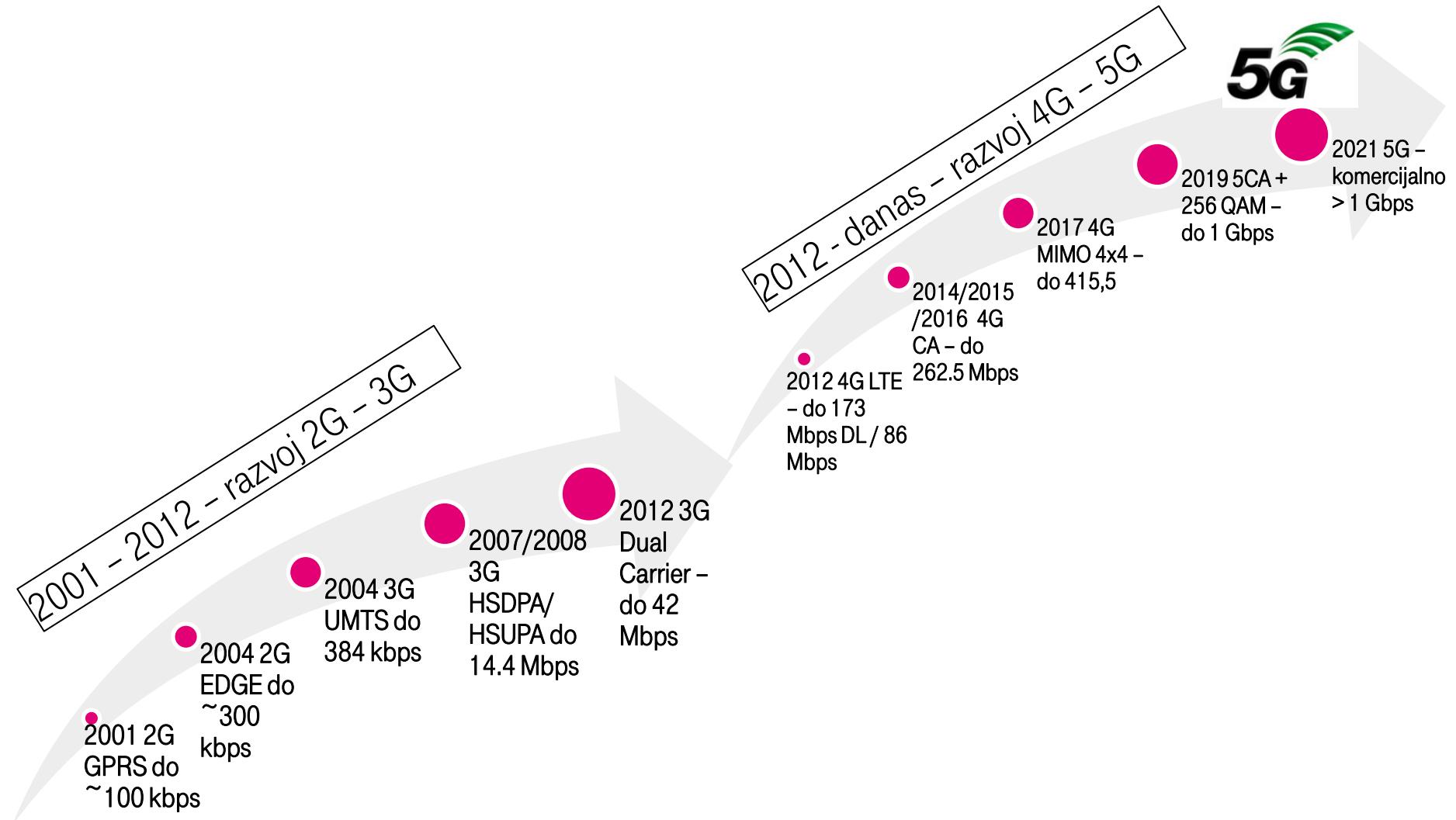
# MOBILNI INTERNET JE JEDNA OD NAJVAŽNIJIH INOVACIJA U PRVA DVA DESETLJEĆA 21. STOLJEĆA



# PREZANTACIJA DAJE PREGLED RAZVOJA MOBILNOG INTERNETA OD 2G MREŽE U 1990-IMA DO 5G MREŽE KOJA JE DANAS NAJNAPREDNIJA

- 2G za podatkovnu uslugu : EDGE/GPRS
- 3G za podatkovnu uslugu: UMTS R99/HSDPA/HSUPA – ugašena ☺
- 4G za podatkovnu uslugu: LTE/LTE-A/NB IoT/Heterogene mreže
- 5G – tehnologija budućnosti

# RAZVOJ MOBILNE MREŽE HRVATSKOG TELEKOMA OD 2G DO 5G

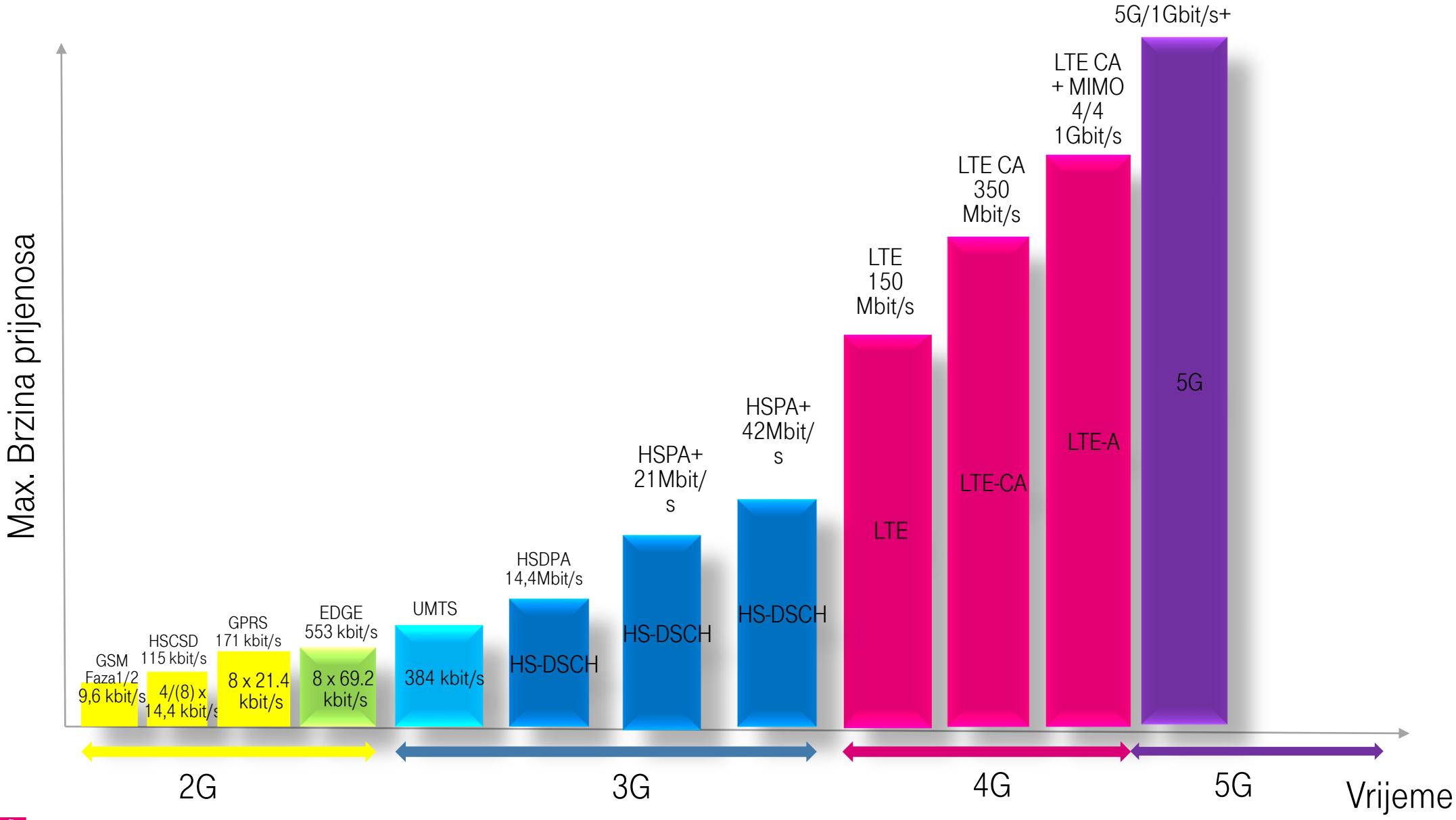


# MREŽA HRVATSKOG TELEKOMA DANAS I POGLED PREMA BUDUĆNOSTI

- HT mreža danas:
  - Na sve lokacije instalirana je 4G mreža, značajno proširen kapacitet i tako omogućen kvalitetan mobilni Internet duž cijele Hrvatske
  - HT dobitnik prestižnih Ookla nagrada za vrhunsku kvalitetu mreže i brzinu prijenosa podataka nekoliko godina za redom
  - HT kontinuirano nadograđuje bazne stanice na 5G tehnologiju
  - Ugašena 3G mreža
- Budući koraci:
  - Održavanje visoke kvalitete i kapaciteta postojećih mreža uz korištenje najboljih praksi i alata dostupnih u Svijetu
  - Razvoj 5G mreže
  - Razvoj novih inovativnih usluga na 5G mreži



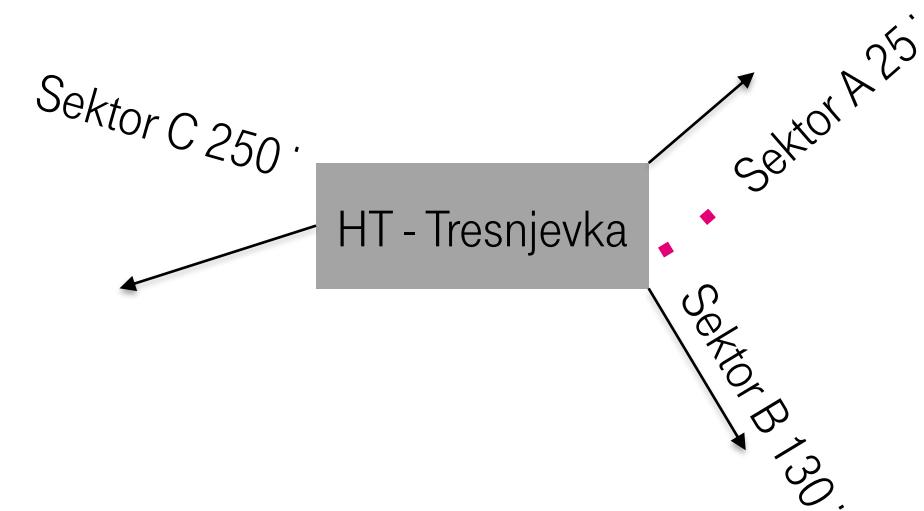
# RAZVOJ MOBILNOG INTERNETA



# POJMOVI SITE/SEKTOR/ĆELIJA (LAYER)

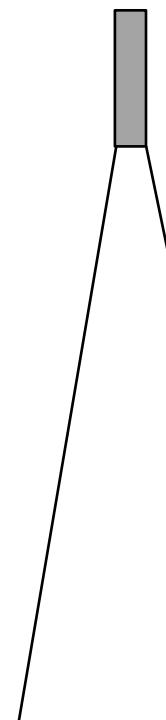
- Vrlo važno je razumjeti koncept site-a i razliku između sektora i ćelija / layera
- Trenutno dostupne tehnologije na sitovima HT-a su 2G, 3G, 4G i 5G

- Primjer – site  
Tresnjevka



- Site se najčešće sastoje od tri sektora

- Primjer:  
Tresnjevka – sektor A



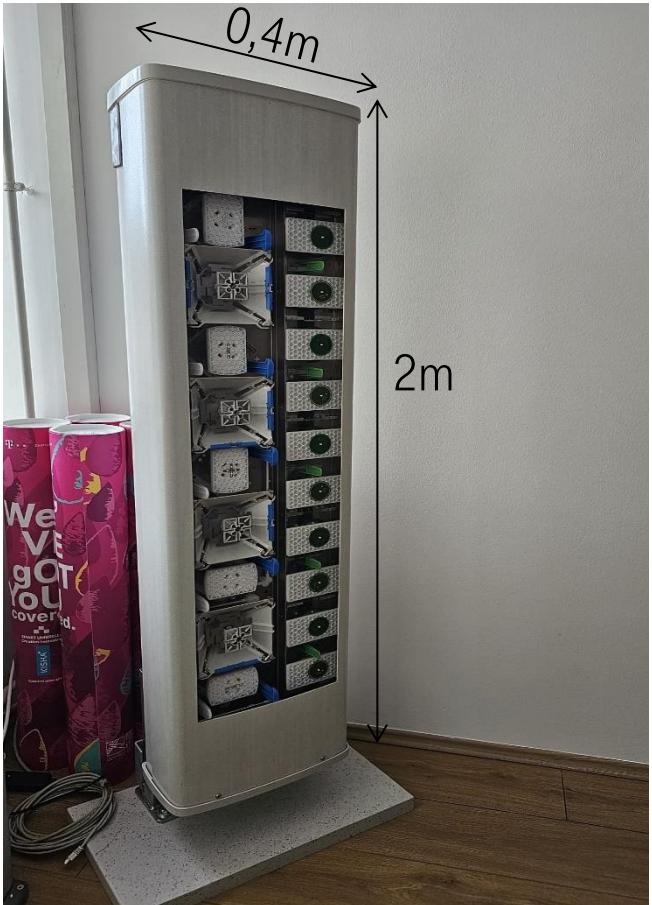
ANTENSKI SUSTAV U PRAVILU SE SASTOJI OD VIŠE ANTENA



- Tehnologije instalirane:
- 2G - GSM - 1 TRX
- 4G - LTE: 800 - 10 MHz
- 4G - LTE: 900 - 10 MHz
- 4G - LTE1800A - 20 MHz
- 4G - LTE 1800B - 10 MHz
- 4G - LTE 2100A - 20 MHz
- 4G - LTE 2600A - 20 MHz
- 5G 3.X - 100 MHz

# PASIVNE ANTENE - U PRAVILU U JEDNOM KUČIŠTU JE VIŠE ANTENA; AKTIVNE ANTENE IMAJU BOLJE MOGUĆNOSTI BEAMFORMINGA

## Pasivna antena



Primjer:

- Podržani bandovi:
  - 700/800 MHz
  - 900 MHz
  - 1800/2100 MHz
  - 2600 MHz
- Pattern zračenja:
  - stacionaran

## Aktivna antena



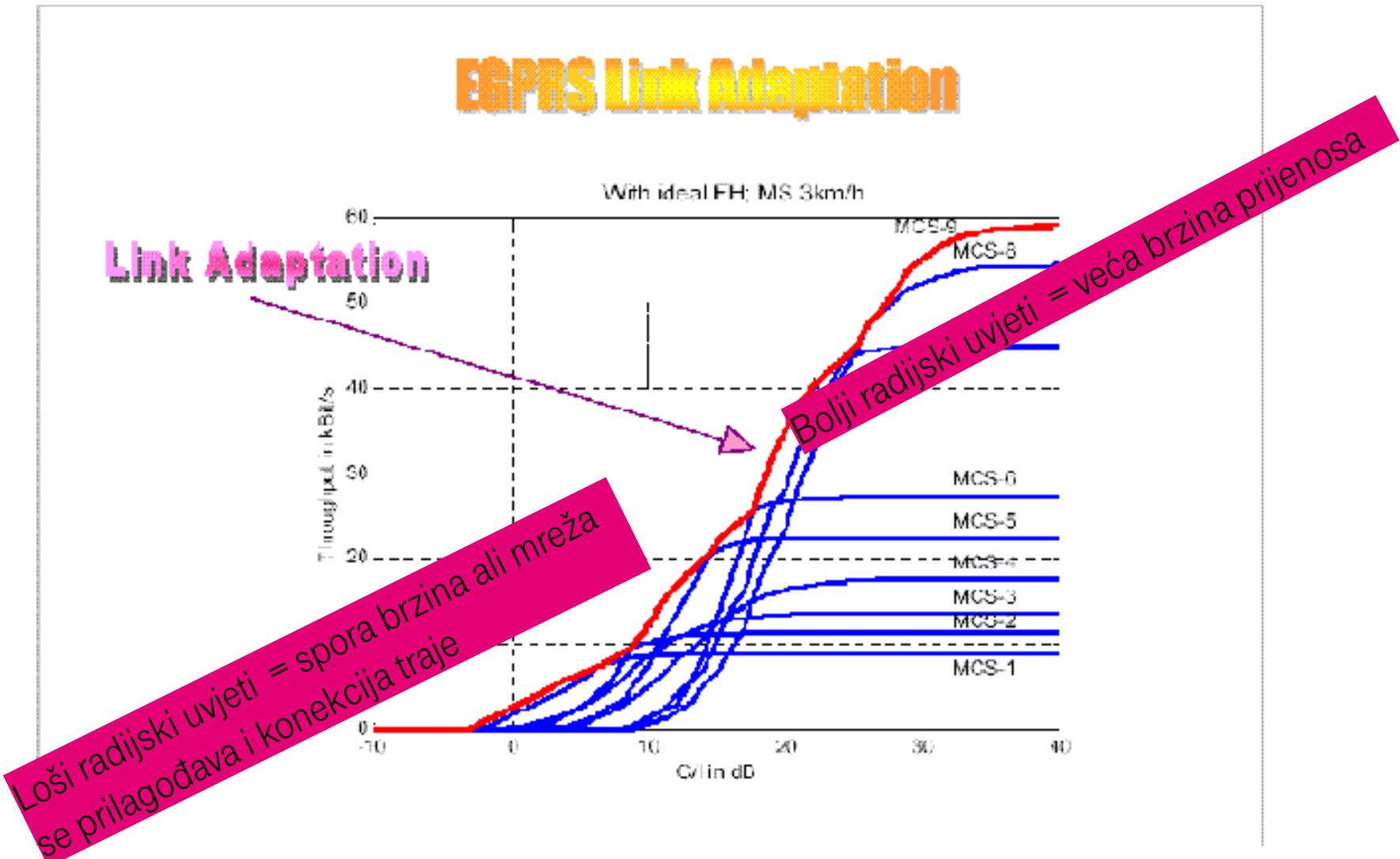
Primjer:

- Podržani bandovi:
  - 3500 MHz
- Pattern zračenja:
  - beamforming

# 2G PODATKOVNA USLUGA NIJE POGODNA ZA BROADBAND, ALI NEKI M2M UREĐAJI MOGU KOREKTNO RADITI I NA TOJ TEHNOLOGIJI

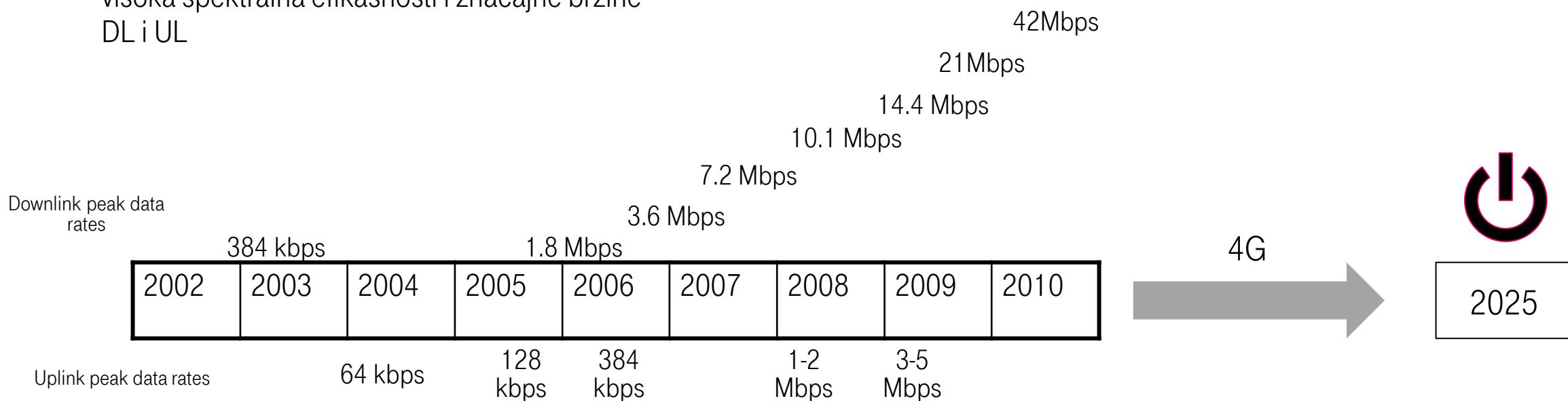
	GPRS	EDGE
Modulacija	GMSK	GMSK/8PSK (16QAM, 32QAM)
Radijska brzina prijenosa	22,8 kbit/s	69,2 kbit/s
Najveća brzina po vremenskom odsječku	20 kbit/s	59,2 kbit/s
Realno maksimalno ostvariva brzina	~100 kbps	~300 kbps
Realna prosječna brzina	~ 60 kbps	~ 200 kbps

# EDGE LINK ADAPTATION – IDEJA SE KORISTI I U NAJNAPREDNIJIM 4G I 5G MREŽAMA



# 3G MREŽNA TEHNOLOGIJA PREVLADAVALA JE U RAZDOBLJU OD 2007. DO 2015. GODINE; KASNIJE JE POLAKO ZAMIJENJENA SUVREMENIJIM TEHNOLOGIJAMA TE JE UGAŠENA 2025.

- Početna verzija 3G-a (UMTS R99) nije imao visoku spektralnu efikasnost
- Tek uvođenjem HSPA tehnologije postigla se visoka spektralna efikasnosti i značajne brzine DL i UL



# PRINCIP SHARED KANALA USPOSTAVLJEN KOD 3G HSDPA JE OKOSNICA MOBILNIH KOMUNIKACIJA DANAS

Revolucija radijskog paketskog prijenosa

Uvodi zajednički prijenosni kanala u DL (HS-DSCH) - korisnici dijele zajednički kanal vremensko multipleksirani

TTI - 2 ms

Fiksni spreading faktor za HS-DSCH 16

Mogućnost multipleksiranja do 15 kanala (max. brzina prijenosa od 14,4 Mbit/s (21Mbit/s za 64 QAM modulaciju) te dual cell (42 Mbit/s)

Adaptivni izbor modulacije 16 QAM ili QPSK ili najnovije 64QAM

Node B – dodjeljivanje HSDPA resursa korisnicima

HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) između Node B i UE

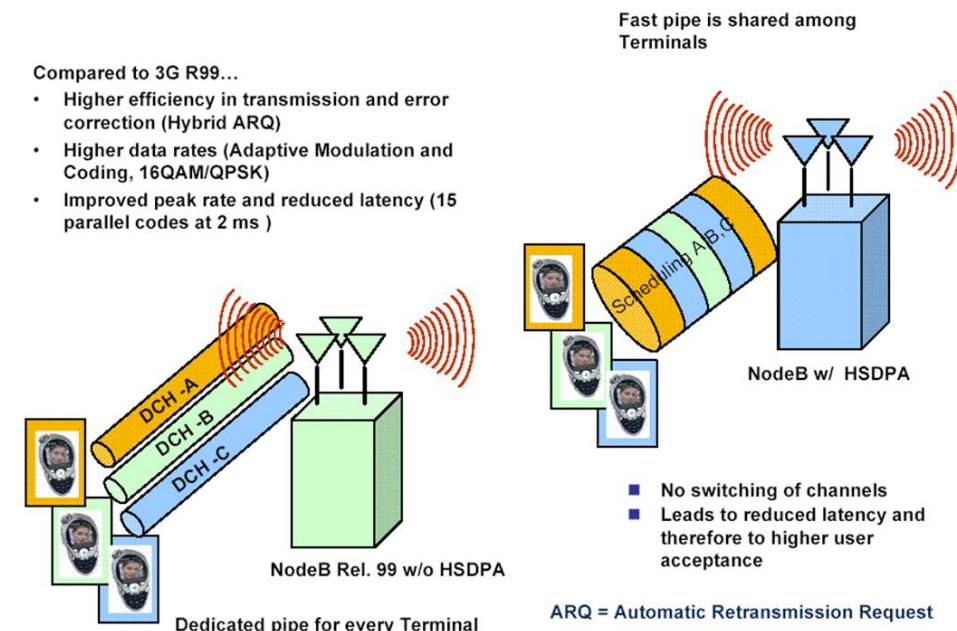
Tri stupnja retransmisije :

UE – Node B (HARQ)

UE – RNC (RLC)

UE – Server (TCP protokol)

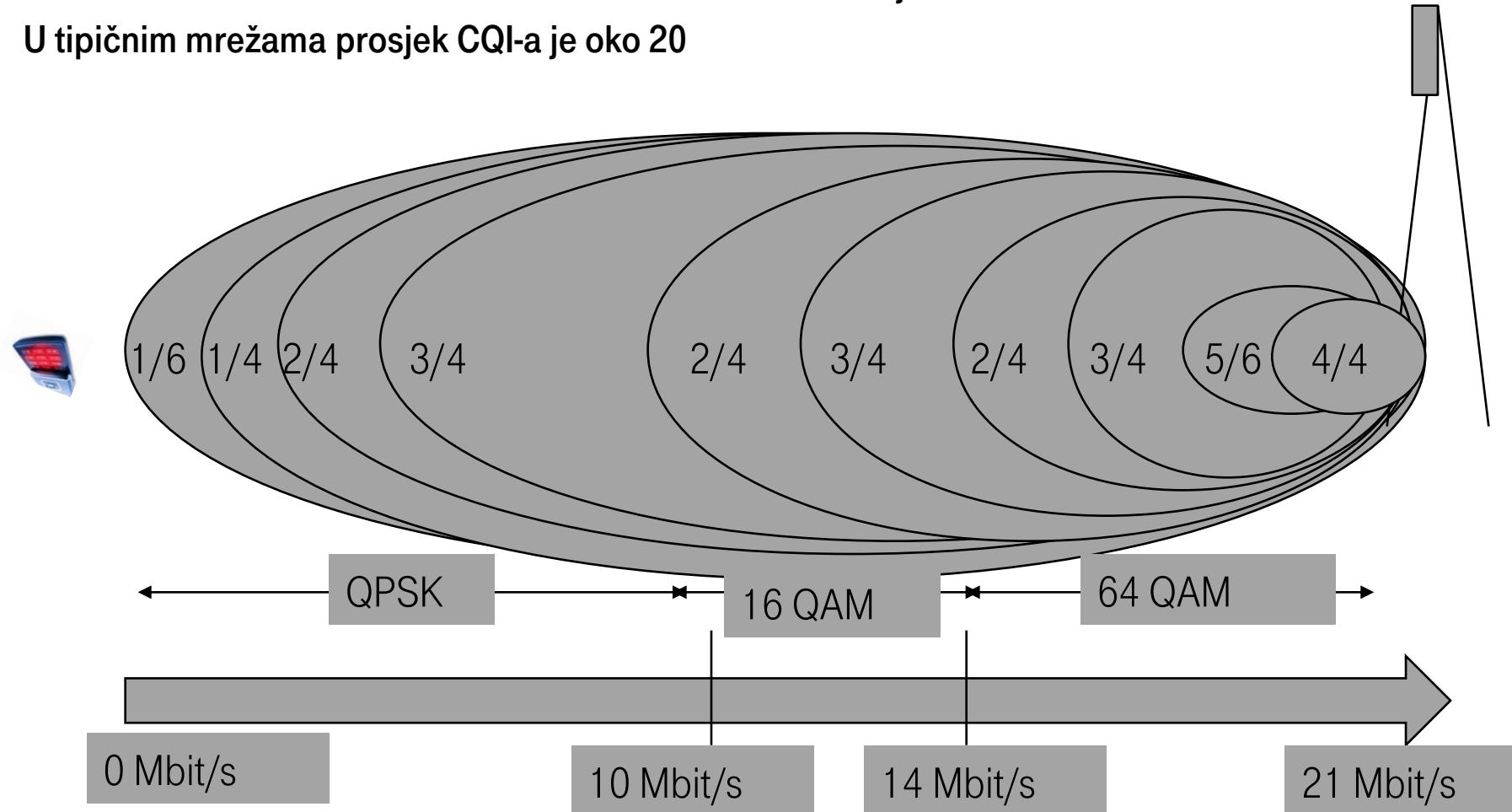
- Compared to 3G R99...
- Higher efficiency in transmission and error correction (Hybrid ARQ)
  - Higher data rates (Adaptive Modulation and Coding, 16QAM/QPSK)
  - Improved peak rate and reduced latency (15 parallel codes at 2 ms )



# OVISNO O KVALITETI SIGNALA RADI SE LINK ADAPTACIJA – BOLJA KVALITETA SIGNALA = VEĆA BRZINA PRIJENOSA – VRIJEDI ZA SVE TEHNOLOGIJE

CQI mora biti iznad 26 da bi se koristila 64 QAM modulacija

U tipičnim mrežama prosjek CQI-a je oko 20



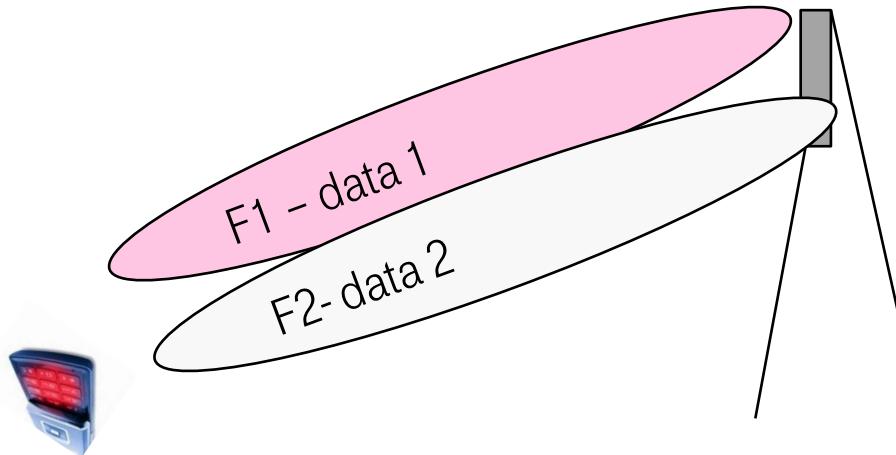
# DUAL CELL HSDPA – FUNKCIONALNOST KOJA JE OKOSNICA I 4G/5G MREŽE – IDEJA DA MOBITEL PARALELNO RADI NA VIŠE FREKVENCIJA

Dual cell HSDPA omogućava dodatnu fleksibilnost za HSDPA scheduler

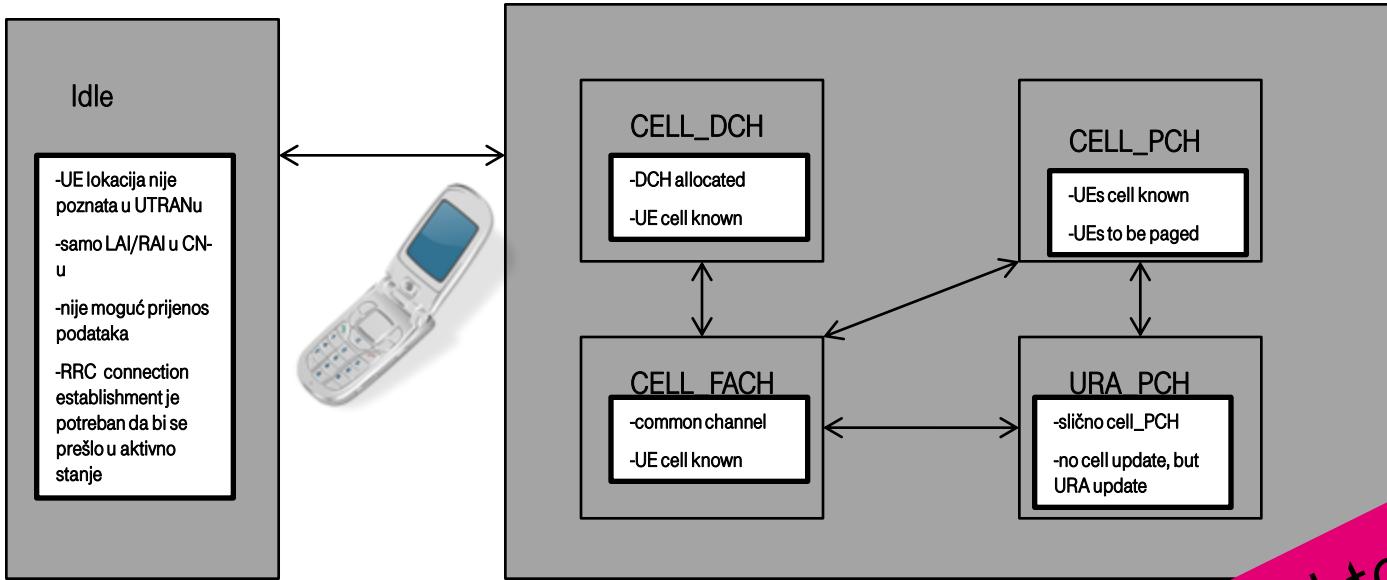
UE istodobno prima korisničke podatke na obje frekvencije (2 x 5MHz)

Ovime se omogućavaju brzine do 2 x 21 Mbit/s

Ovaj feature se poprilično koristi

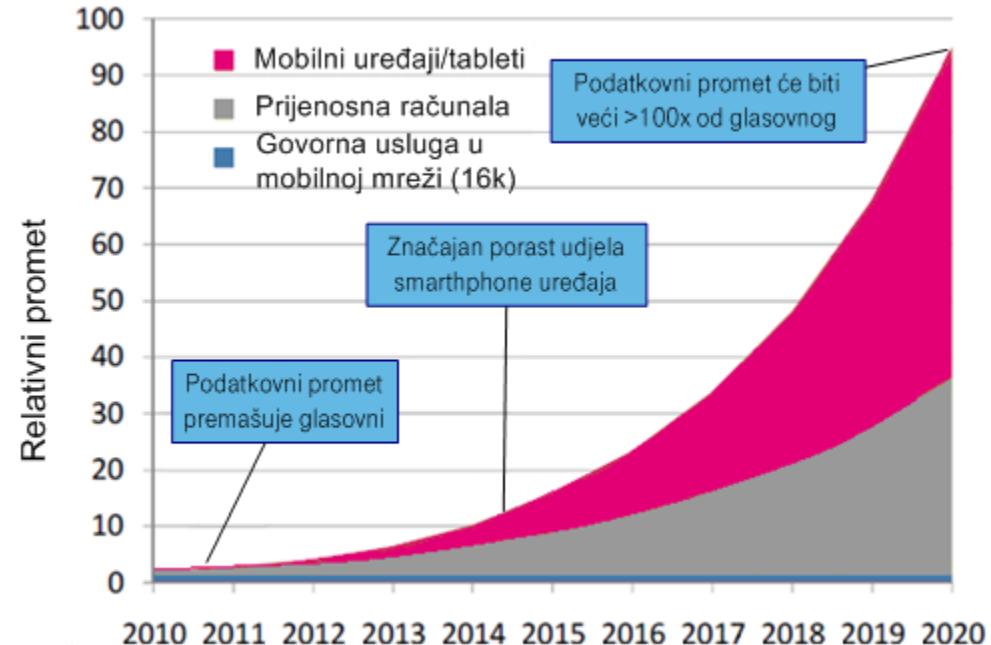


# UMTS STATE MACHINE – OMOGUĆE ČUVANJE BATERIJE TELEFONA – FUNKCIONALNOST BITNA ZA KORISNIKA

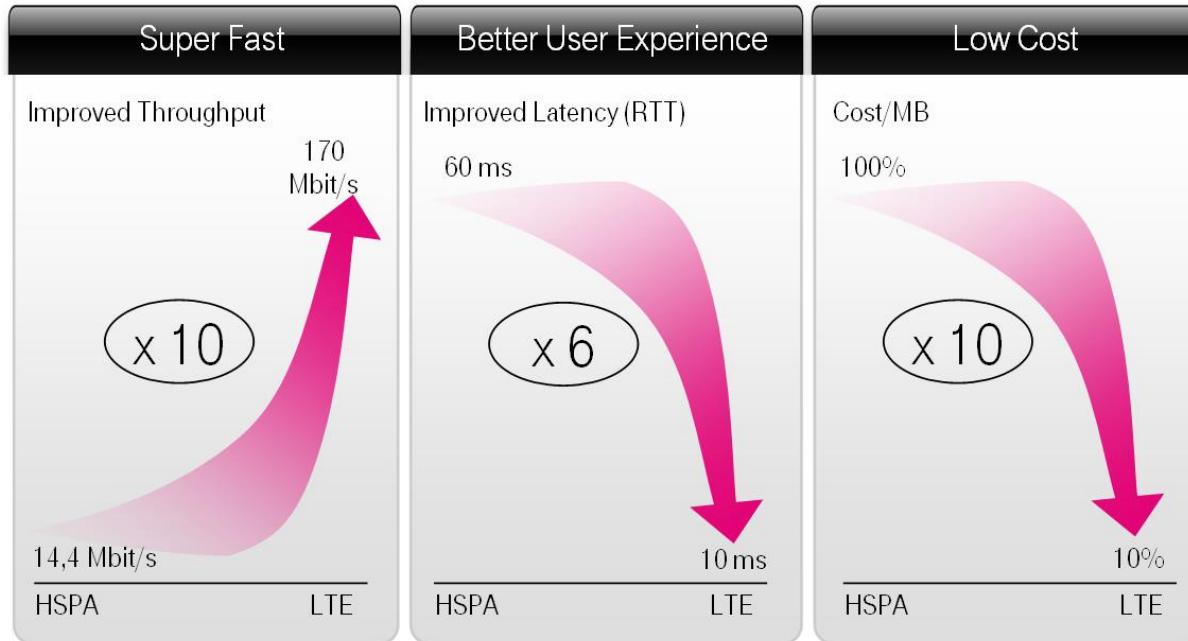


Korisnik neaktivan -> šalji telefon u spavanje

# 4G LTE – EKSPLOZIJA MOBILNOG BROADBANDA, DANAS DOMINANTNA TEHNOLOGIJA



# PREDNOST LTE-A U ODNOSU NA HSDPA/HSUPA

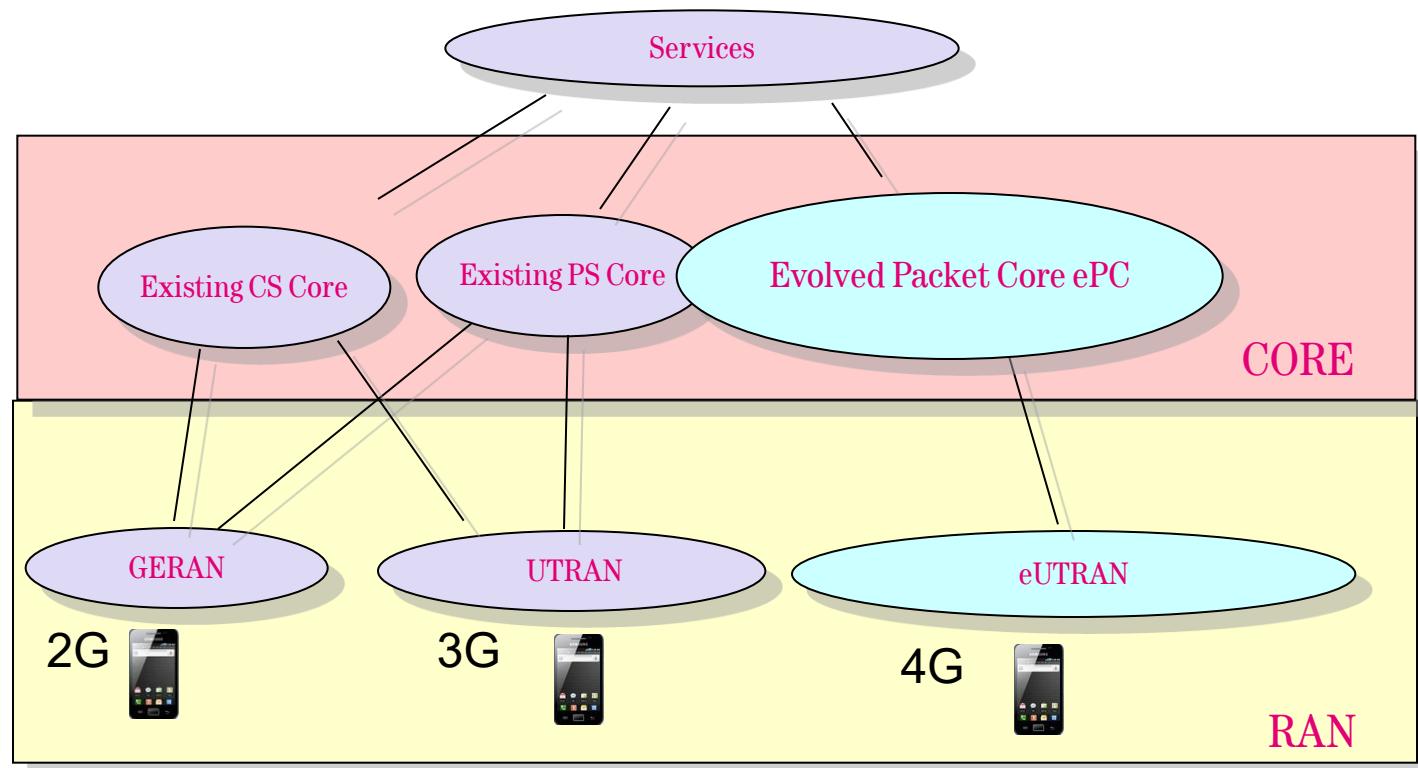


**NAPOMENA:**  
Navedena poboljšanja moguća su uz korištenje kontinuiranog frekvenčnog pojasa od 2x20 MHz

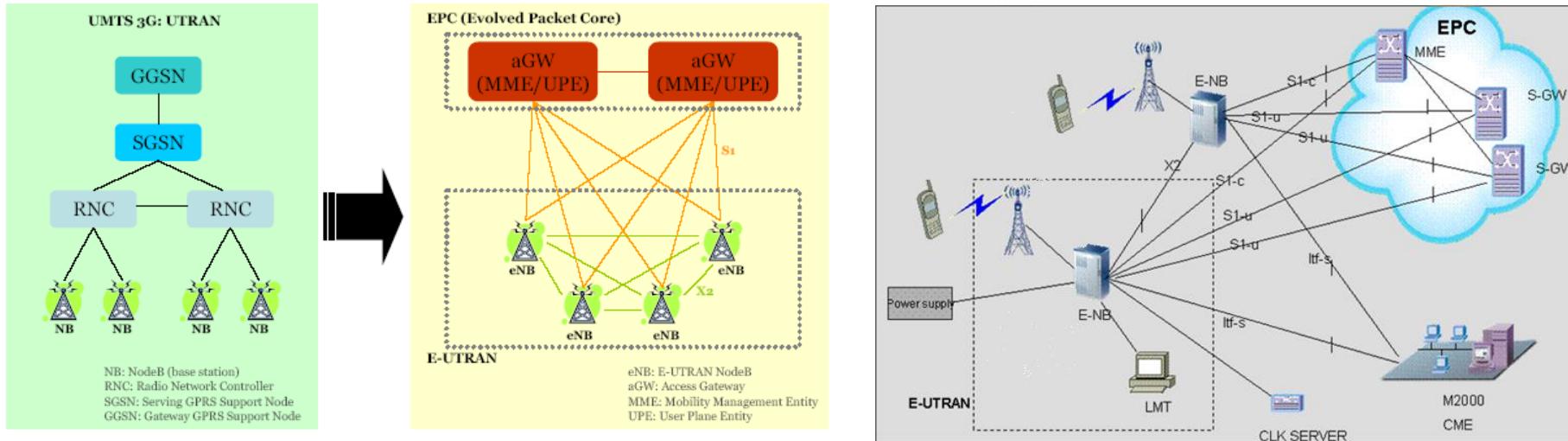
Glavne prednosti LTE tehnologije su:

- velika brzina prijenosa podataka (preko 100 Mbps u DL i 50Mbps u UL)
- velika spektralna efikasnost (2 do 4 puta veća nego kod HSPA)
- bitno manje kašnjenje (oko 10ms)
- visoka mobilnost (do 500 km/h)
- jednostavnost implementacije – u potpunosti se zasniva na paketskom prijenosu podataka
- Interoperabilnost sa 2G/3G sustavima ali i ne 3GPP sustavima (npr. WLAN)

# LTE MREŽA



# LTE TOPOLOGIJA – BAZNA STANICA DOBIVA PUNO VEĆU VAŽNOST ČIME SE SMANJUJE LATENCIJA



Promjena dizajna mreže

3G: Glavne odluke  
donosi kontroler  
daleko od telefona



4G: Glavne odluke  
donosi bazna stanica  
blizu telefona

# LTE MREŽNI ELEMENTI

**eNodeB** – vrši sve algoritme koji su kod UMTS sustava locirani u RNC-u (kontrola korištenja radio sučelja, šifriranje/dešifriranje, kompresija/dekompresija, HO, HARQ, prikupljanje mjerena, dodjela radijskih resursa...)

**MME – Mobility Management Entity** – glavni kontrolni element (autentification and security, nadzor UE-a u idle modu, izbor SGSN- kod handovera na 2G/3G sustave...)

**S-GW – Serving Gateway** – ima minornu kontrolnu ulogu (prima korisničke podatke od eNodeB-a i šalje ih prema eNodeB-u, handoveri prema 2G/3G sustavima...)

**P-GW (PDN-GW) – Packet Gateway** – router između EPS i vanjskih podatkovnih mreža, dodjeljuje IP adresu koju UE koristi, regulira brzine prijenosa prema korisniku...

**HSS – Home Subscriber Server** – baza podataka koja sprema sve trajne korisničke podatke

**PCRF – Policy and Charging Rule Function** – naplata i QoS

**Transportni dio** mreže zasnovan je na cijelovitom IP rješenju

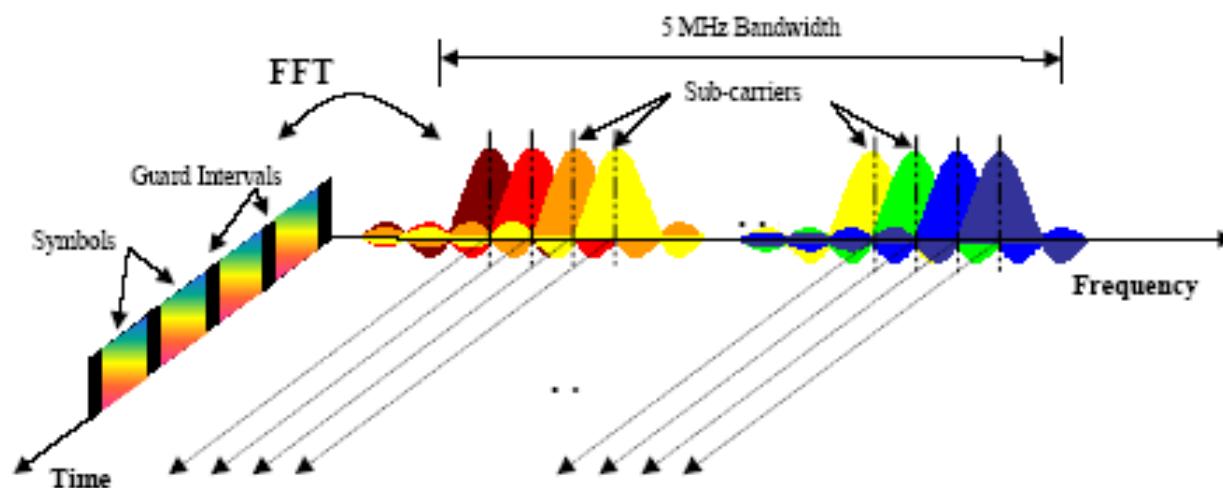
# LTE RADIO SUČELJE – FLEKSIBILNOST – MOGUĆE DIJELJENJA RESURSA I U FREKVencijskoj i vremenskoj domeni

Skalabilan bandwidth se dijeli na male 15 kHz podnosioce koji su zbog dužeg trajanja simbola puno otporniji na fading i ISI.

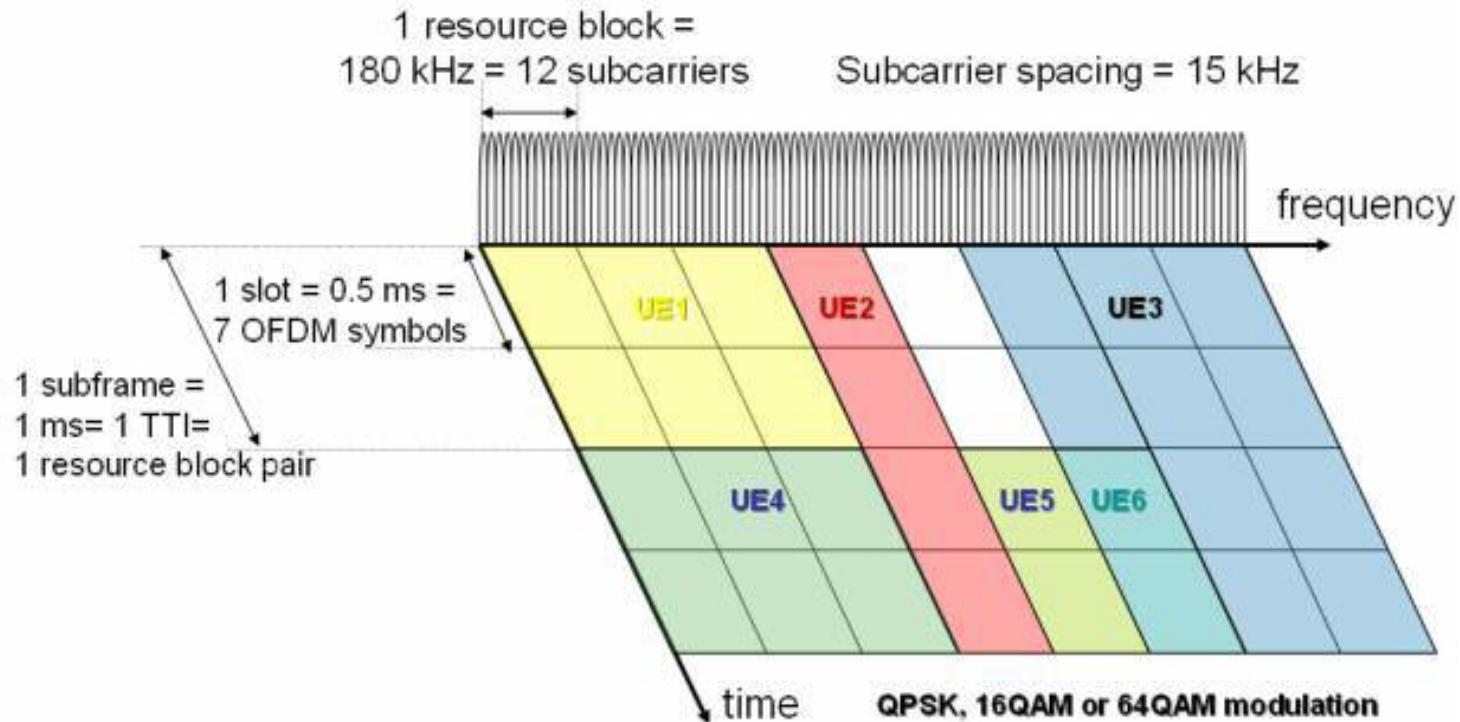
Koristi se inverzna fourierova transformacija za generiranje OFDMA simbola

Podržane modulacije su QPSK, 16QAM, 64 QAM i 256QAM

Trajanje TTI-a je 1ms

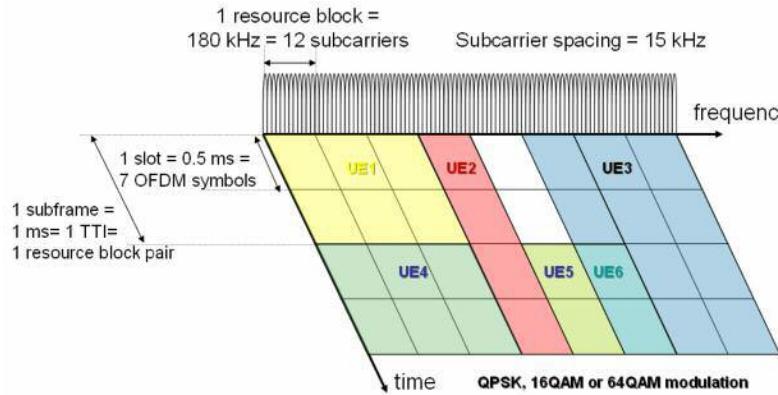


# LTE - RADIO SUČELJE DL – TISUĆU PUTA U SEKUNDI SE RESURSI RASPOREĐUJU IZMEĐU KORISNIKA

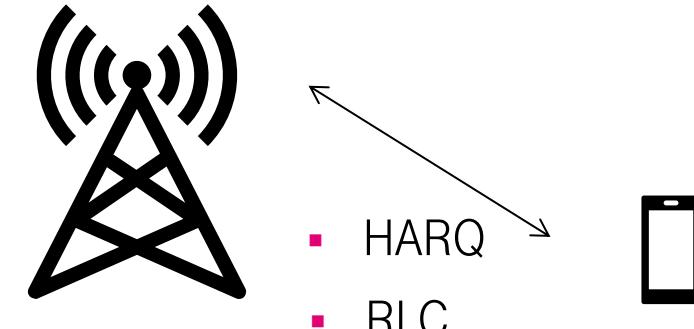


# LTE RADIO SUČELJE DL

- Princip dijeljenih resursa



- Retransmisija



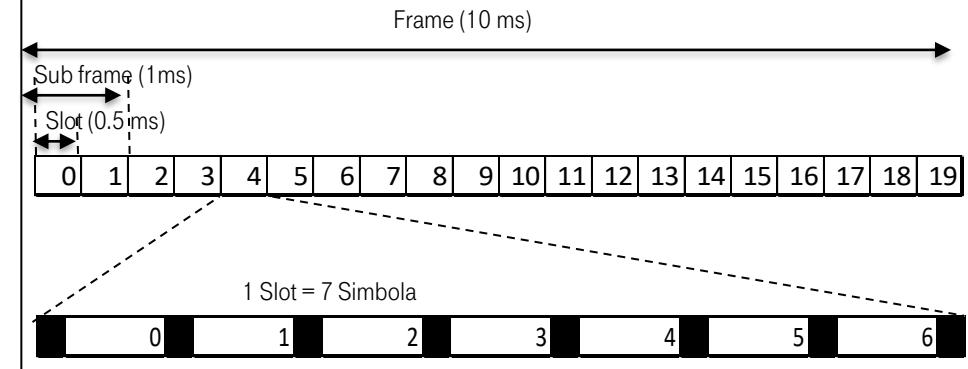
- Scheduling i link adaptacija

1 ms



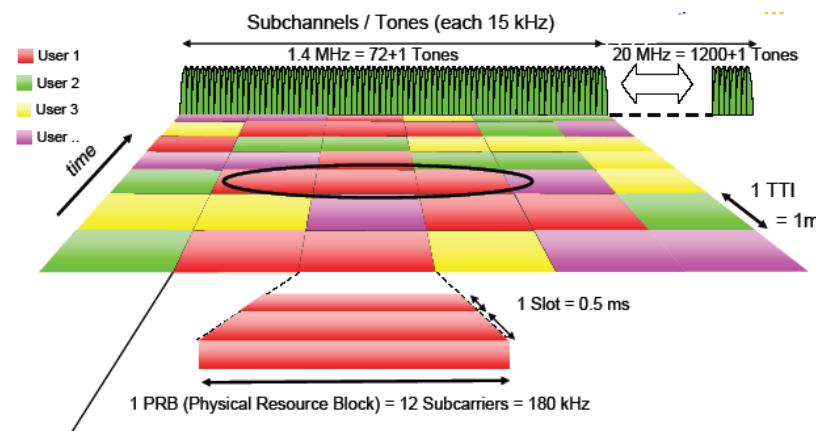
ŽIVJETI ZAJEDNO

- Timing i numerologija

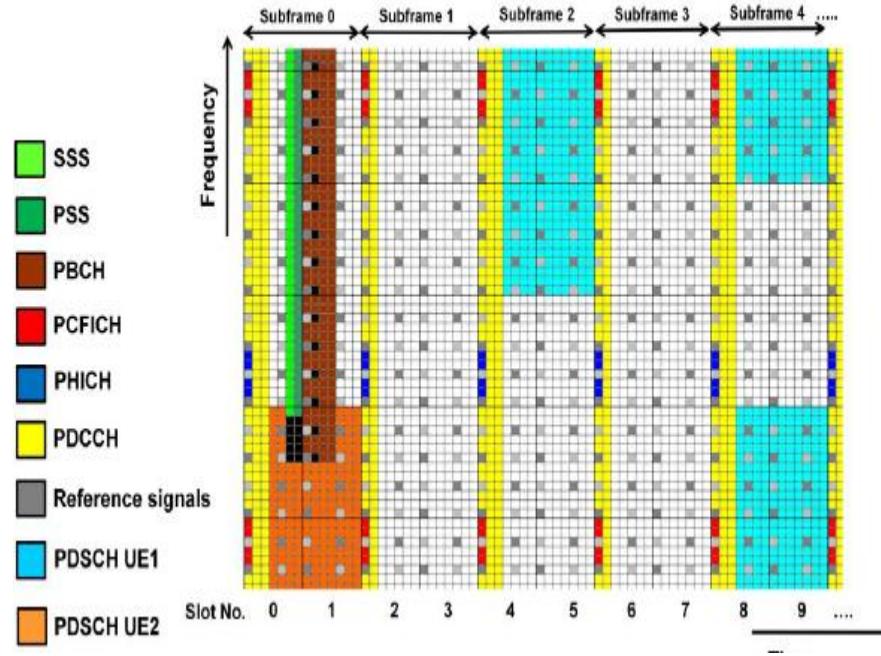


# LTE - RADIO SUČELJE UL - (SC - FDMA) - NEŠTO JEDNOSTAVNIJI DIZAJN NEGO U DL

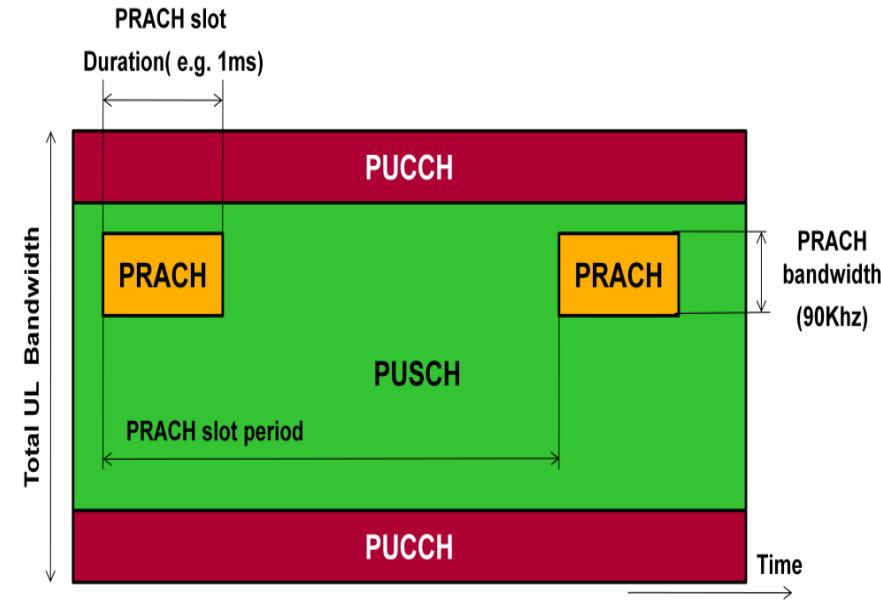
- SC-FDMA metoda je odabrana u uplinku da se izbjegnu problemi koji su karakteristični za OFDM veliki PAPR (Peak to Average Ratio) što smanjuje efikasnost na terminalu.
- MIMO u UL u prvoj inačici nije predviđen odnosno uređaji imaju samo jedan TRX
- Za razliku od HSUPA koristi se princip SHARED resursa i u UL



# LTE RADIO SUČELJE – KANALI – DEFINIRANE POZICIJE KANALA U VREMENSKOJ I FREKVENCIJSKOJ DOMENI



DL



UL

# MIMO 2x2 – FUNKCIONALNOST KOJA JE DOŠLA SA 4G – OMOGUĆAVA UDVOSTRUČIVANJE KORISNIČKE BRZINE

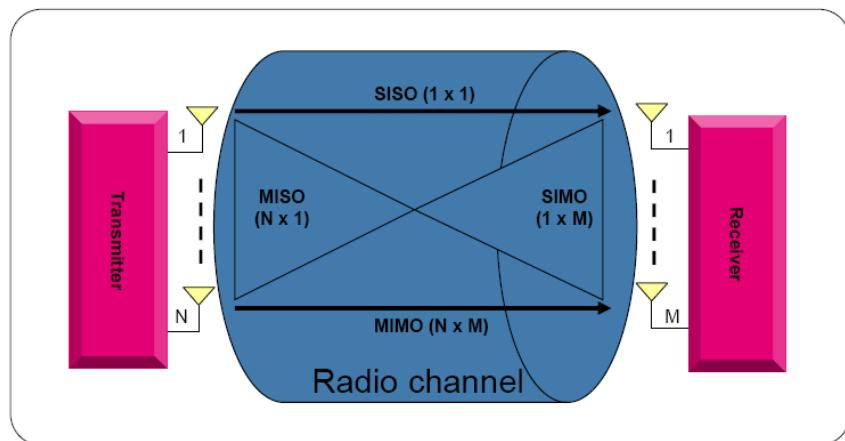
- MIMO znači Multi Input Multi Output, u smislu da postoji više antena (antenskih nizova) za UL i DL

- MIMO 2x2

- 2 antene na UE (mobilni uređaj)
  - 2 antene na baznoj stanici

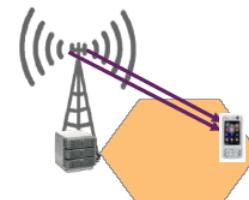
- dobici korištenja više od jedne antene su:

- dodatni komunikacijski kanali, koji povećavaju kapacitet i propusnost (throughput)
  - više antena omogućava formiranje antenskog dijagrama



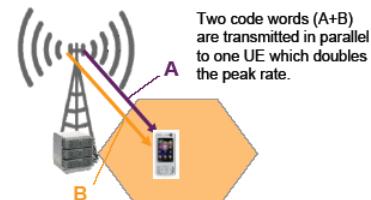
DL MIMO – Transmit diversity

- Enhanced cell edge performance Capacity increase
- 2 TX antennas
- SFBC (space frequency block codes)
- Single stream (code word)



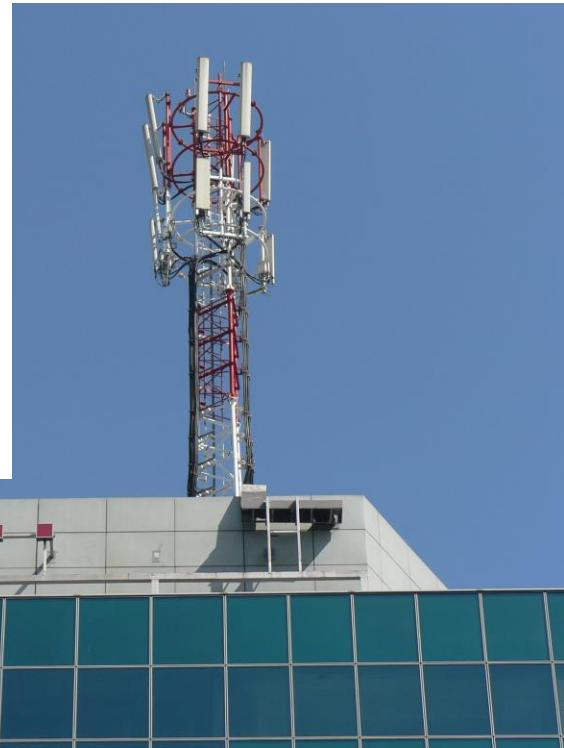
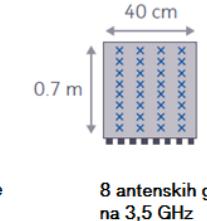
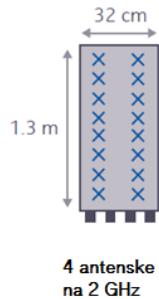
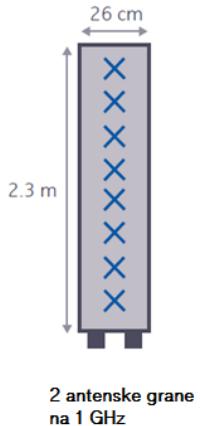
DL MIMO – Spatial multiplexing

- Doubles the peak rate at good coverage (near BTS)
- 2 TX antennas
- Spatial multiplexing with two code words



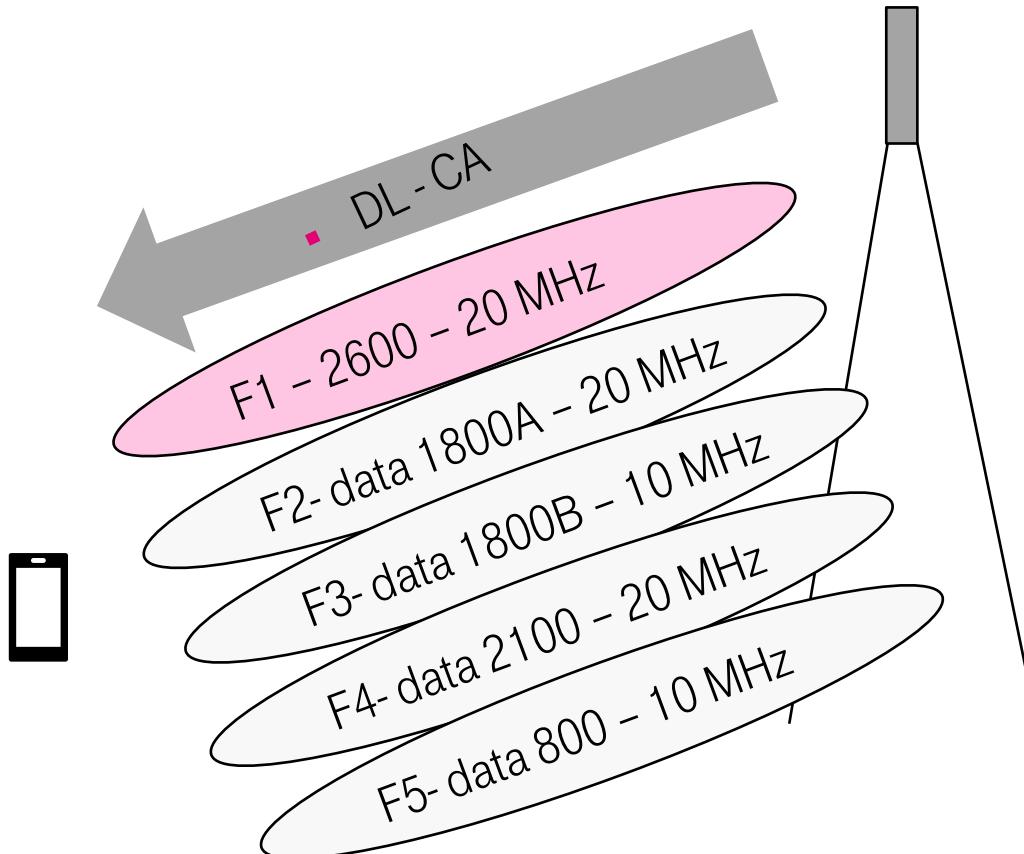
# MIMO 4x4

- MIMO većeg reda je zbog dimenzijskih zahtjeva lakše napraviti na višim frekvencijama, osobito na UE-u (user equipment) te se iz tog razloga MIMO 4x4 uvodi na višim frekvencijskim pojasevima. Na tržištu izlazi sve veći broj UE-ova sa mogućnošću MIMO-a 4x4.



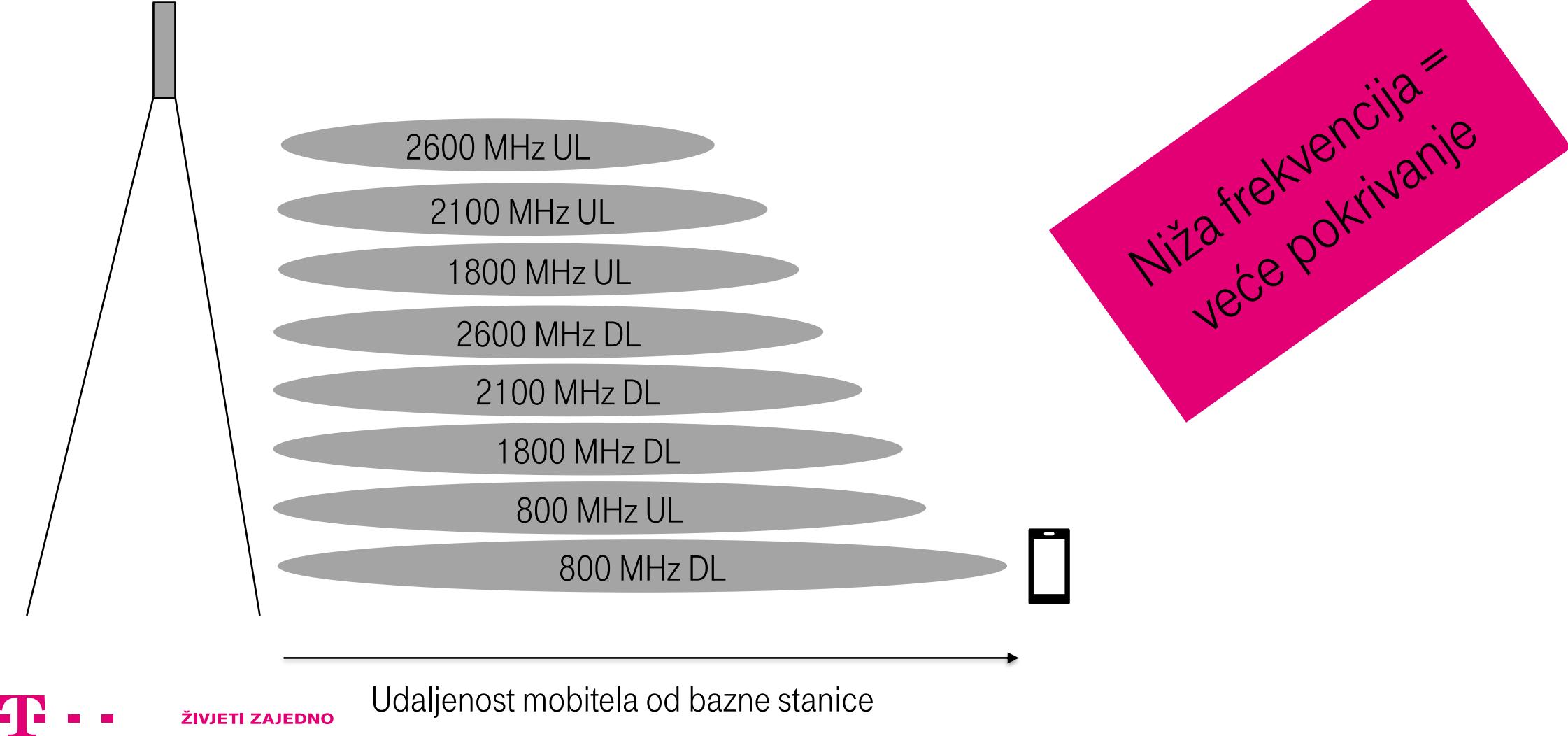
# CARRIER AGGREGATION (CA) – KLJUČNA FUNKCIONALNOST ZA POSTIZANJE VELIKIH BRZINA PRIJENOSA

- Jedan od najvažnijih koncepata u LTE mreži je carrier aggregation odnosno mogućnosti da telefon paralelno prima podatke na različitim frekvencijama čime se višestruko povećava brzina prijenosa te se brzine približavaju 1 Gbps
- Trenutno je u DL ostvariv 5 CA, u uplinku 2 CA



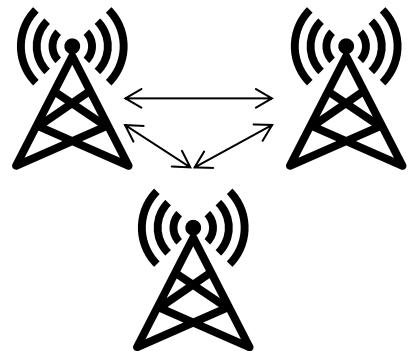
- U konceptu CA jedna ćelija na sektoru (jedna frekvencija) je ona preko koje ide sva signalizacija (primary cell) i dio korisničkih podataka, a ostale dostupne frekvencije služe za primanje samo podataka (secondary cell)
- Svi noviji uređaji ga podržavaju

# PROPAGACIJA SIGNALA OVISNO O FREKVENCIJI; MOBITELIMA IMA MANJU SNAGU OD BTS PA JE KOMUNIKACIJA ULIMITIRANA

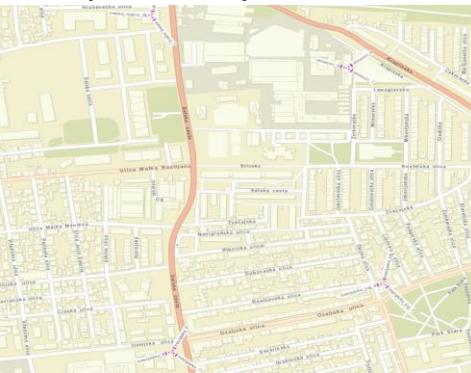


# SON (SELF ORGANISING NETWORK) - AUTOMATIZACIJE RADA MREŽE

Surađujući odnosi



PCI planiranje



IP adrese

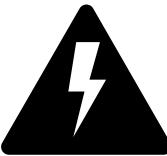
172.10.28.xxx

172.11.29.xxxx

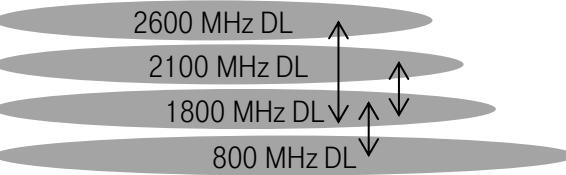
Optimiranje parametara

`cellIndividualOffset = 6 dB`

Ušteda električne energije

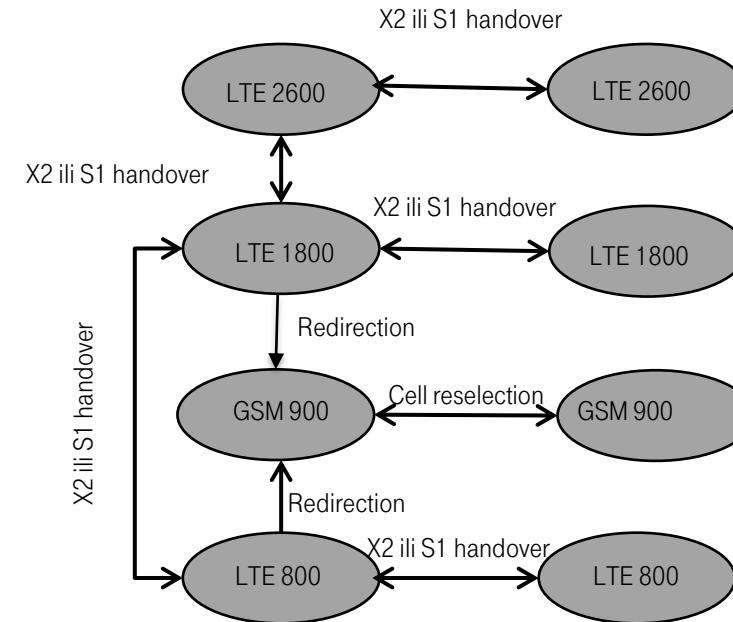


Load balancing



# MOBILNOST IZMEĐU RAZLIČITIH MOBILNIH MREŽA PRILIKOM PS SESIJA (POJEDNOSTAVLJENA VERZIJA BEZ 5G)

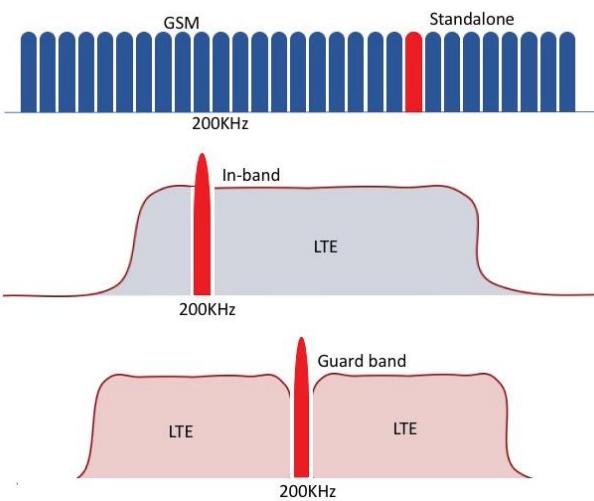
LTE 2600  
LTE 1800  
GSM 900  
LTE 800



Nužna pažljiva optimizacija da ne puknu pozivi

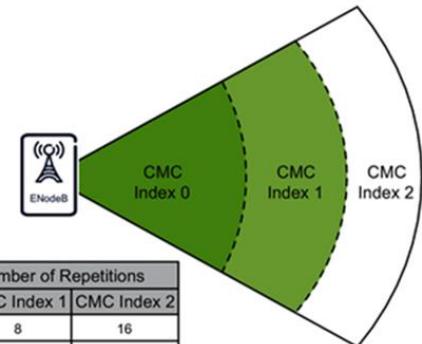
# INTERNET STVARI - NARROW BAND IOT

- Pojavljuje se potreba za spajanjem velikog broja uređaja na mrežu (Internet of Things)
- Razvoj mreže optimalne za spajanje velikog broja uređaja sa malim prometom (do 300 kbps)
- Zahtjev je za link budget bude veći nego li u GSM i LTE (20dB) kako bi bili pokriveni podrumi, šahte i sl.
- Baterije uređaja moraju raditi desetak godina (DRX - desetak sekundi i eDRX – do tri sata)
- Potrebne softwarske promjene na eNB, novi core (CSGN) te IoT serveri



ManagedElement  
+ENodeBFunction  
+NbIoTCell  
ceLevelNumber = 1 {1,2,3}  
1 = CE\_level1  
2 = CE\_level2  
3 = CE\_level3  
cmcIndex = 0 {0,1,2}  
0 = CMC Index 0  
1 = CMC Index 1  
2 = CMC Index 2

Channel (carrying)	Maximum Number of Repetitions		
	CMC Index 0	CMC Index 1	CMC Index 2
NPDSCH (NB-SIB1)	4	8	16
NPDCCH	2	16	64
NPUSCH (ACK/NACK)	2	16	64
NPRACH (preamble)	2	8	16



# DALJNJI RAZVOJ LTE MREŽA → LTE-ADVANCED

- LTE brzine prijenosa podataka dolaze do 1 Gbps
- Kombinira se Carrier aggregation (CA) velikog broja bandova (očekivano do 100 MHz)



- U DL nešto veće mogućnosti za kombiniranje nego u UL Razvijati će se naprednije MIMO sheme (4x4, 8x8) te će biti potreban razvoj pametnih antena
- CA u UL
- Mogućnost korištenja nelicenciranog spektra
- 256 QAM u DL, 64 QAM u UL
- Očekuje se razvoj koncepta koordiniranog multipointa (DL i UL CoMP) za postizanje većih brzina prijenosa
- LTE stanice kao relay – korištenje baznih stanica kao medija za transmisiju za drugu baznu stanicu ili npr. WiFi AP
- Feederless solution - podizanje radijskih modula do antena
- Narrow band IoT
- Heterogene mreže
- LTE nužan za razvoj 5G-a u prvoj fazi (Non Stand Alone Core)

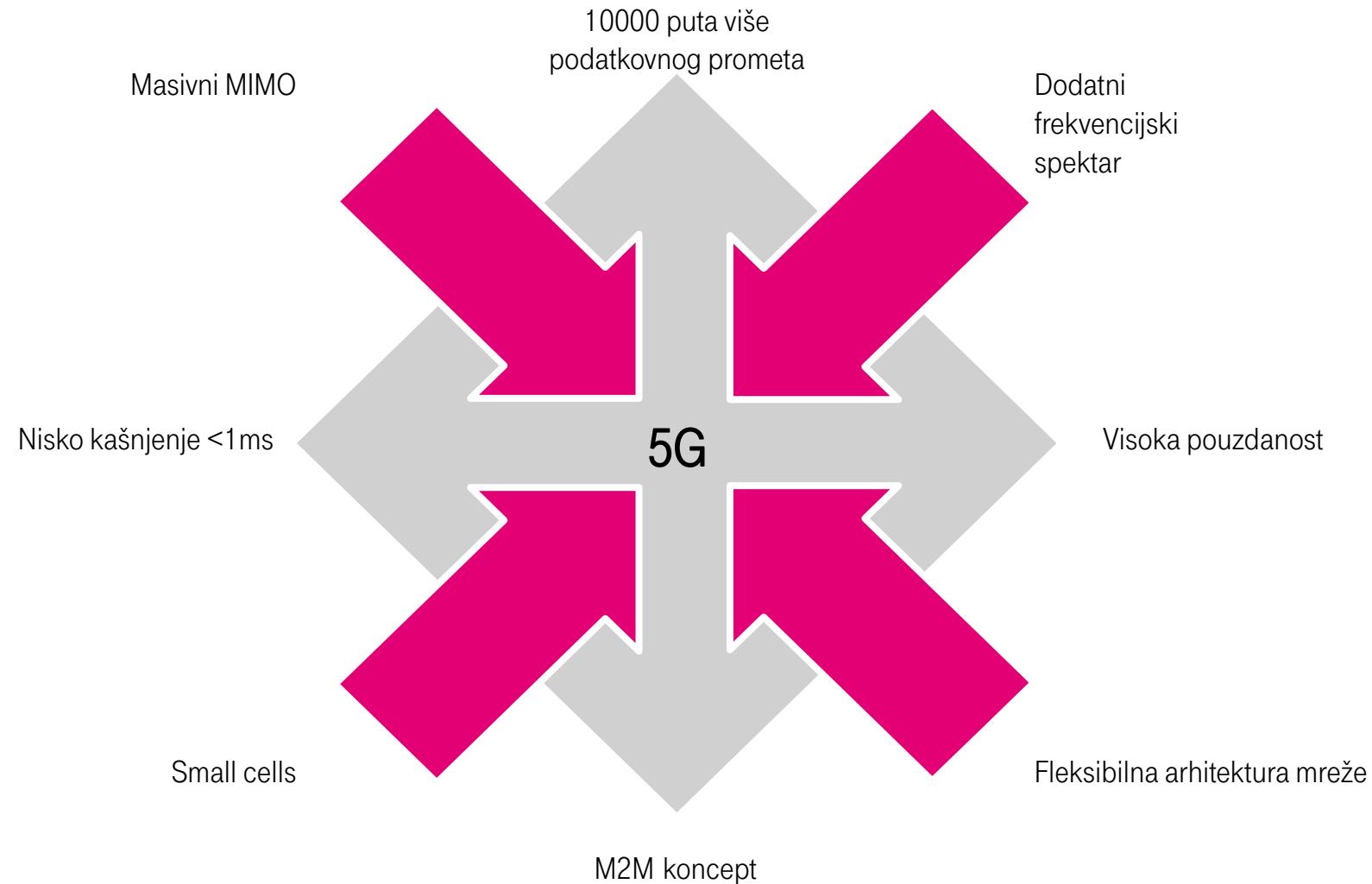
# 5G – MREŽA ZA SLJEDEĆIH DESETAK GODINA

Kako se očekuje ogroman porast prometa uz razvoj novih usluga potrebno je osigurati:

- Dostupnost vrlo brze mreže svuda
- Dovoljan kapacitet i brzine ( $> 1 \text{ Gbps}$ )
- Vrlo malo kašnjenje (oko 1ms)
- Broj povezanih uređaja raste velikom brzinom (IoT)
- Kombinirati će se veliki broj bandova (Carrier Aggregation) iz licenciranog i nelicenciranog spektra
- Vrlo dobra integracija sa 4G
- Velik dio mreže će biti virtualiziran
- U blizini baznih stanica biti će serveri koji će omogućavati malo kašnjenje (Edge computing)



# KORAK PREMA 5G

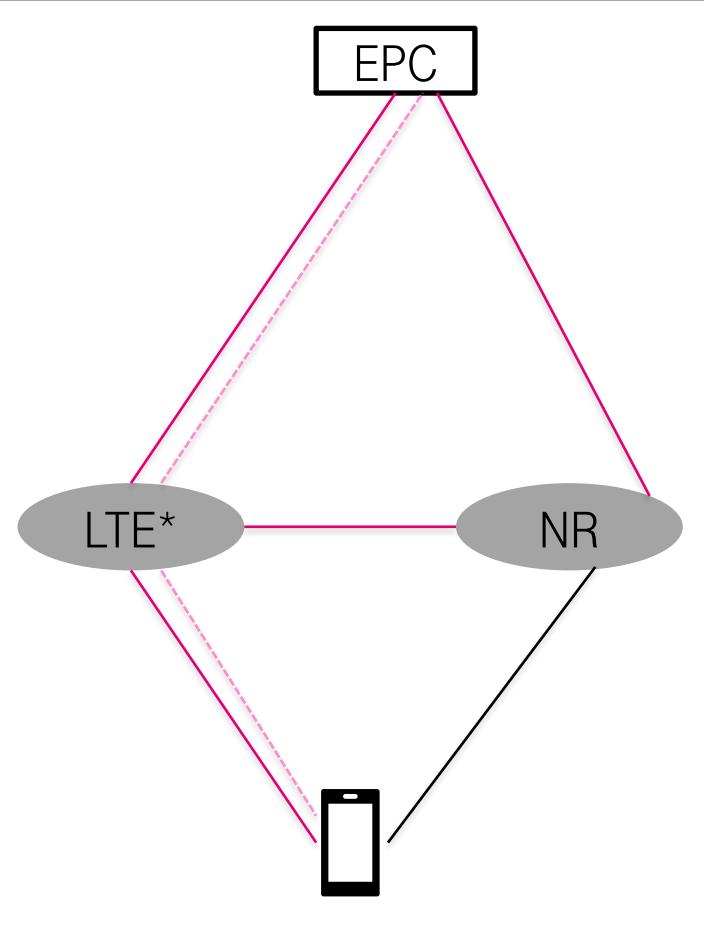


# USPOREDBA 4G I 5G RADIO SUČELJA – POSTOJI VELIKA SLIČNOST

	4G	5G NR
DL radijski pristup	OFDM	OFDM, SCFDMA
UL radijski pristup	SCFDMA	OFDMA, SCFDMA
kodiranje kanala	Turbo	LPDC (data) ili Polar (L1 control)
Beamforming	Data only	Sve
Spektar	0,8 – 2,6 GHz	0,7 - 90GHz
Bandwidth	1,4 - 20 MHz	do 100 MHz < 6 GHz i do 400 MHz > 6 GHz
Guard band	10%	2-5%
Network slicing	NE	DA
QoS	Bearer	Flow
Vrsta duplexa	FDD dominantno	TDD i FDD

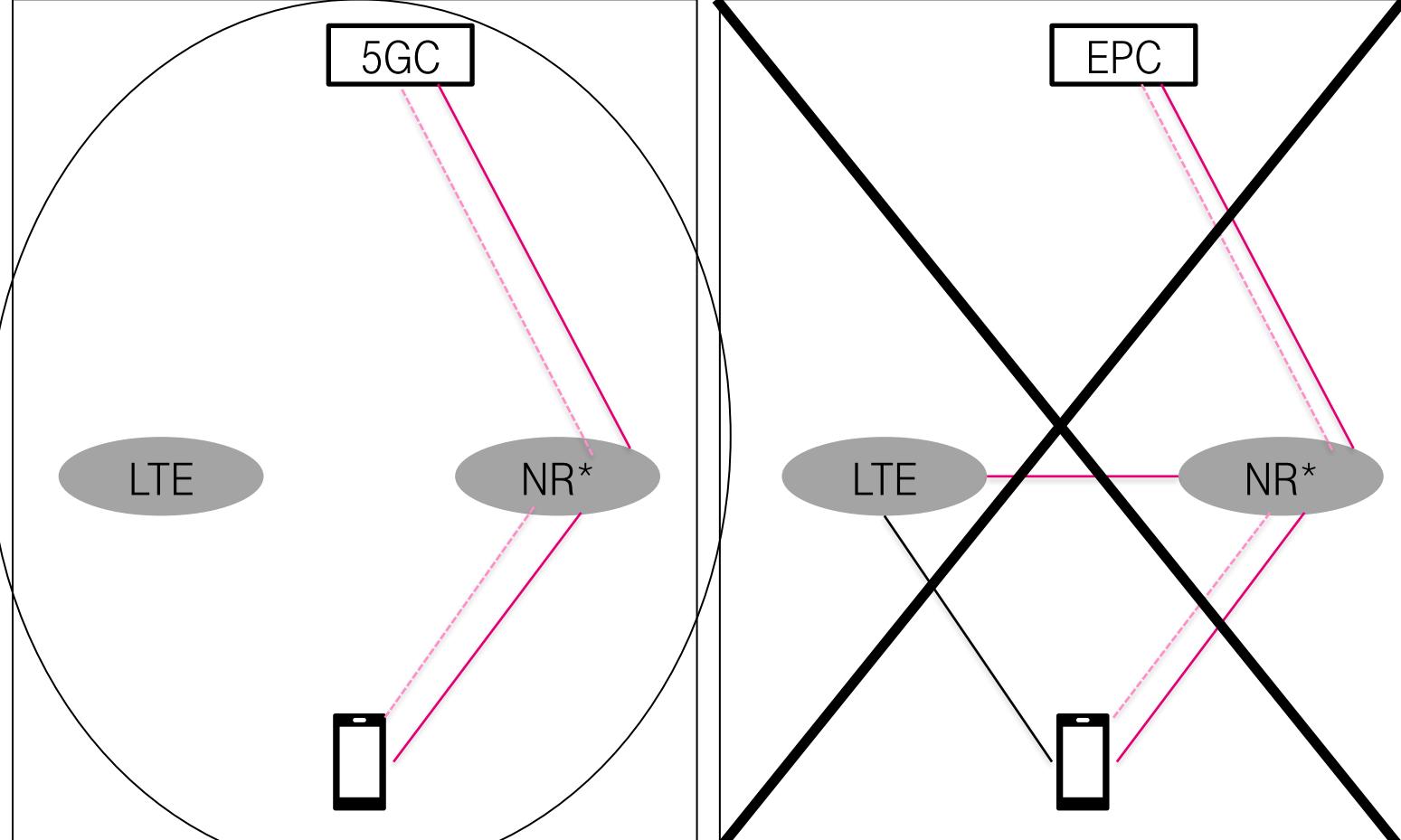
# 5G – ARHITEKTURA – IZ OPCIJE 3X U OPCIJU 2

Non - standalone



opcija 3X

Standalone

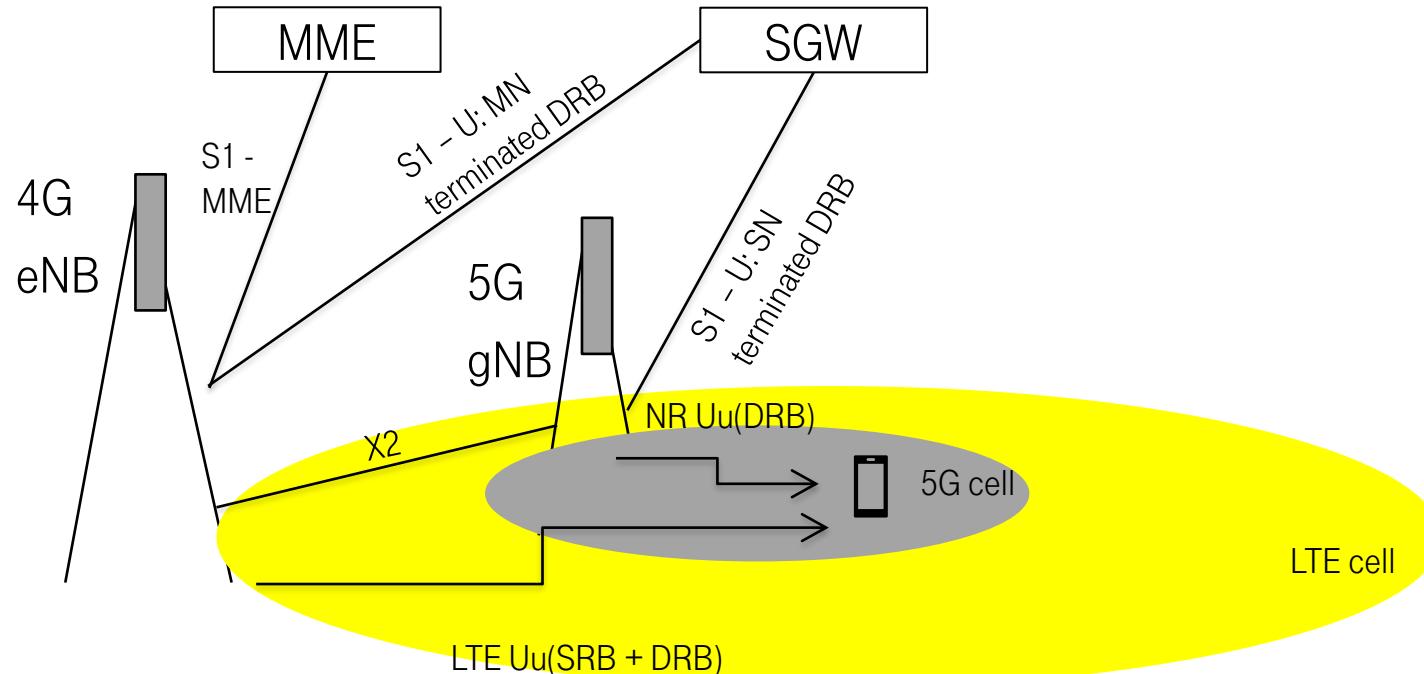


opcija 2

opcija 4

# 5G – PRIMJER RADA U NSA ARHITEKTURI; 5G OVIŠI O SIGNALIZACIJI KOJA SE USPOSTAVLJA NA 4G MREŽI

Frekvencija rada 3,5 GHz

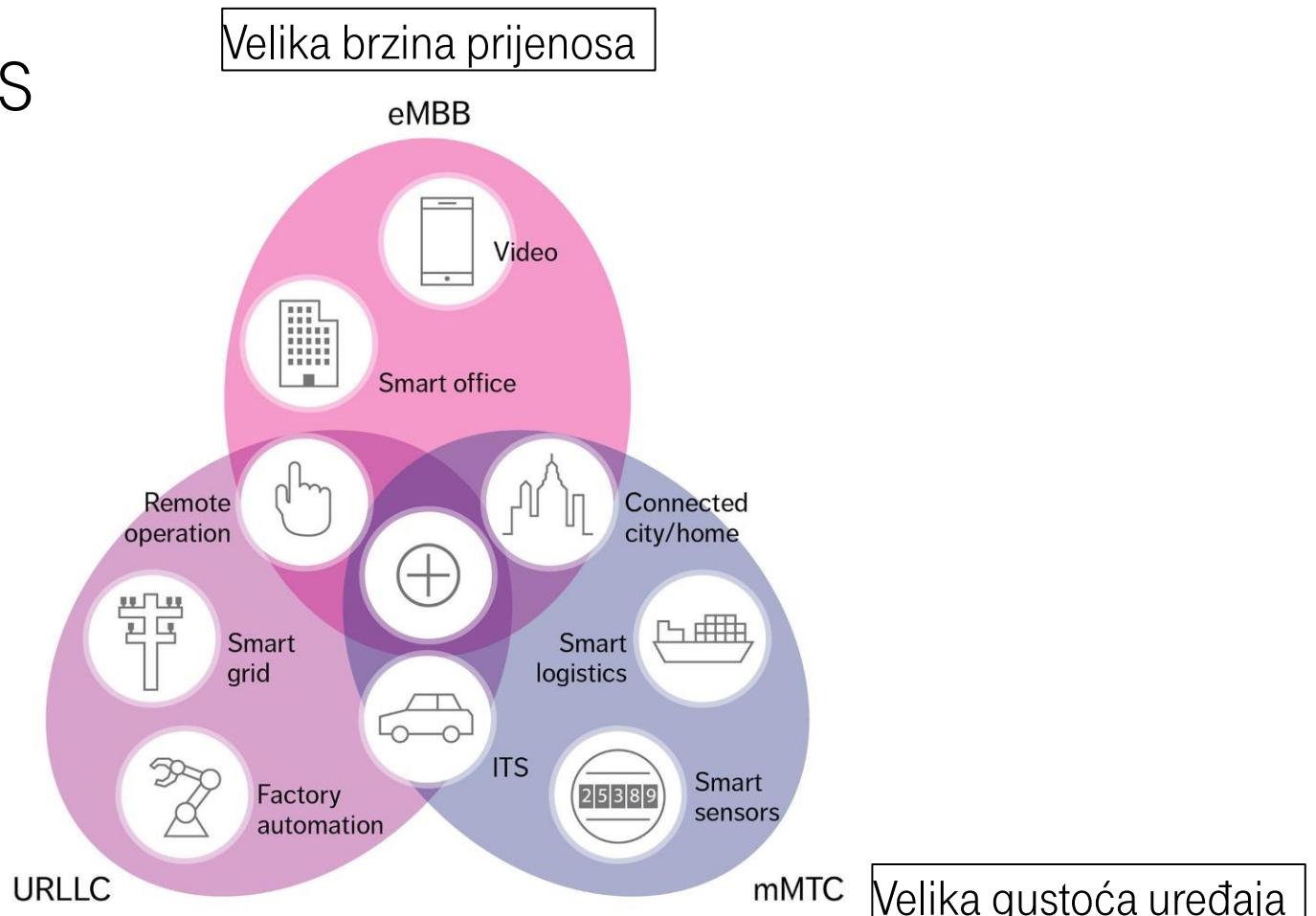


- Signalizacija i dio podatkovne veze idu preko 4G
- Samo podatkovna konekcija ide preko 5G
- U kasnijoj fazi se implementira posebna 5G jezgrena mreža gdje 5G više ne ovisi o LTE baznoj stanici (SA arhitektura)

# 5G - PRIMJENA

- Različite usluge trebaju različiti QoS
- 5G će to omogućiti

Malo kašnjenje  
Velika pouzdanost



# 5G – FREKVECIJE RADA, OD NISKIH, SREDNJIH DO VISOKIH FREKVENCIJA

Low band (< 1GHz)

Mid – band (1 – 6 GHz)

Milimetarski valovi(26/28 GHz)

Danas

Budućnost

700 – 900 MHz  
(max 20 MHz po  
ćeliji)

- Postojeći LTE/3G spektar 1800 – 2600 MHz za DSS (LTE + 5G zajedno)
- Novi 3500 MHz spektar (dostupno 100 MHz po ćeliji)

0.2 Gbps

do 2 Gbps

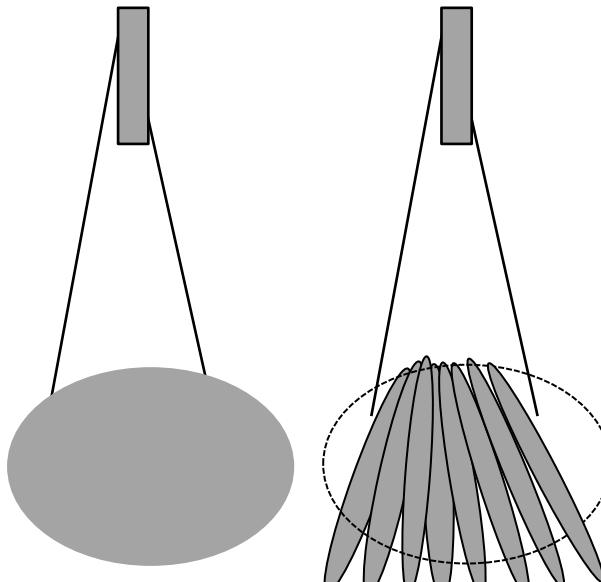
do 20 Gbps

Pokrivanje  
IoT  
Kritične usluge

Pokrivanje urbanih sredina  
Značajno povećanje kapaciteta

Hot spotovi  
Ogroman kapacitet

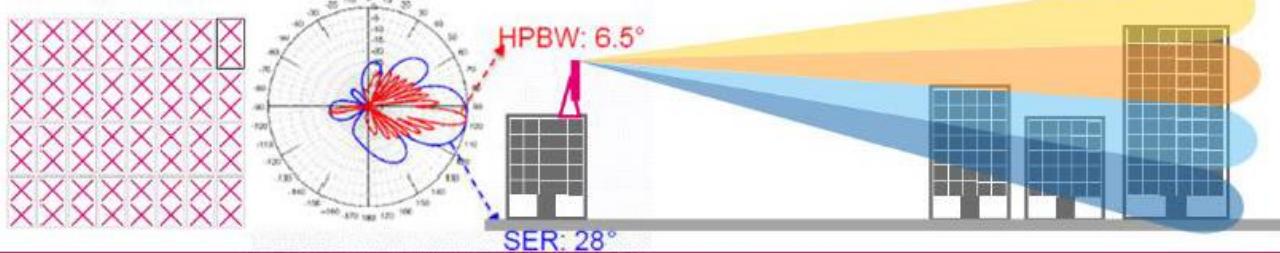
# 5G – BEAMFORMING POMAŽE DA SE SMANJI INTERFERENCIJA I POVEĆA POKRIVANJE



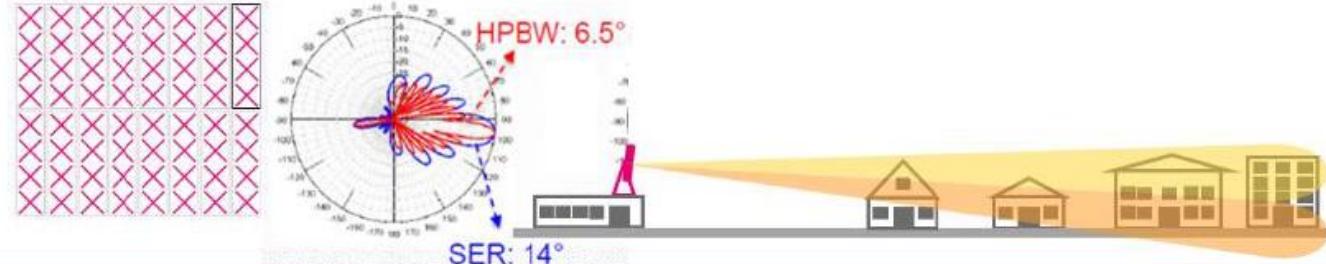
Non beamforming

Beamforming sa horizontalnih 8 beamova

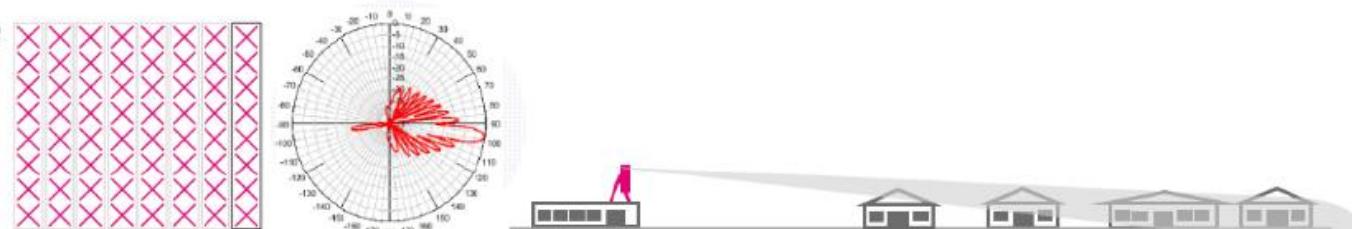
- Four vertical dipole groups and layers
- 30° vertical beam width



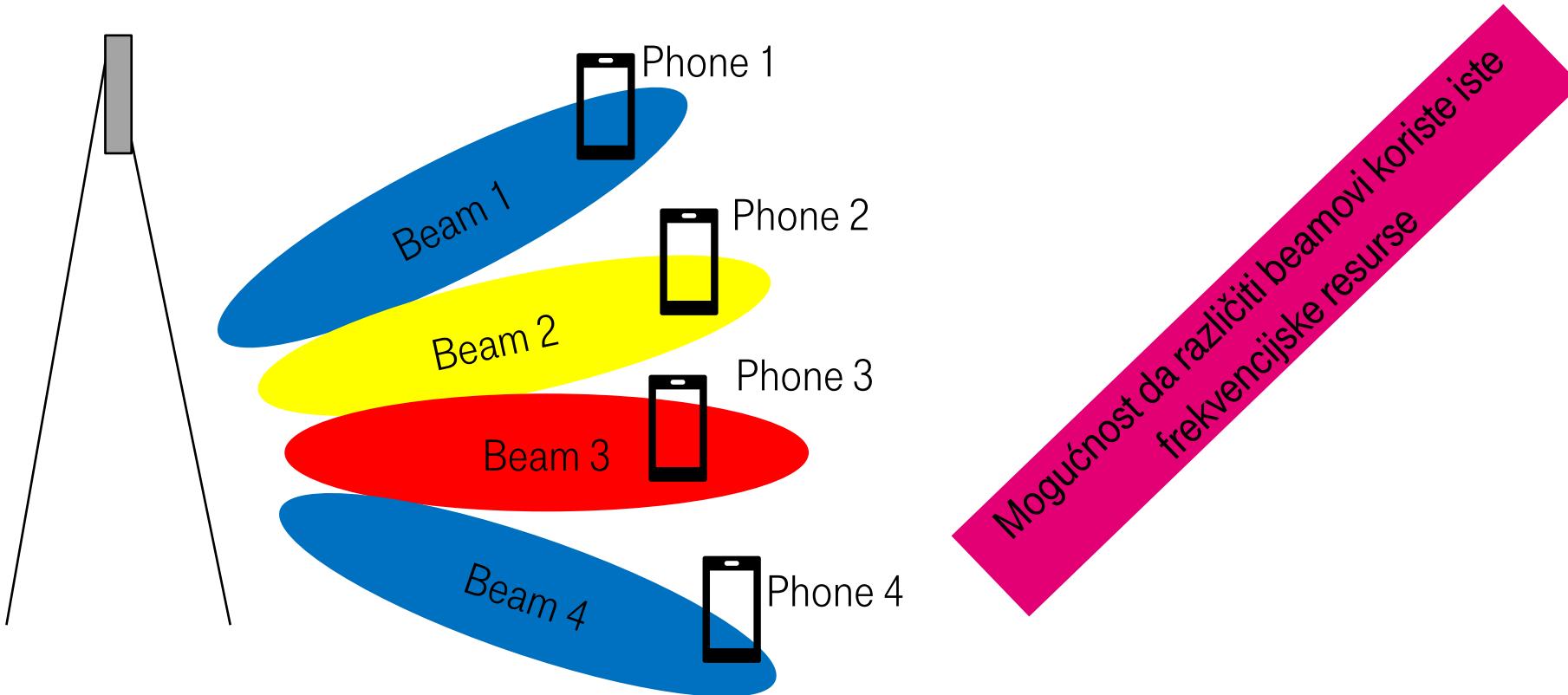
- Two vertical dipole groups and layers
- 15° vertical beam width



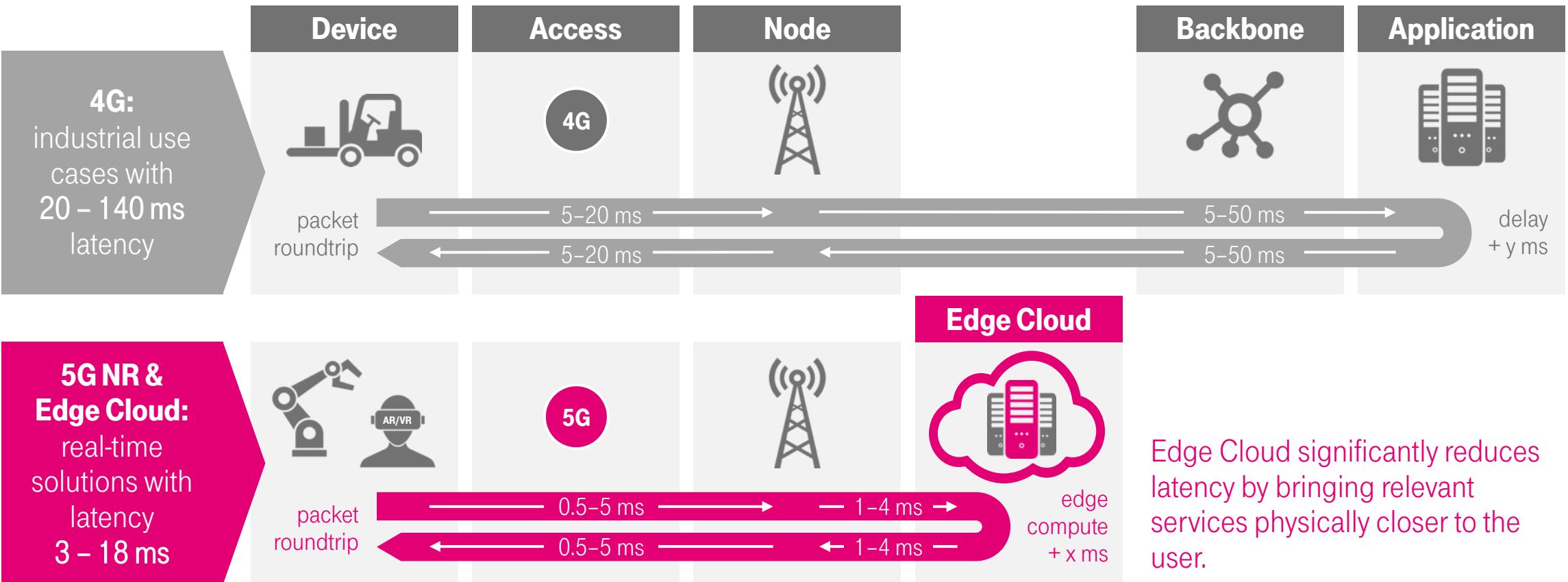
- One vertical dipole group and layer
- 7° vertical beam width



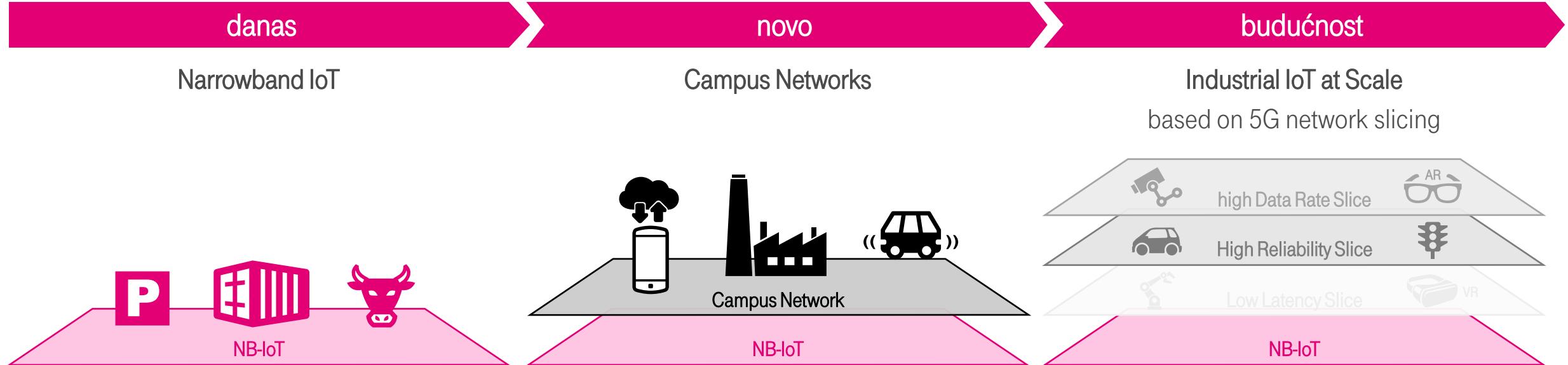
# MULTI USER MIMO - NOVI KONCEPT U MOBILNIM KOMUNIKACIJAMA DAJE JOŠ JEDNU DIMENZIJU U POVEĆANJU KAPACITETA



# 5G – MALA LATENCIJA



# 5G U INDUSTRIJI

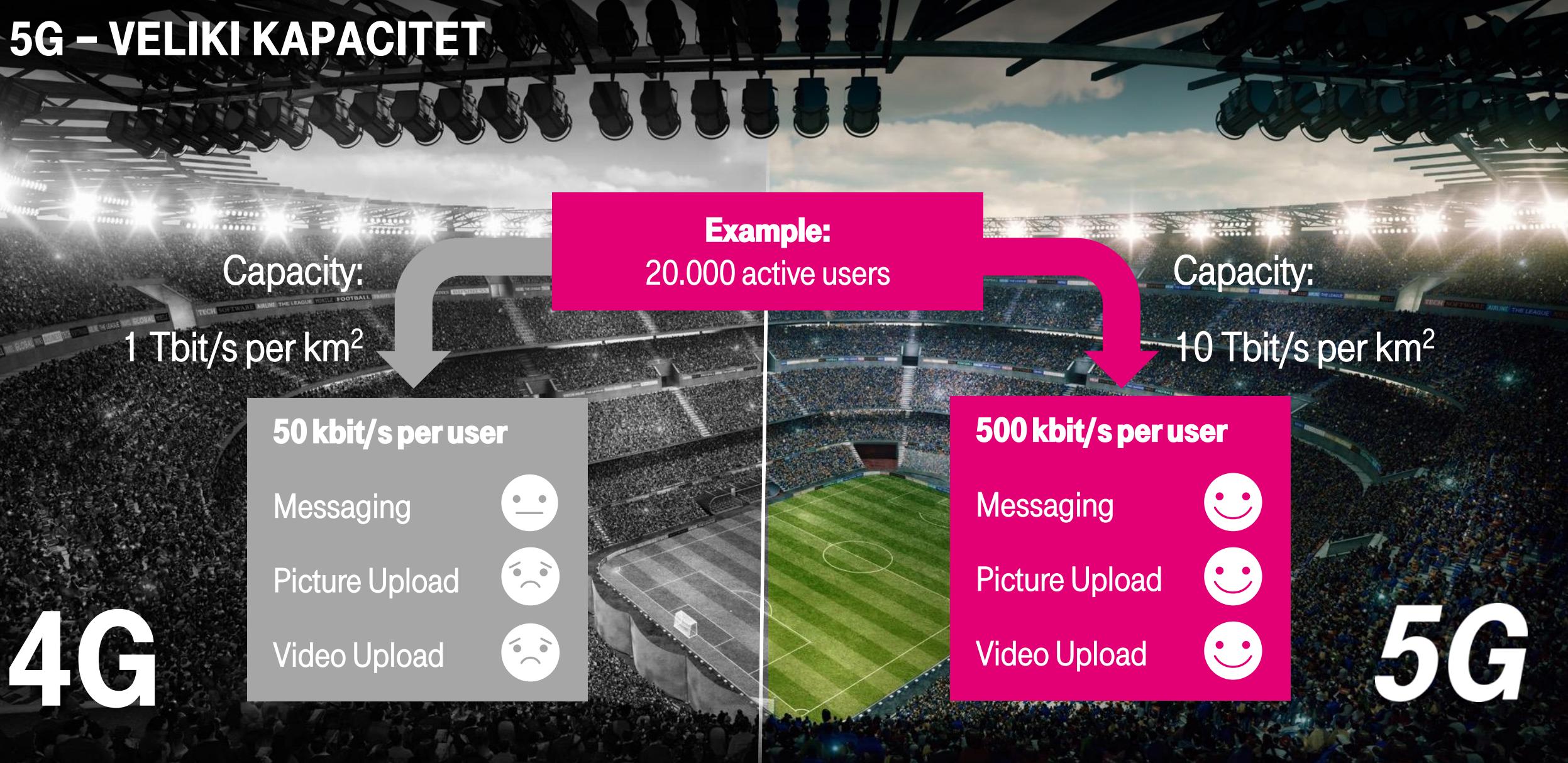


- Veliko pokrivanje
- Veliki broj malih uređaja
- Optimalno za kašnjenje i upotrebu spektra

- dual slice rješenje
- Tipični zahtjevi: kašnjenje, pouzdanost, mobilnost, sigurnost

- 5G resursi se dijele u sliceve ovisno o potrebama usluge
- Garantirana kvaliteta usluge ovisno o servisu
- Potreban je potpuno novi 5G core da bi podržao

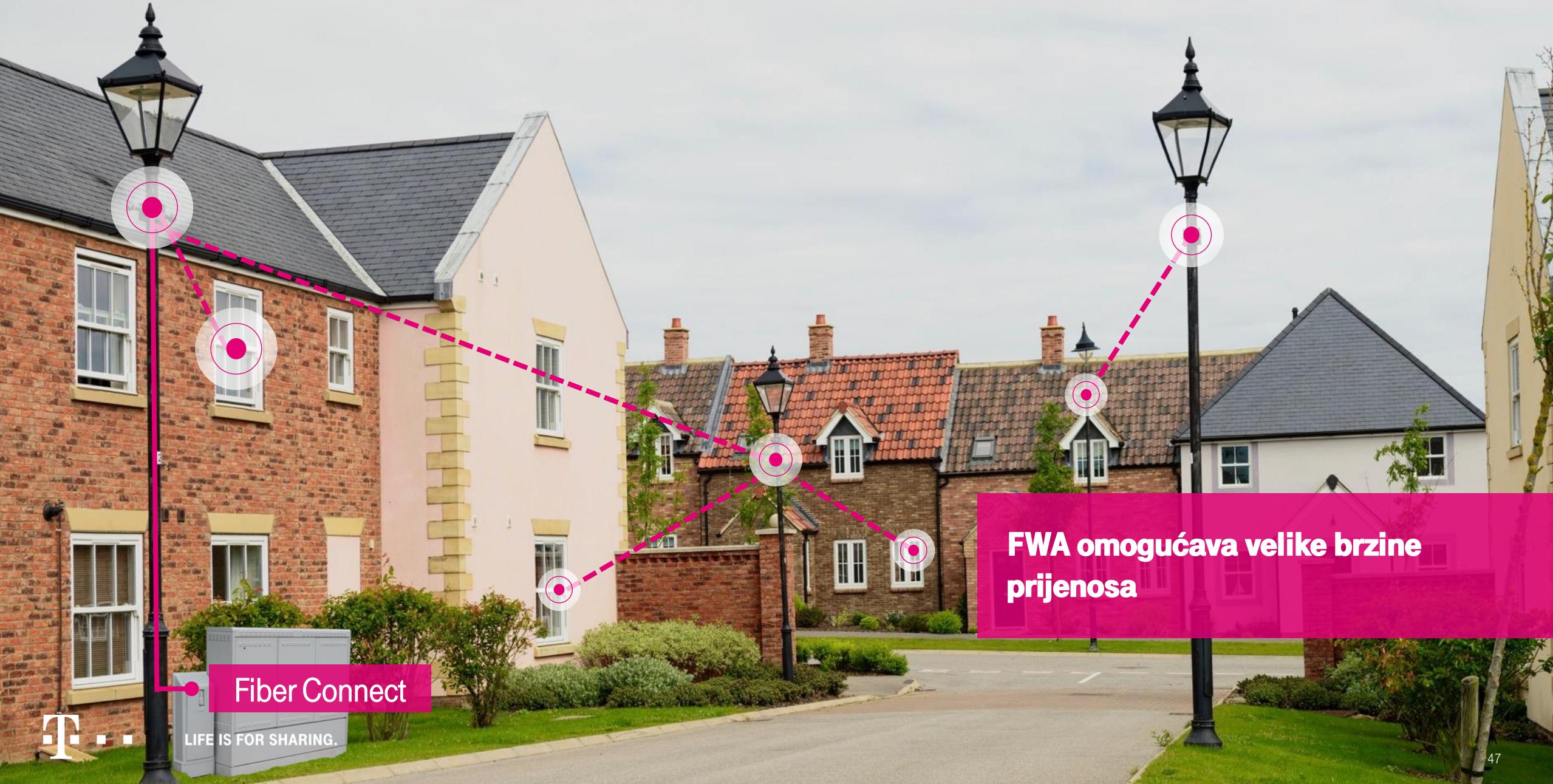
# 5G – VELIKI KAPACITET



LIFE IS FOR SHARING.

Base LTE capacity split across active customers gives throughput per customer. Assuming that average customer throughput in 5G will be 10x higher than LTE.

# 5G – kao zamjena za fiksnu mrežu (FWA – Fixed Wireless Access)



# ZAKLJUČAK

- Eksplozija mobilnog interneta posljednjih desetak godina i očekuje se daljnji visoki rast
- Razvija se koncept machine to machine
- 3GPP radi na dalnjem razvoju specifikacija LTE mreže sa fokusom na unaprjeđenje 5G-a
- Mreže postaju sve složenije jer se sastoje od različitih sustava i frekvencijskih pojaseva
- Biti će potrebna značajna ulaganja operatera u mrežu kako bi se odradio potrebni promet
- LTE mreža se dalje razvija u smjeru povezivanja više frekvencija te višestrukih MIMO (4x4) sustava čime će se omogućiti brzine prijenosa i preko 1Gbit/s u DL (LTE Advanced)
- 5G mreža donosi potpuno novi spektar usluga dostupnih preko mobilne mreže koristeći nove koncepte te korištenje AI-a u upravljanju mrežom i uslugama
- Osiguravanje malog kašnjenja je važan zadatak za moderne usluge (virtualna realnost, automatska vozila, medicinske usluge ...)
- Umjetna inteligencija će se sve više koristiti za unaprjeđenje i optimizaciju mreže

**HVALA NA PAŽNJI.**



**ŽIVJETI ZAJEDNO**



# 5G...

## Mobilni Internet, FER 2025

Trendovi

5G

5G u RH

6G

Završni rad



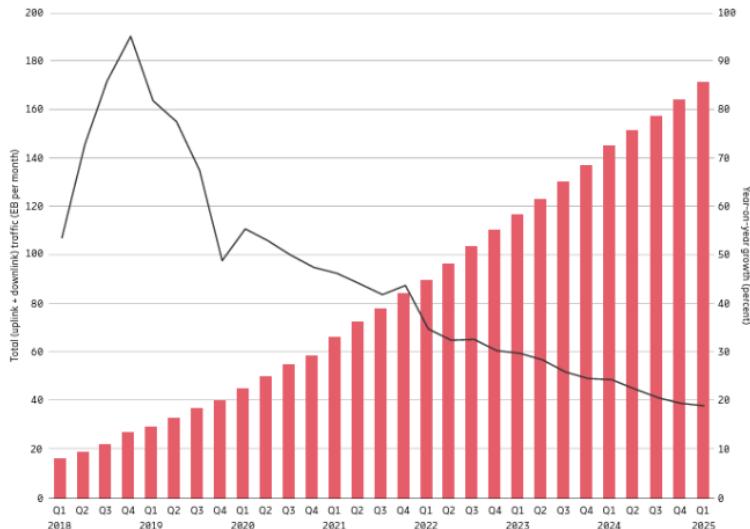
# Pregled trendova

## Mobilni podatkovni promet

Figure 4: Global mobile network data traffic and year-on-year growth

Data

Year-on-year growth



Note: Mobile network data traffic also includes traffic generated by Fixed Wireless Access services.

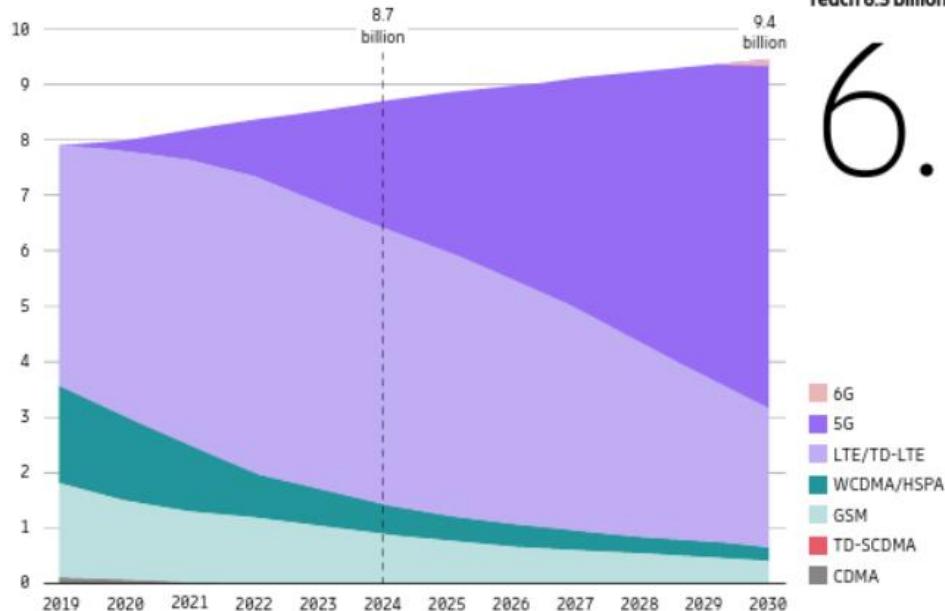
Izvor: Ericsson Mobility Report, lipanj 2024, <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/reports/june-2025>

Mobilni Internet , Alberto Teković, 2025

# Pregled trendova

## Mobilne preplate i podatkovne usluge

Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)



5G subscriptions are forecast to reach 6.3 billion by the end of 2030.

6.3bn

<sup>1</sup> GSA and Ericsson (May 2025).

Izvor: Ericsson Mobility Report, lipanj 2024, <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/reports/june-2025>

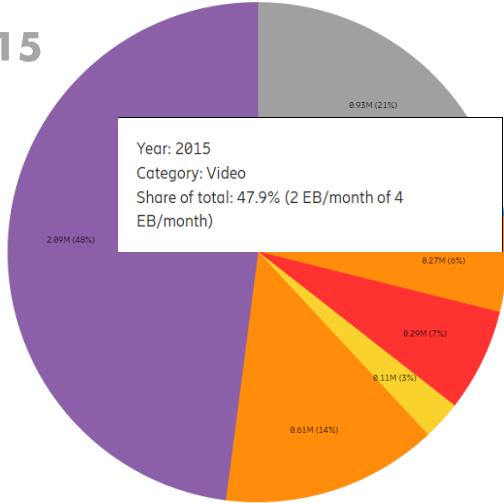
# Pregled trendova

## Mjesečni podatkovni promet prema aplikaciji

Mobile traffic by application category

Unit: EB/month

2015

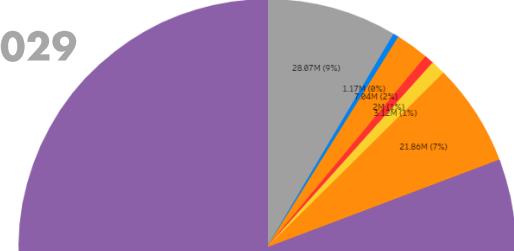


Mobile traffic by application category

Source: EMR JI Unit: EB/month

2029

Source: EMR June 2024



Year: 2029  
Category: Video  
Share of total: 80.7% (265 EB/month of 329 EB/month)

■ Video   ■ Social Networking   ■ Audio   ■ Web Browsing   ■ Software Update   ■ File Sharing   ■ Other

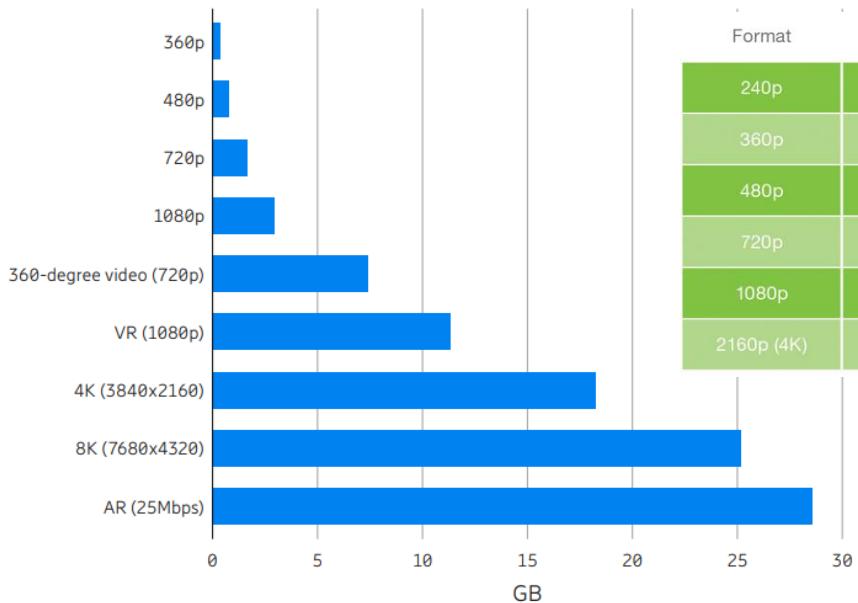
Izvor: Ericsson Mobility Report

Mobilni Internet , Alberto Teković, 2025

# Pregled trendova

## Mjesečni podatkovni promet prema rezoluciji

Monthly traffic generated by five minutes of streaming per day



Format	Codec	Pixel dimensions	Media rate (Mbps)
240p	H.264	360x240	0.400
360p	H.264	480x360	0.750
480p	H.264	640x480	1.2
720p	H.264	1280x720	2.5–3.5
1080p	H.264	1920x1080	5–6
2160p (4K)	H.265	3840x2160	10–15

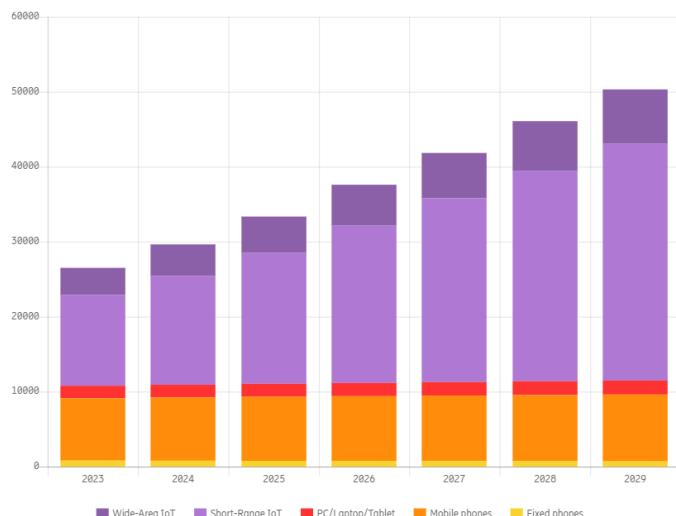
Izvor: Ericsson Mobility Report

# Pregled trendova

## IoT

### Connected devices

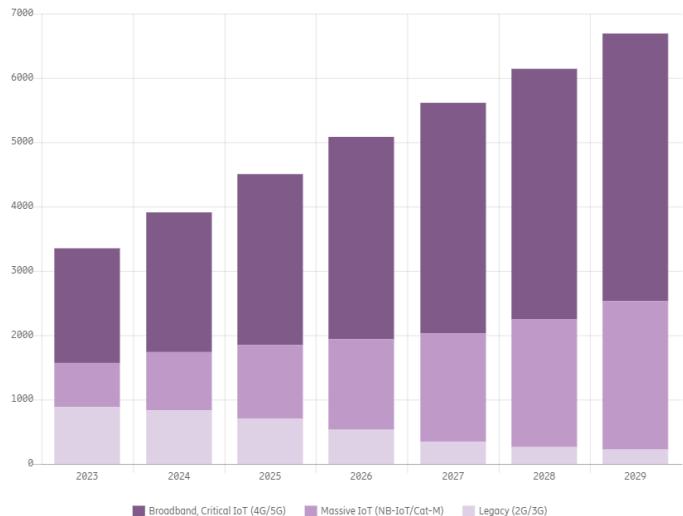
Unit: Million



Source: EMR June 2024

### Cellular IoT

Unit: Million



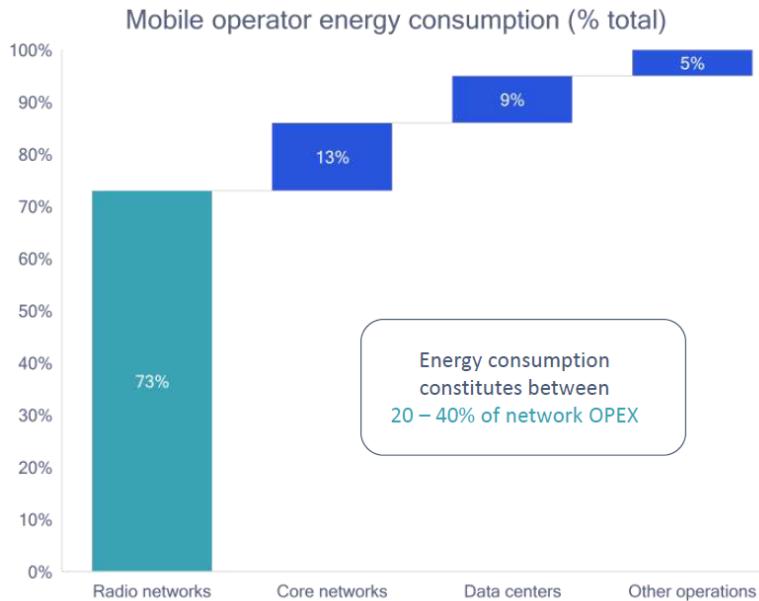
Source: EMR June 2024

Izvor: Ericsson Mobility Report, lipanj 2024, <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/reports/june-2025>

Mobilni Internet , Alberto Teković, 2025

# Pregled trendova

## Energetska efikasnost



Izvor: Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220225-2>

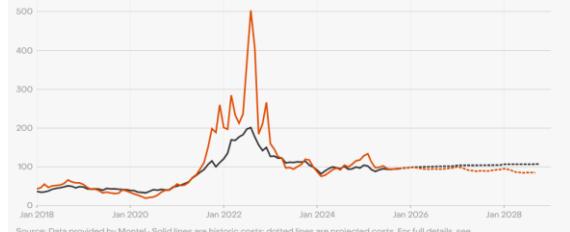
Mobilni Internet , Alberto Teković, 2025

### The cost of generating electricity from coal and gas in the EU

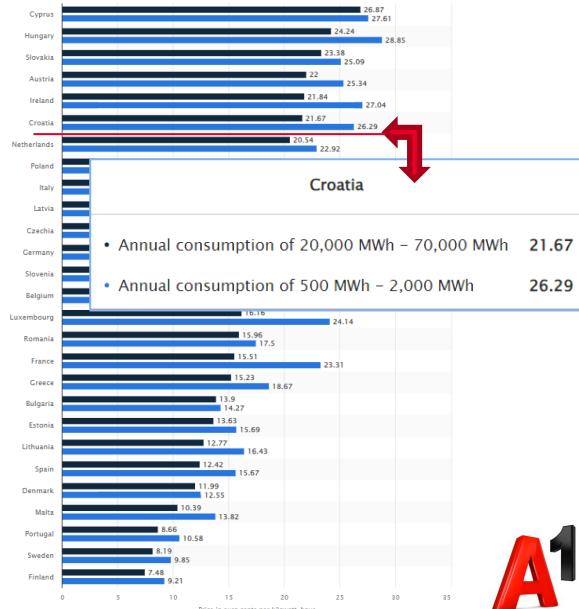
Short run marginal cost (€/MWh)

Daily Monthly Yearly

Hard coal Gas



EMBER



A1

# 5G

## Evolucija mobilnih sustava

> Nova tehnologija ~ 10 godina

	1980s 1G AMPS   NMT   TACS	1990s 2G GSM   D-AMPS	2000s 2.5G / 2.75G GPRS   HSCSD / EDGE	~2002 3G UMTS (WCDMA)	~2006 3.5G HSPA   HSPA+	2010s 4G LTE   LTE-A   LTE-A Pro	2020s 5G
Technology	Analog			Digital			
Service(s)	Mobile Voice	Mobile Voice Messaging	Mobile Voice Messaging Data+MMS	Mobile Broadband (MBB)			Internet of (Every)Things
3GPP Release	-	Phase 1+2 R96	GPRS: R97 EDGE: R98	R99/R4	HSPA: R5/R6 HSPA+: R7 DC-HSPA: R8/R9	LTE: R8/R9 LTE-A: R10-R12 LTE-A Pro: R13+	Phase 1: R15 Phase 2: R16+
Switching	Circuit		Circuit+Packet		Packet		
RoundTrip Time (RTT)	-	>1000 ms	>700 ms	~300 ms	~40 ms	~20 ms	1-10 ms
Peak Data Rate	<1 kbps	9.6 kbps	GPRS: 171.2 kbps HSCSD: 115.2 kbps EDGE: 473.6 kbps	DL: 384 kbps UL: 128 kbps	DL: 42 Mbps UL: 11 Mbps	DL: 1 Gbps UL: 375 Mbps	10-20 Gbps
Radio Channel Bandwidth	30 kHz	200 kHz		5 MHz	N × 10 MHz	N × 20 MHz	N × 80 MHz

Izvor: Qualcomm, 3GPP

# 5G

## Koje su to nove usluge?

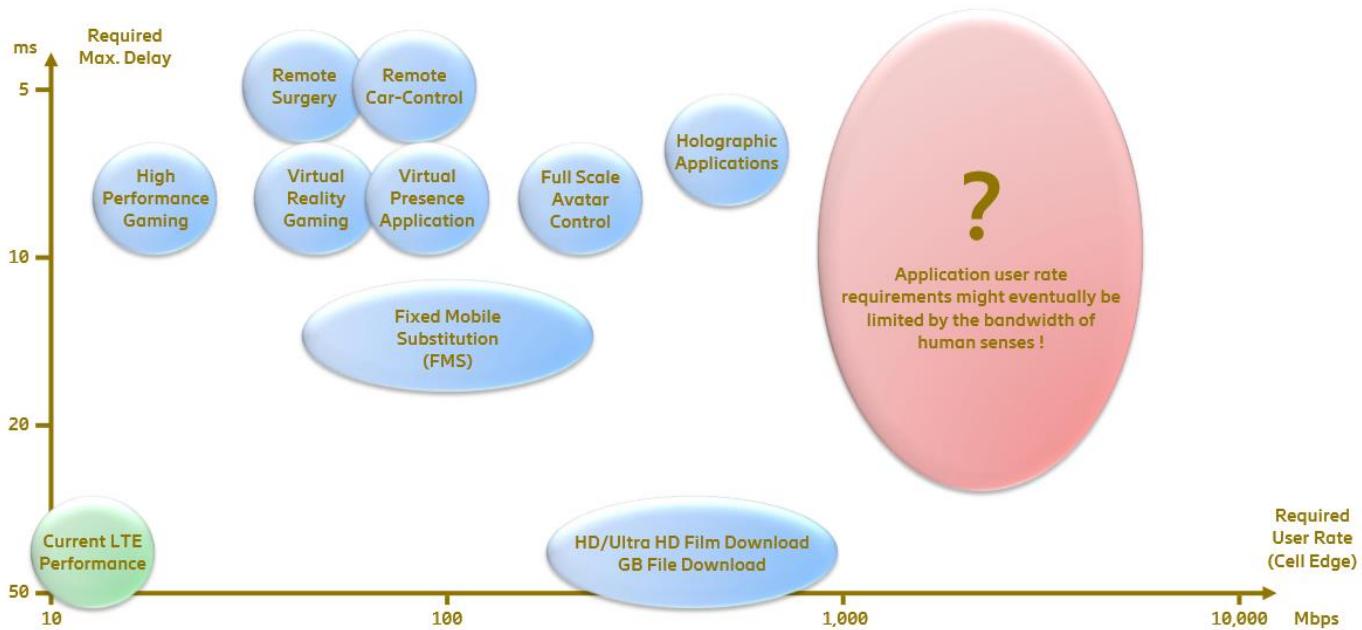
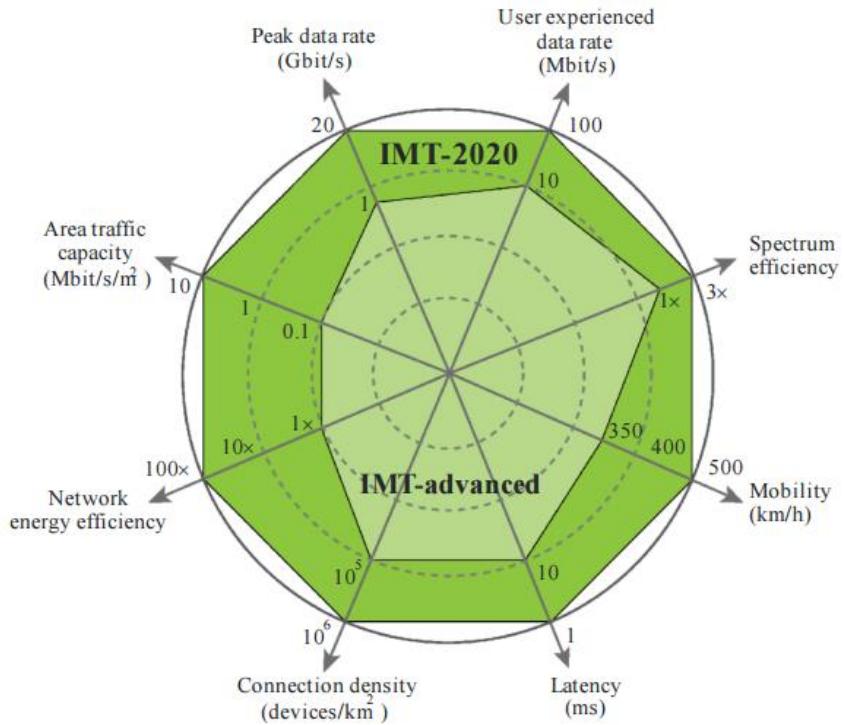


FIGURE 3  
Enhancement of key capabilities from IMT-Advanced to IMT-2020



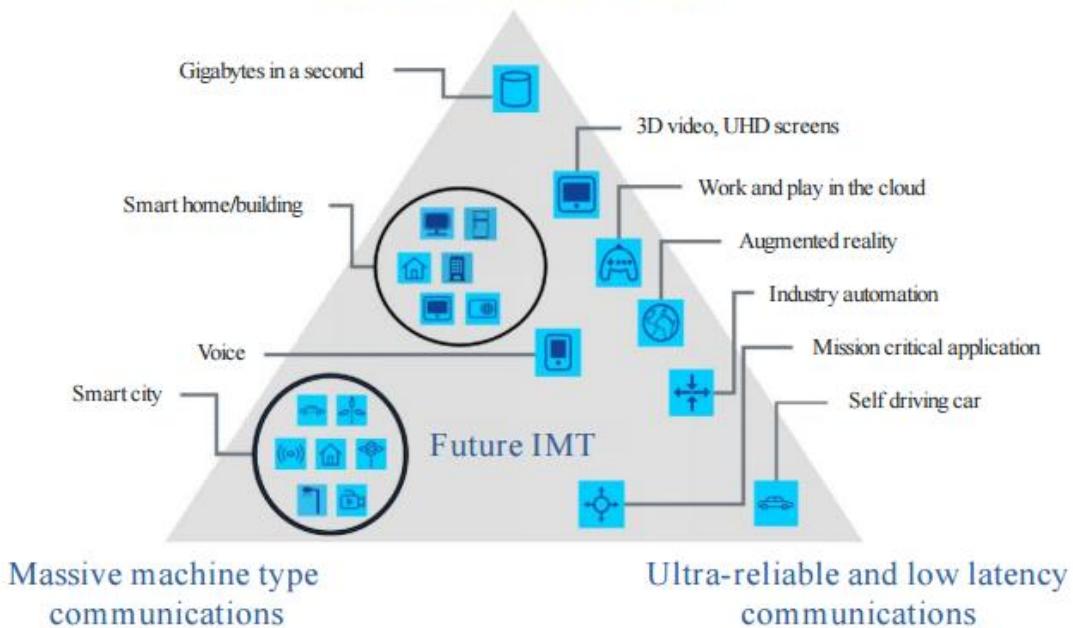
Izvor: Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, Rec. ITU-R M.2083-0

# 5G

## Vizija

### Usage scenarios of IMT for 2020 and beyond

#### Enhanced mobile broadband



Izvor: Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, Rec. ITU-R M.2083-0

# 5G

## PRIMJENA



Fixed Wireless Access



Immersive experiences



Video Surveillance and Analytics



Capacity upgrade



Smart stadiums



Machine remote control



Mc

Connected vehicles



eHealth



Cloud robotics

# 5G

## FWA

~50%

Around half of all households in the world – over 1 billion – are yet to have a fixed broadband connection.



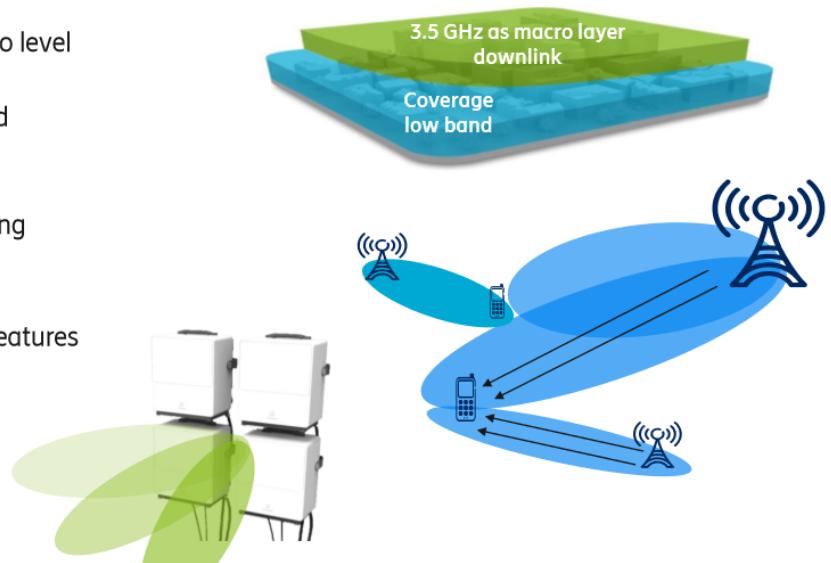
Figure 11: FWA connections (millions)



# 5G

## Evolucija radijske mreže

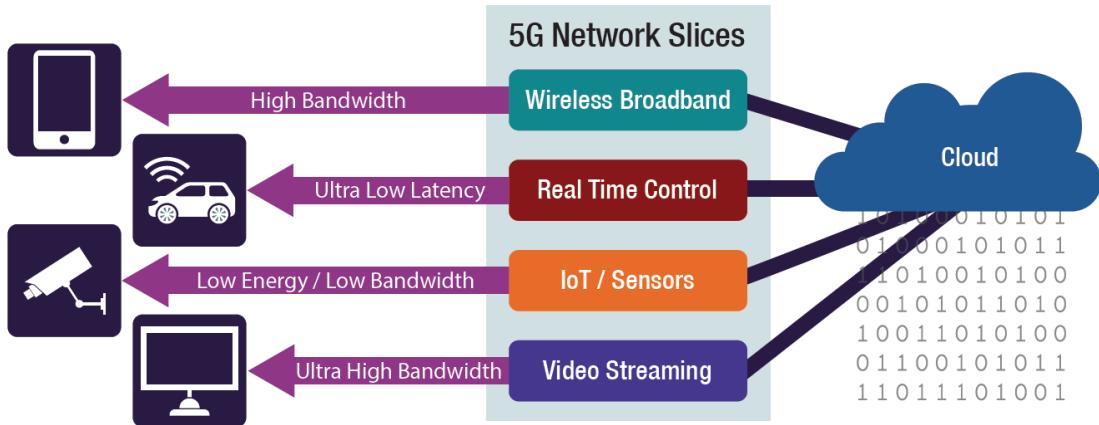
- New spectrum and advanced spectrum utilization
  - Converged TDD/FDD Networks
  - 3.5 GHz Deployment on macro and micro level
  - 10 GHz + deployment on micro level
  - License assisted operation in un-licensed spectrum
- Multi-antenna Techniques
  - Intelligent multi-dimension beam-forming
  - Massive MIMO
  - Indoor CoMP
- Advanced Coordination and Performance Features
  - Small-cell enhancements
  - Latency reductions
  - Machine-type communication
  - Device-to-device communication



# 5G

## Evolucija jezgrene mreže 1/2 (Network slicing)

- > Podjela funkcija mreže kako bi zadovoljile različite prometne scenarije
- > Ovisno o traženoj usluzi, upravljanje mrežom odraduje različit odsječak mreže (network slice)
- > Ponašanje mreže se maksimalno optimizira prema potrebama

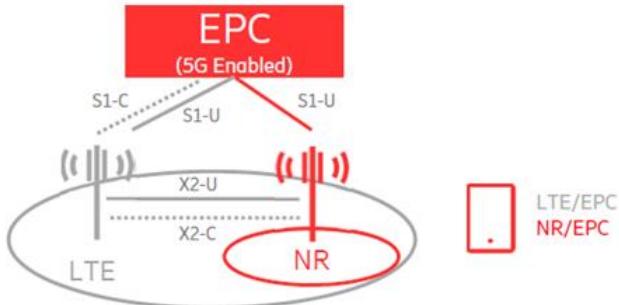


# 5G

## Evolucija jezgrene mreže 2/2 (NSA vs SA)

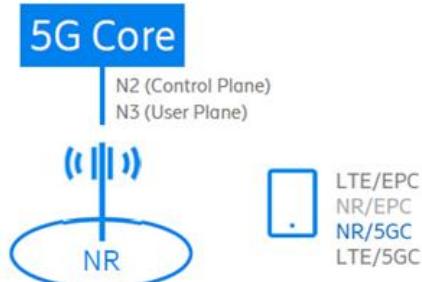
### Non-standalone (NSA) NR

- > Prve NR implementacije
- > Koristi sidreni (anchor) LTE nosilac za kontrolne kanale
- > NR služi za dodatni kapacitet na DL
- > Spaja se EPC na kojem je omogućen 5G
- > Terminal spojen istovremeno na LTE i 5G



### Standalone (SA) NR

- > Samostalni 5G nosioc
- > Koristi 5G jezgrenu mrežu
- > LTE ostaje kao samostalna tehnologija, neovisna o 5G



# 5G

## Frekvenčijski pojas 1/10

### > Shannon-Hartley zakon

$$C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

Capacity = Maximum achievable data rate (in bits/sec)

Radio Channel Bandwidth (in Hz)

As this gets larger, C (Capacity) gets larger

Signal Power (in Watts)

Noise Power (in Watts)

SNR (Linear Scale, not in dB)

As this gets larger, C (Capacity) gets larger

Ex >  
With Diversity, you can increase this value

### > Friss-ova jednadžba gušenja otvorenog prostora

$$\frac{P_r}{P_t} = G_a G_b \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$

$$L_{F(dB)} = 32.4 + 20 \log R_{km} + 20 \log f_{MHz}$$

# 5G

## Frekvencijski pojas 2/10

### 700 MHz

Odabrani ponuđač	Glavna faza količina RF spektra (MHz)	Blokovi	Dodijeljeni RF spektar (MHz)	Početna cijena iznos (HRK)	Glavna faza iznos (HRK)	Faza dodjele iznos (HRK)	Ukupni iznos naknade (HRK)
Telemach Hrvatska	20	A03	713-723/768-778	45.000.000,00	45.000.000,00	1.094.999,00	46.094.999,00
Hrvatski Telekom	20	A01	723-733/778-788	45.000.000,00	46.800.000,00	2.094.999,00	48.894.999,00
A1 Hrvatska	20	A02	703-713/758-768	45.000.000,00	45.000.000,00	-	45.000.000,00

### 3600 MHz

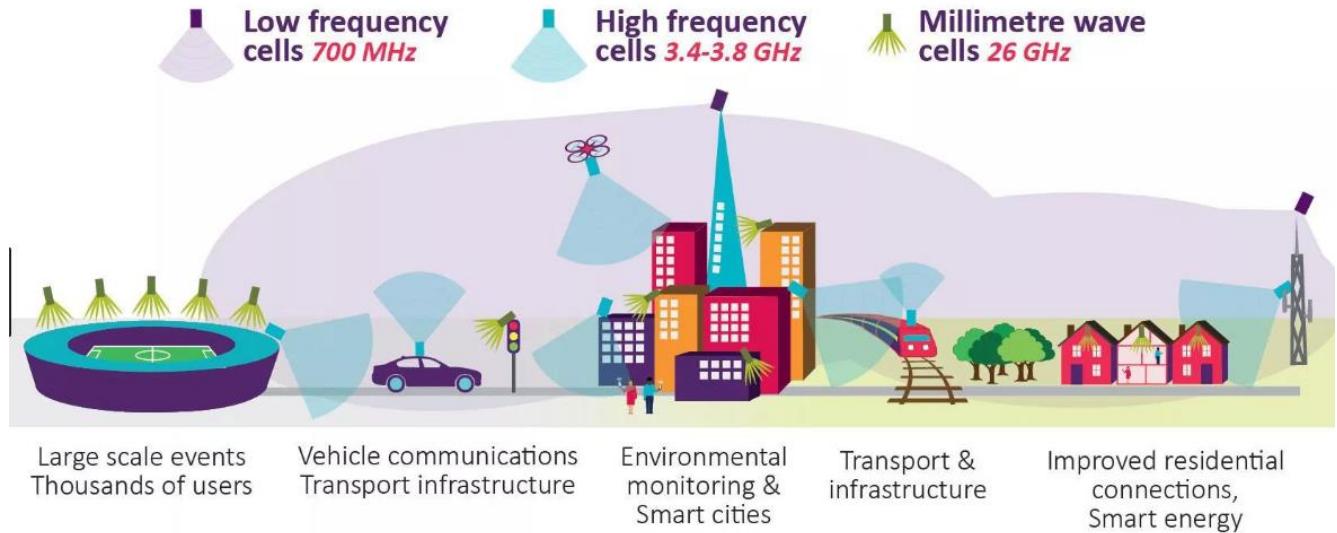
Odabrani ponuđač	Glavna faza količina RF spektra (MHz)	Dodijeljeni RF spektar (MHz)	Početna cijena iznos (HRK)	Glavna faza iznos (HRK)	Faza dodjele iznos (HRK)	Ukupni iznos naknade (HRK)
Telemach Hrvatska	100	3600-3700	52.500.000,00	52.500.000,00	1.955.750,00	54.455.750,00
Hrvatski Telekom	120	3480-3600	63.000.000,00	63.210.000,00	3.555.750,00	66.765.750,00
A1 Hrvatska	100	3700-3800	52.500.000,00	52.920.000,00	-	52.920.000,00

### 26 GHz mmWave

Odabrani ponuđač	Glavna faza količina (MHz)	Dodijeljeni RF spektar (GHz)	Početna cijena iznos (HRK)	Glavna faza iznos (HRK)	Faza dodjele iznos (HRK)	Ukupni iznos naknade (HRK)
EOLO	200	27,3-27,5	7.500.000,00	7.500.000,00	-	7.500.000,00
Telemach Hrvatska	200	26,5-26,7	7.500.000,00	7.500.000,00	188.135,00	7.688.135,00
Hrvatski Telekom	400	26,9-27,3	15.000.000,00	15.000.000,00	-	15.000.000,00
A1 Hrvatska	200	26,7-26,9	7.500.000,00	7.500.000,00	-	7.500.000,00

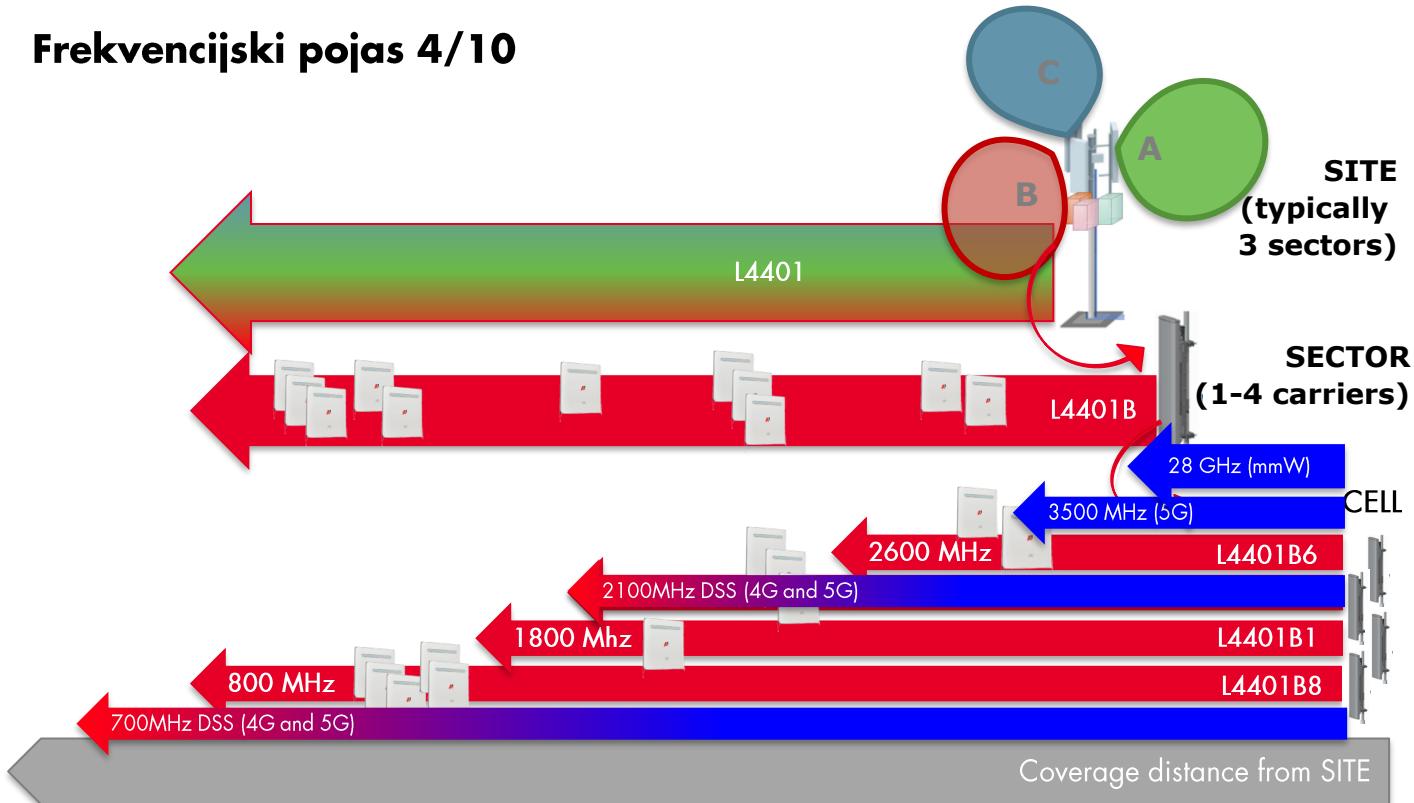
# 5G

## Frekvencijski pojasi 3/10



# 5G

## Frekvencijski pojas 4/10



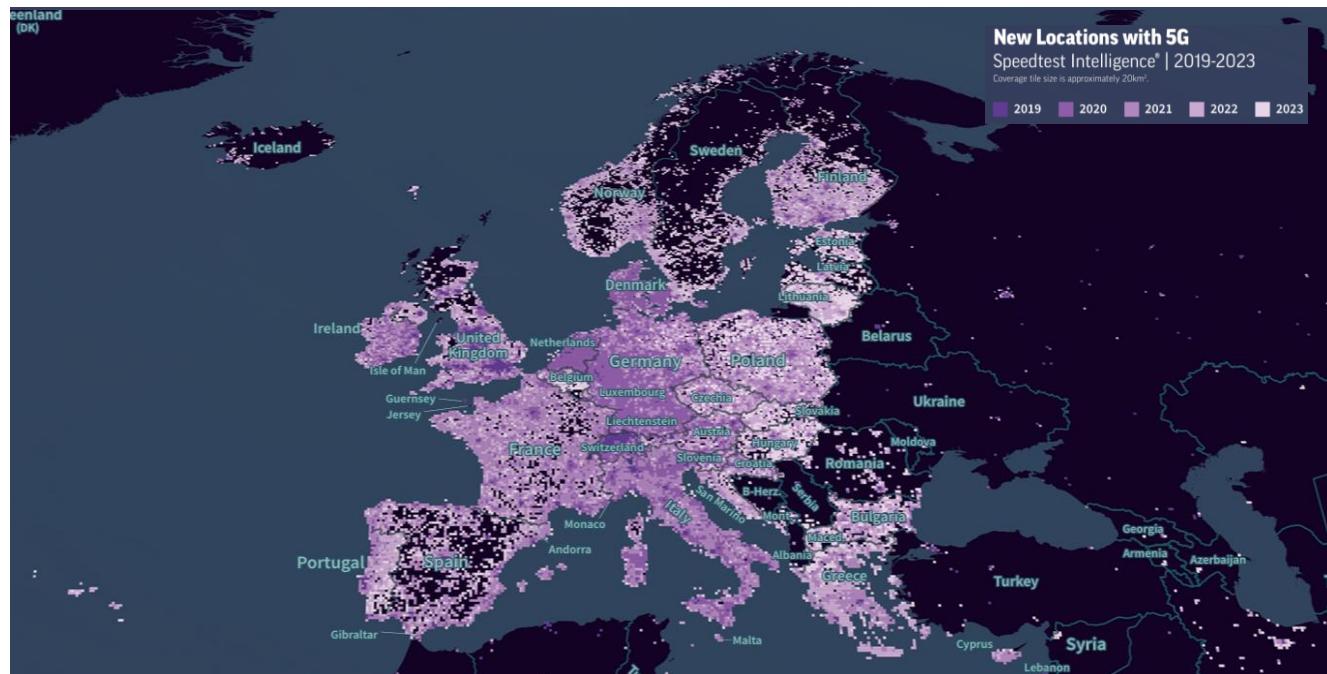
# 5G

## Frekvencijski pojasi 5/10



# 5G

## Pokrivenost



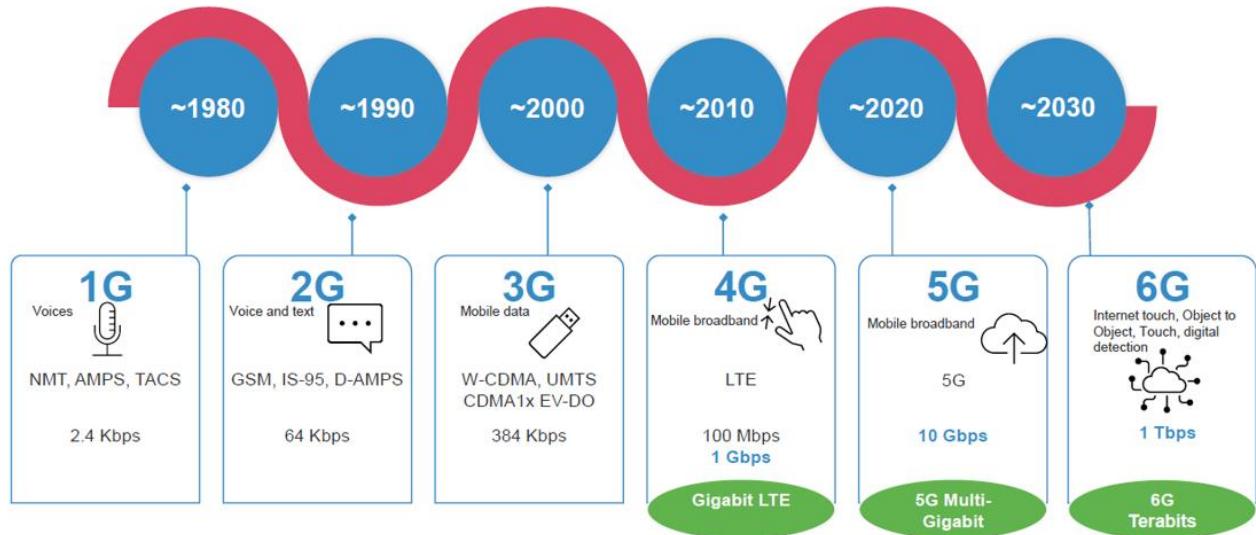
Izvor: <https://www.speedtest.net/ookla-5g-map>

Mobilni Internet , Alberto Teković, 2025

# 6G

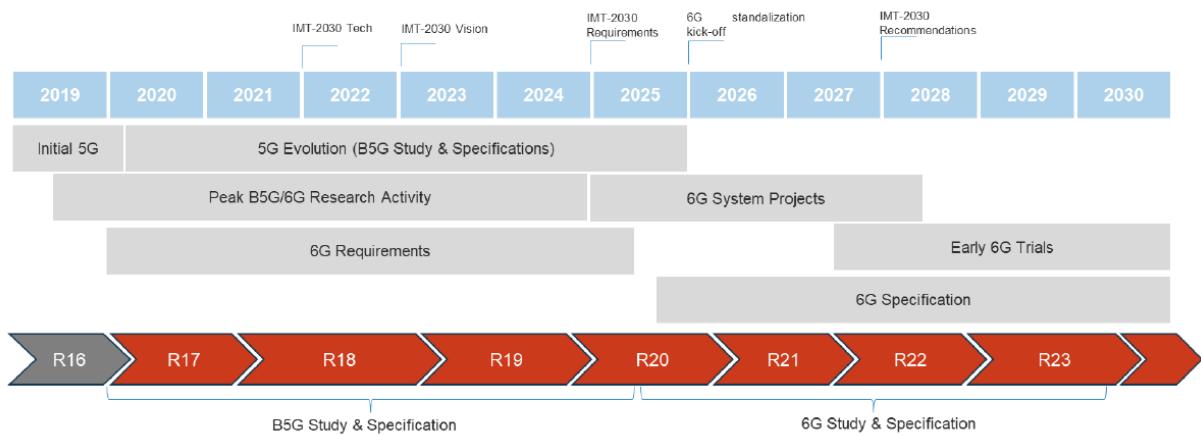
Trend se nastavlja...

> Nova tehnologija ~ 10 godina



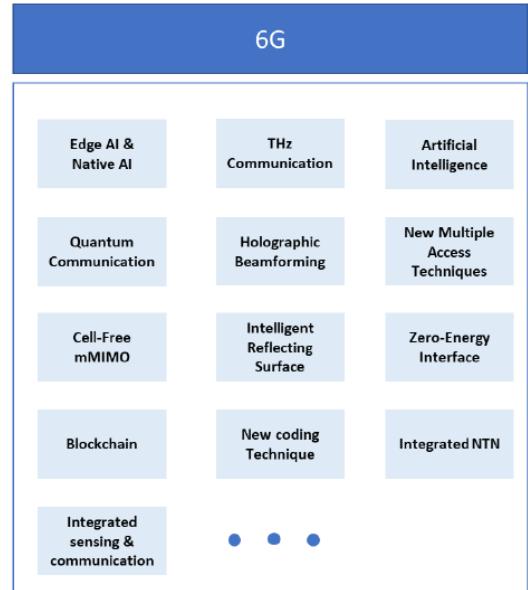
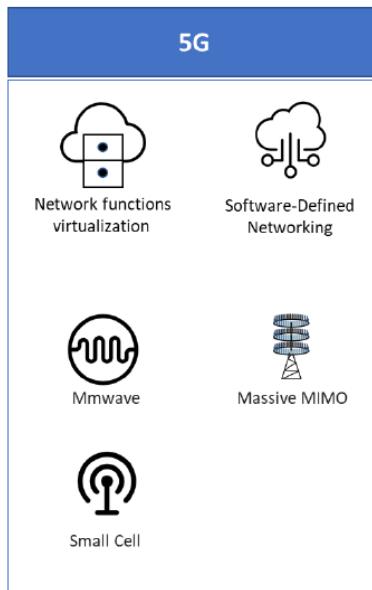
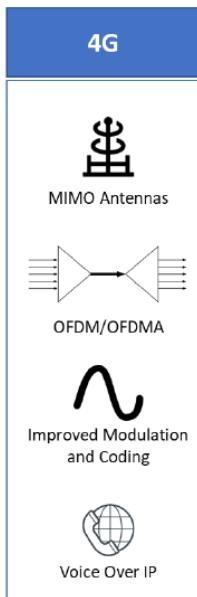
# 6G

## Evolucija standarda prema 6G



# 6G

## Glavni tehnološki pokretači od 4G do 6G



# 6G

## Kako će 6G izgledati 2030?

EXTREME 5G		EXTREME EXPERIENCE	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Very low latency</li><li>▪ Very high coverage (indoor/outdoor)</li><li>▪ Extreme reliability</li><li>▪ Immersive experience</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Very low energy consumption</li><li>▪ Massive connectivity</li><li>▪ Highly accurate location</li><li>▪ Spatial perception</li><li>▪ Widespread access</li></ul>
VERY HIGH FREQUENCIES		USE OF THz FREQUENCIES	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ All frequency bands, including 6 GHz</li><li>▪ THz bands</li><li>▪ 7-15 GHz</li></ul>	
NEW USE CASES		AI NATIVELY INTEGRATED	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Twinning</li><li>▪ Telepresence, general access</li><li>▪ From robots to cobots, robots that can interact with humans</li><li>▪ Sustainable development</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ E-health for all</li><li>▪ Autonomous supply chain</li><li>▪ Digital twins for manufacturing and production adjustments</li><li>▪ Mixed reality</li></ul>

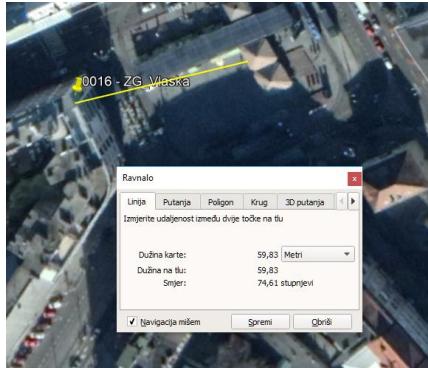
# Završni rad 1

Josip Mijić FER: Mjerenje propagacije elektromagnetskog vala za potrebe sustava javne pokretne mreže 5. generacije u frekvencijskom području 3,5 GHz

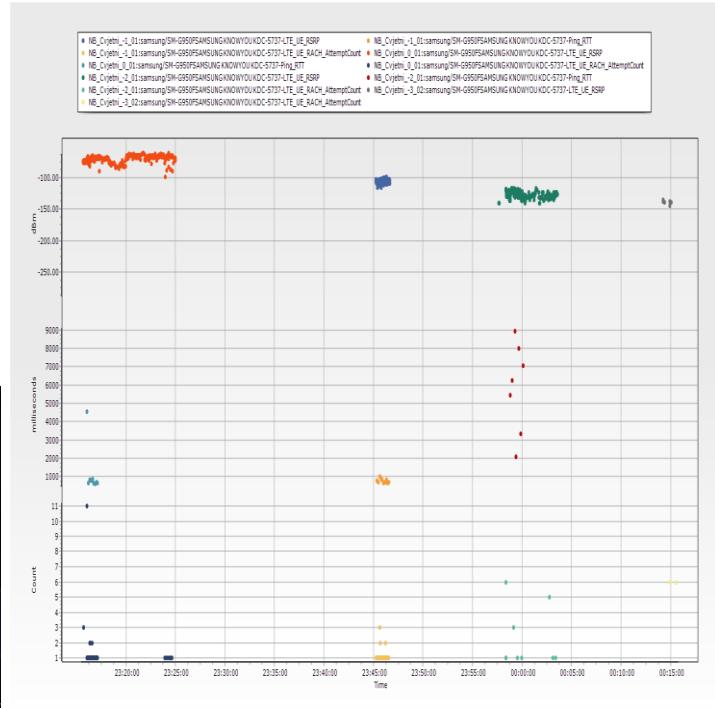


# Završni rad 2

Frncika Dragić FER, Kristijan Štrk ALGEBRA: Primjena mrežne NB-IoT tehnologije u domeni interneta stvari

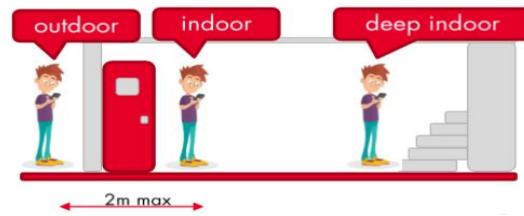
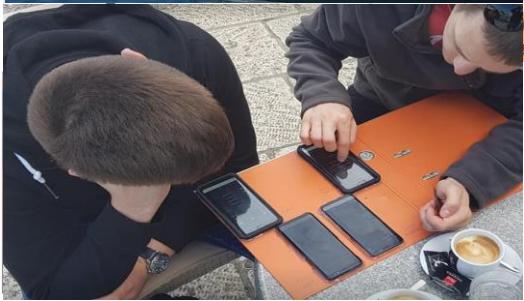


IoT System	LTE EDD 900 hard 20
Packet Technology	NB-IoT
WiFi Connection	DISCONNECTED
SSID	N.A.
Cell name	N.A.
Distance to BTS	N.A.
Cell ID	64239
eNodeB / CID	258 / 181
RNC / CID	1 / 603
TAC	10000
HCC	24
MNC	10
MME	152
FARCON	6216
Serving Carrier RSSI	-102.0 dBm
Serving SNR	8.1 dB
Received RSRQ	-4.0 dB
Serving RSRP	-107.0 dBm
Serving PCI	452
Detected RSRP	N.A.
Detected RSRQ	N.A.
Detected PCI	N.A.
EMM State	Registered
EMM Substate	normal service
Transmission Mode	N.A.



# Završni rad 3

Filip Ćubela FER: Analiza gušenja signala pri prijelazu iz otvorenih u zatvorene prostore u različitim frekvencijskim područjima namijenjenim mobilnim komunikacijama



TOTAL (OLD+NEW)	Band	Average RSRP (dBm)		
		Deep Indoor	Indoor	Outdoor
	band 7 (2600 MHz)	-118,31	-111,49	-99,98
	band 1 (2100 MHz)	-116,38	-110,09	-98,63
	band 3 (1800 MHz)	-110,15	-104,56	-93,92
	band 20 (800 MHz)	-100,35	-96,59	-86,52

REGION NEW	Band	Average RSRP (dBm)		
		Deep Indoor	Indoor	Outdoor
	band 7 (2600 MHz)	-112,14	-103,83	-95,00
	band 1 (2100 MHz)	-109,73	-102,21	-93,39
	band 3 (1800 MHz)	-102,56	-96,56	-87,92
	band 20 (800 MHz)	-93,54	-89,52	-80,65

REGION OLD	Band	Average RSRP (dBm)		
		Deep Indoor	Indoor	Outdoor
	band 7 (2600 MHz)	-122,48	-116,65	-103,33
	band 1 (2100 MHz)	-120,86	-115,40	-102,16
	band 3 (1800 MHz)	-115,27	-109,96	-97,96
	band 20 (800 MHz)	-104,94	-101,36	-90,47



**Hvala na pažnji!**

**alberto.tekovic@A1.hr**

[www.oiv.hr](http://www.oiv.hr)

iot@oiv.hr i prodaja@oiv.hr

+385 1 6186 000

# IoT baziran na LoRaWAN tehnologiji

**OIV** Digitalni signali  
i mreže

Slaven Božo

# OPĆENITO

- Trgovačko društvo s ograničenom odgovornošću u 100% vlasništvu RH i od posebnog interesa za RH
- **OSNOVANO 2002. (ODVAJANJEM OD HRT-a)**
  - preko 99 godina iskustva u odašiljanju radija
  - preko 69 godina iskustva u odašiljanju televizije
- **LJUDSKI POTENCIJALI**
  - 350 zaposlenika
  - 50% s višom/visokom naobrazbom
- **CERTIFIKATI**
  - ISO 9001 – Sustav upravljanja kvalitetom
  - ISO 14001 – Upravljanje okolišem
  - ISO 50001 – Energetska učinkovitost
  - OHSAS 18001 – Zdravlje i sigurnost na radu
  - ISO/IEC 20000 – Upravljanje IT uslugama
  - ISO/IEC 27001 – Informacijska sigurnost
  - Certifikat poslovne sigurnosti



# DJELATNOSTI I USLUGE

## ODAŠILJANJE

Zemaljsko – DVB-T2, FM, DAB+ eksperimentalno odašiljanje, Satelit (UPLINK/DOWNLINK)

## MREŽNE USLUGE

Najam veza (optička infrastruktura, digitalne mikrovalne veze, IP-MPLS, DWDM), projekt NP-BBI

## KOLOKACIJA

Kolokacija na OIV objektima

## CRONECT

Usluga prijenosa govora u svakodnevnim i **kritičnim situacijama** i prijenos podataka malih brzina

## MULTIMEDIJA

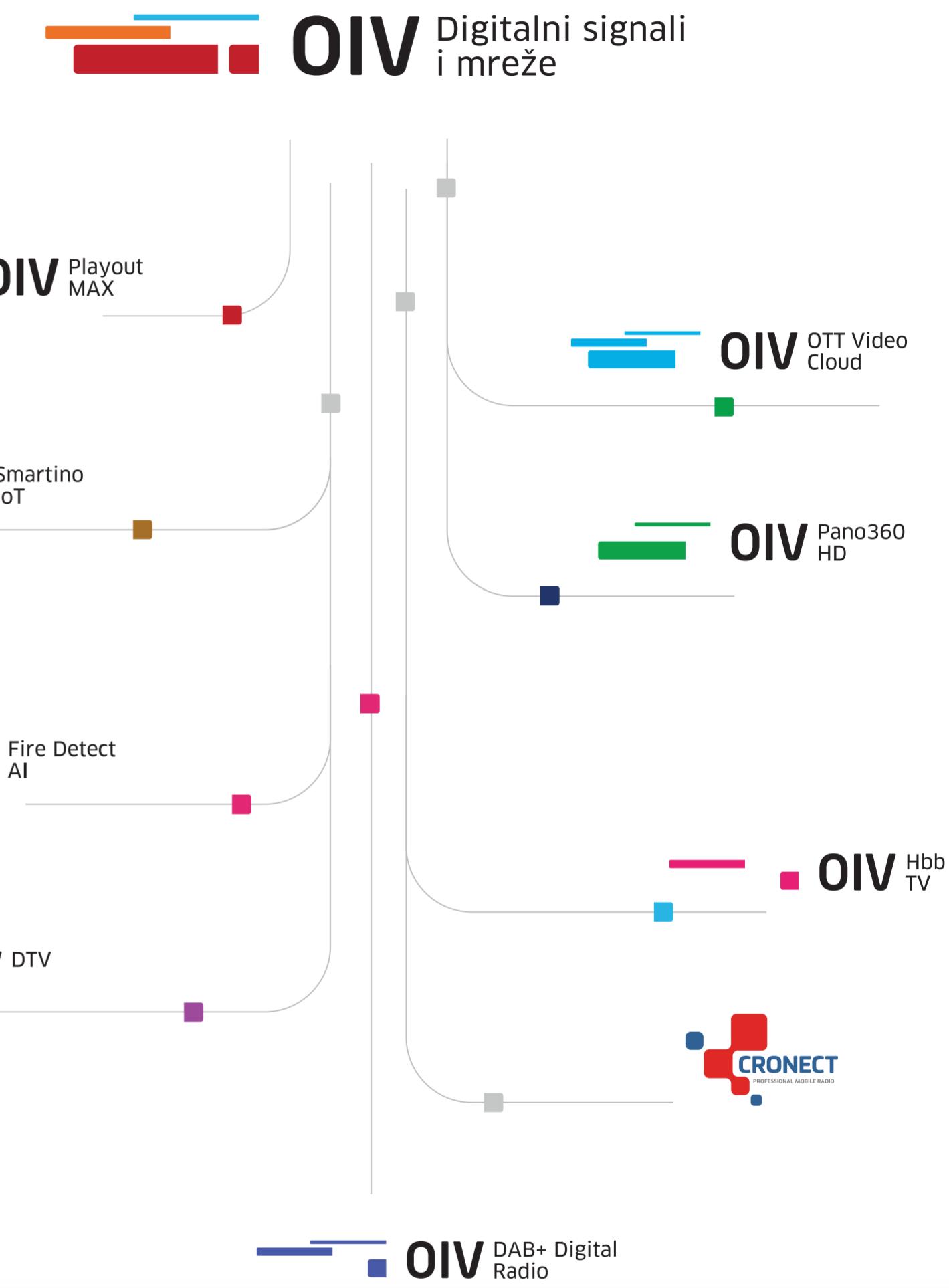
Playout, HeadEnd, OTT VideoCloud, HbbTV, HD kamere, **OIV Fire Detect AI**

## IoT i ITS

**Smart City usluge** (nadzor, mjerjenje, upravljanje i obrada podataka)

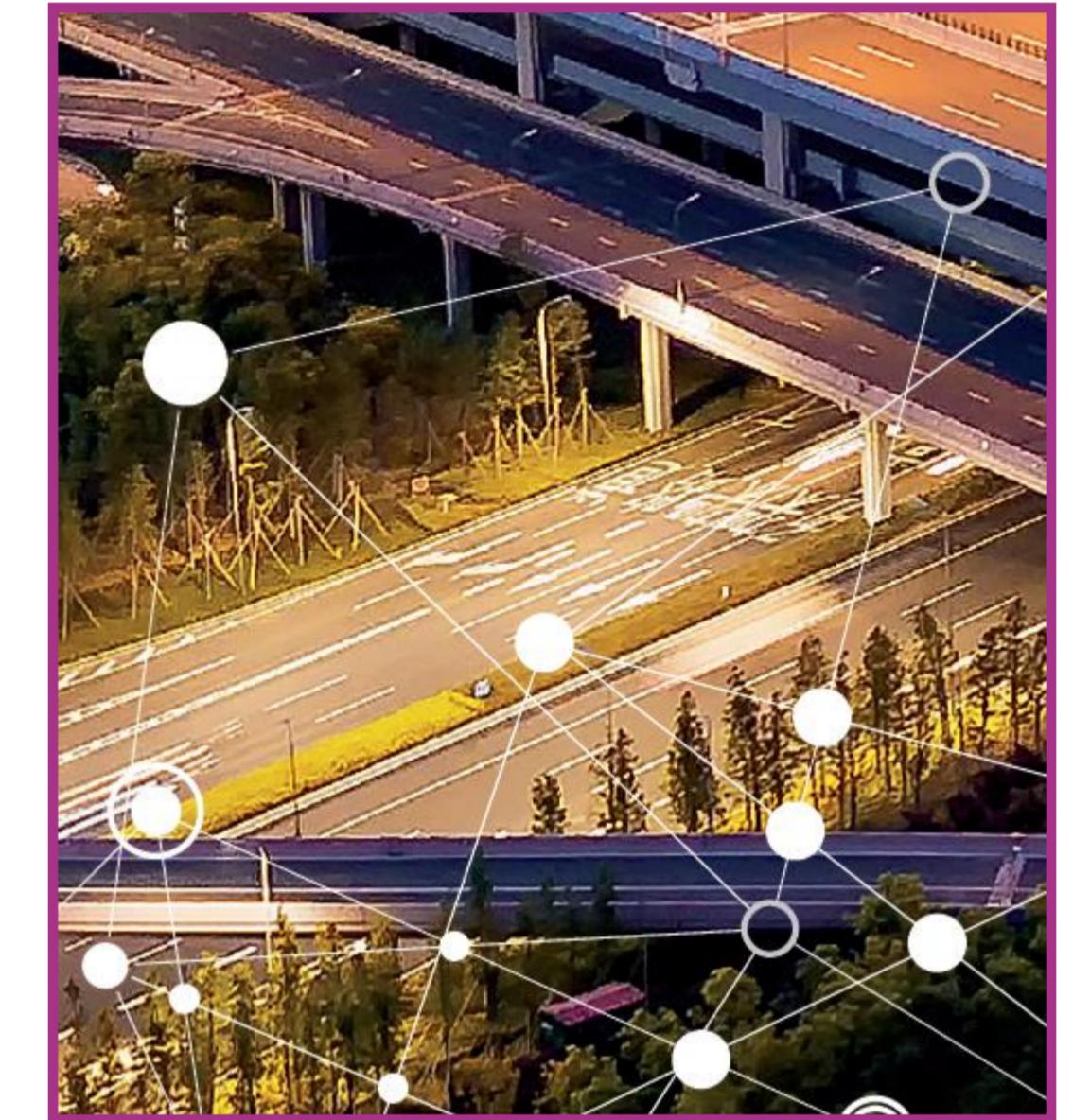
## PROFESIONALNE USLUGE

Projektiranje mreža i infrastrukture  
Montaža i **održavanje mreža**  
**Pomorska navigacija i komunikacija**

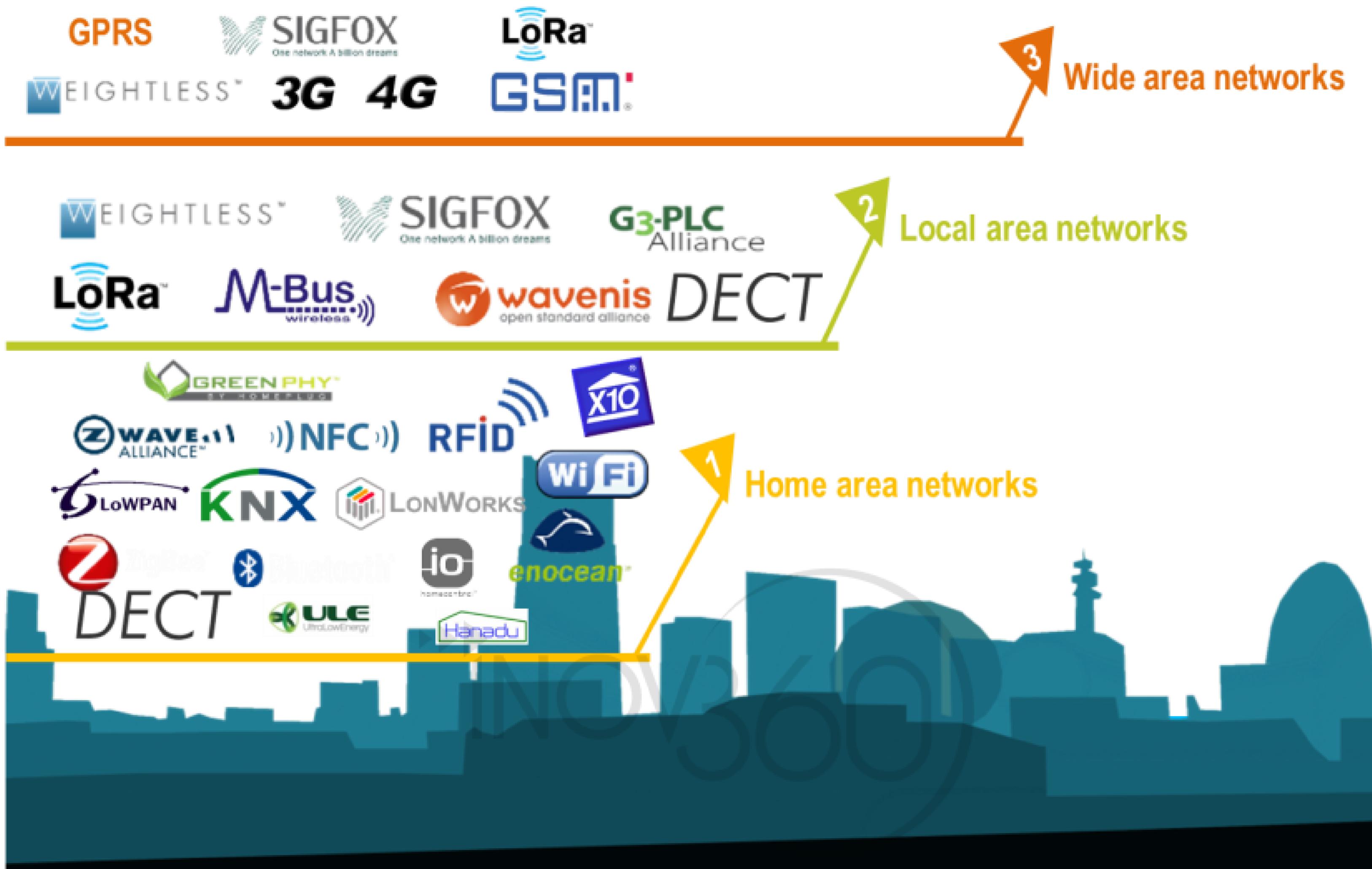


# IoT – Internet stvari

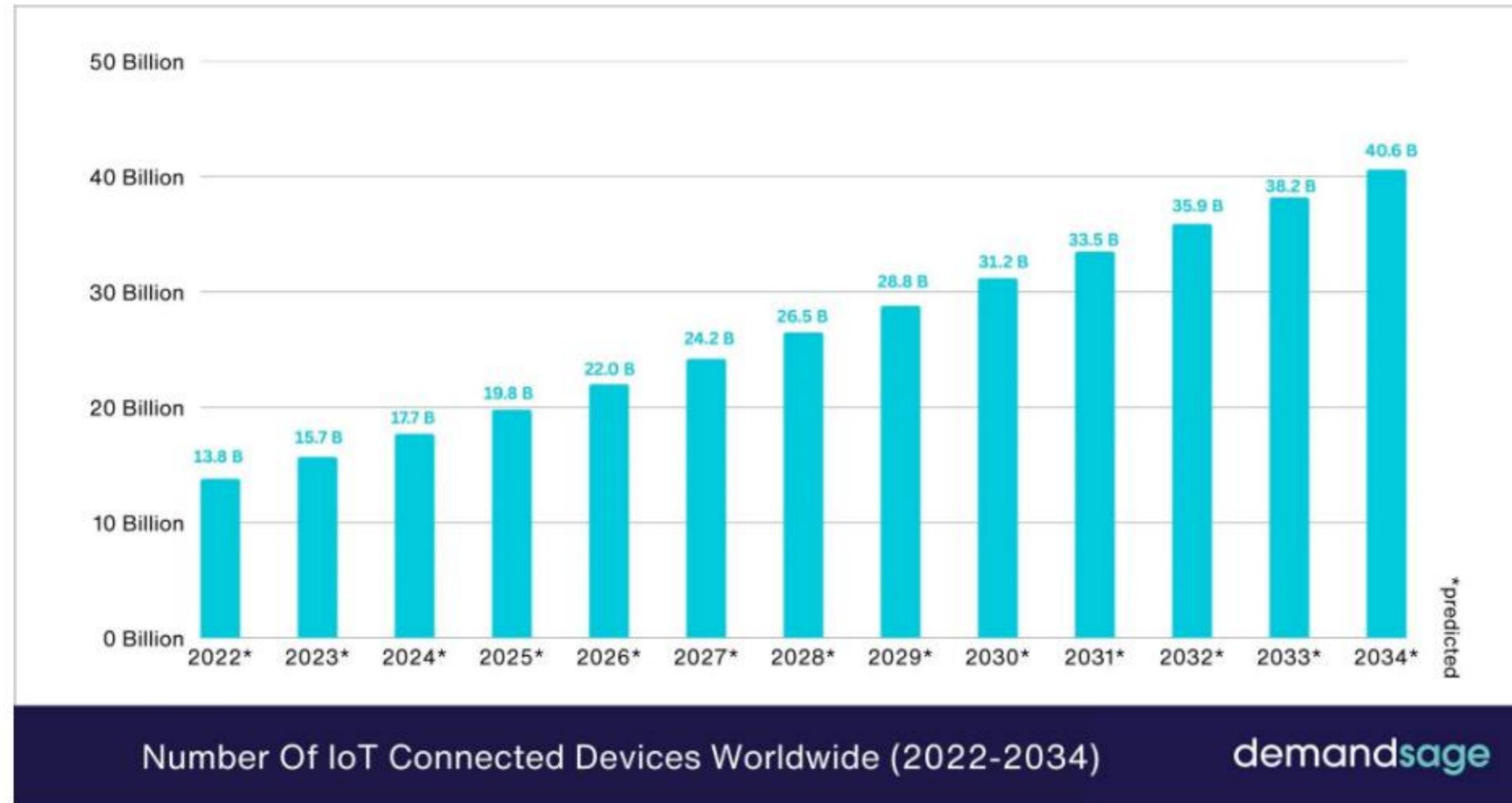
- **Internet stvari** („Internet of Things” - IoT) označava povezivanje uređaja putem Interneta
- Spajanje može biti bežično i omogućava interakciju s drugim sustavima
- Omogućava korištenje naprednih usluga
- **Masovna upotreba** - mreža omogućuje povezivanje stotine tisuća senzora
- IoT - danas daje viziju, sutra postaje stvarnost
  - edge computing
  - primjena AI za analizu podataka



## Presjek postojećih mreža



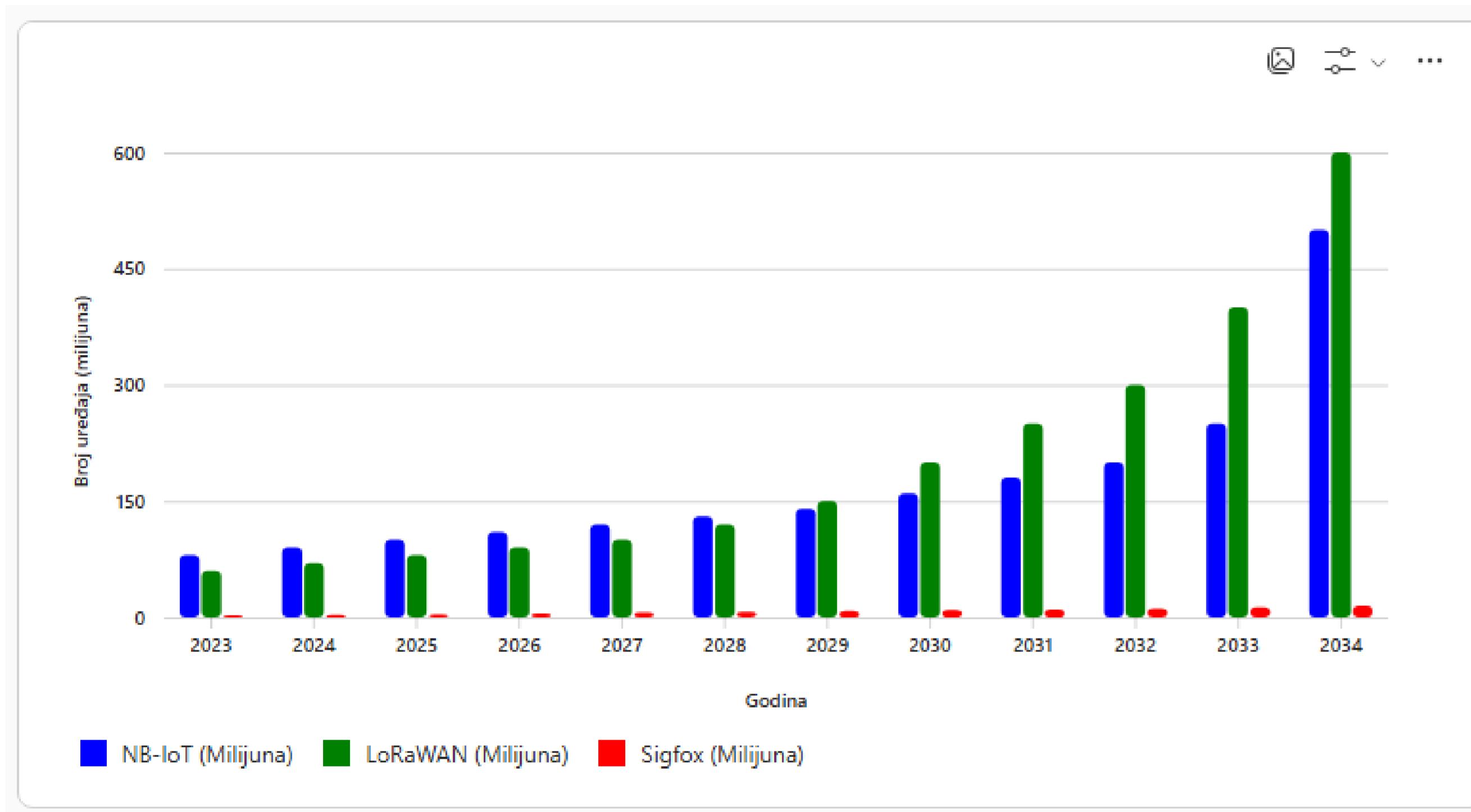
# Broj povezanih IoT uređaja u svijetu



- Ukupan broj IoT uređaja je preko 19 milijardi
- Godišnja stopa rasta IoT uređaja je oko 16%
- U IoT uređaje ulaze svi uređaji spojeni na Internet kao što su računala, mobiteli, vozila, zvučnici, pametni satovi,...

\* Izvor - [How Many IoT Devices Are There \[2025 Statistics\]](#)

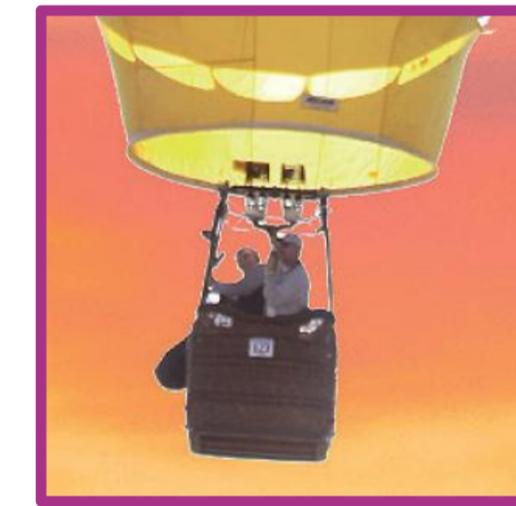
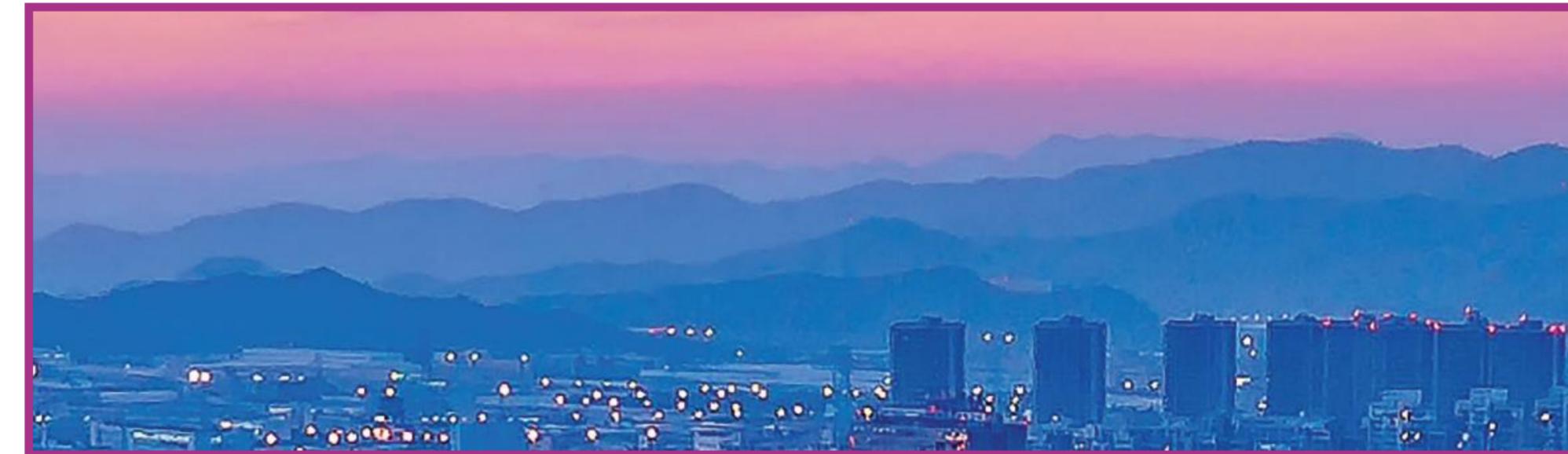
# Podjela prema tehnologijama za EU



- Broj LoRa uređaja trenutno je više od 400 mil. Globalno, odnosno više od 100 mil. U EU
- Broj LoRa i NB-IoT je podjednak s napomenom da broj uređaja na LoRa drži tržišni korak na području EU

# LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

- **LoRaWAN – Long Range Wide Area Network** - mreža za pokrivanje velikih područja
- Omogućuje efikasnu, mobilnu, dvosmjernu komunikaciju između uređaja za **IoT, M2M, Industrija 4.0...**
- **LPWAN mreža – Low Power Wide Area Network** - mreža s niskom potrošnjom koja je dizajnirana tako da omogućava dugotrajnu komunikaciju pri maloj brzini prijenosa između IoT, kao što su senzori na bateriju
- **LoRaWAN** je jedna od najbrže rastućih IoT tehnologija
- **> 400 miliona IoT uređaja** na LoRaWAN u svijetu

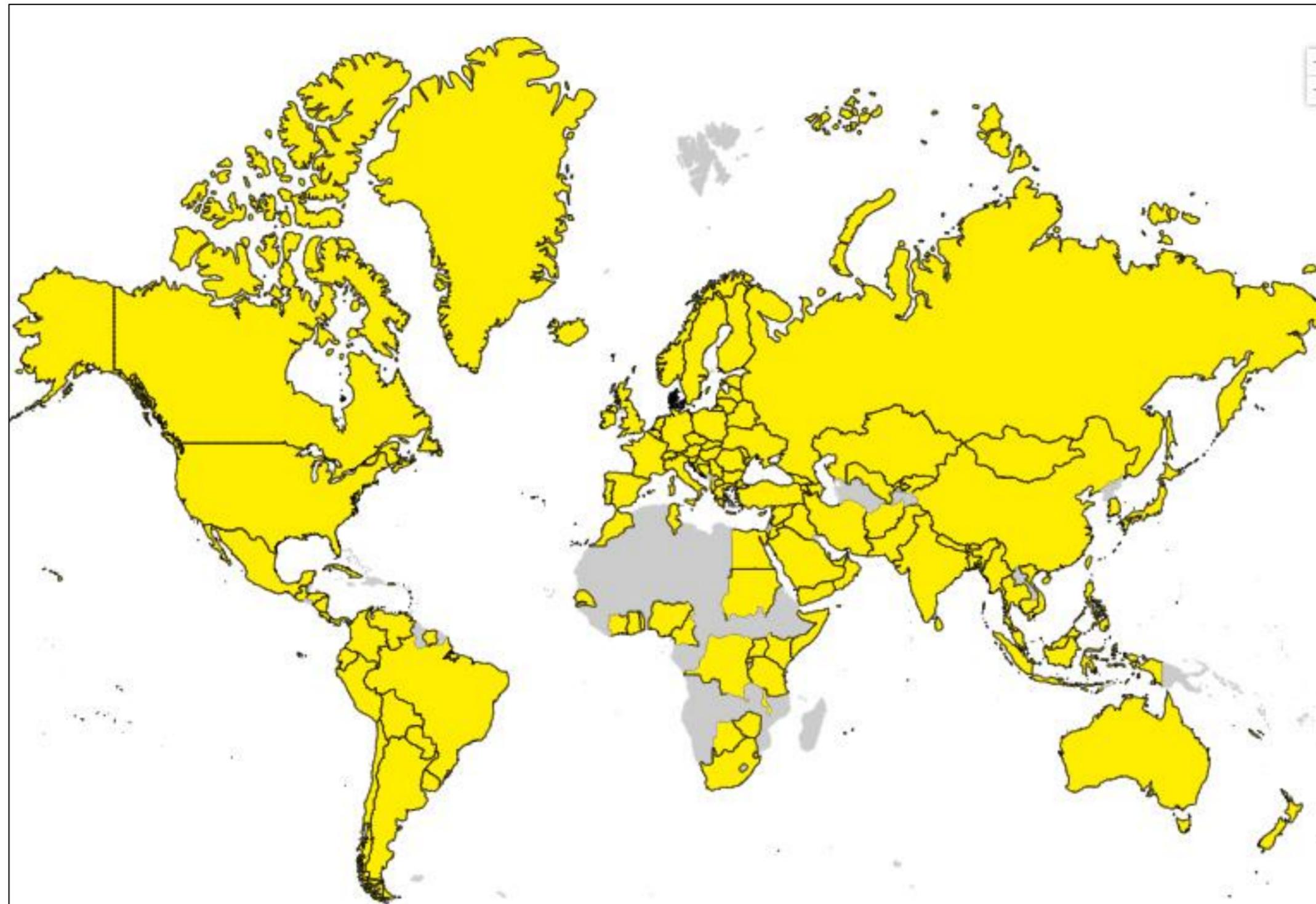


## LoRa Alliance i ostali mrežni operatori

- LoRa Alliance – više od 500 tvrtki uključenih u razvoj LoRaWAN

181

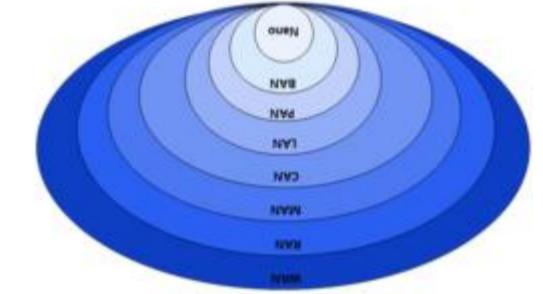
mrežna operatora



- LoRa Alliance dokumenti:  
LoRaWAN™ 1.1 Specification  
LoRaWAN™ 1.1 Regional Parameters  
Popis certificiranih uređaja

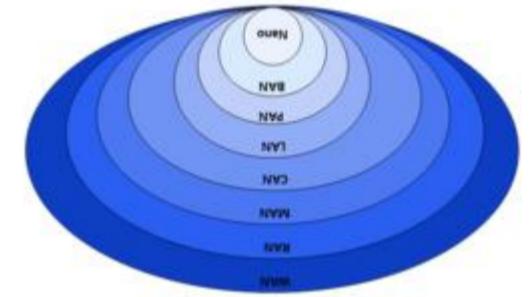
# LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

- **LoRaWAN - Otvoreni standard** omogućuje svima razvoj vlastitih senzora i aplikacija
- **Visoka energetska efikasnost** - uređaji mogu raditi dulje od 10 godina autonomno (LPWAN)
- **Adaptivna modulacija** povećava energetsku efikasnost uređaja
- **Mala izlazna snaga** uređaja 25mW
- **Relay mode rada**
- **IoT mreža** – povezivanje preko 50km ako postoji optička vidljivost
- Visoka prodornost kroz zidove i ispod razine zemlje
- **Jednosmjerna i dvosmjerna komunikacija**
- **Brzine prijenosa** od 0,3 kbit/s do 50 kbit/s.
- **Sigurnost** - kriptirani podatci na prijenosnoj mreži AES-128 bitna
- Radi u frekvencijskom području 868MHz (EU)



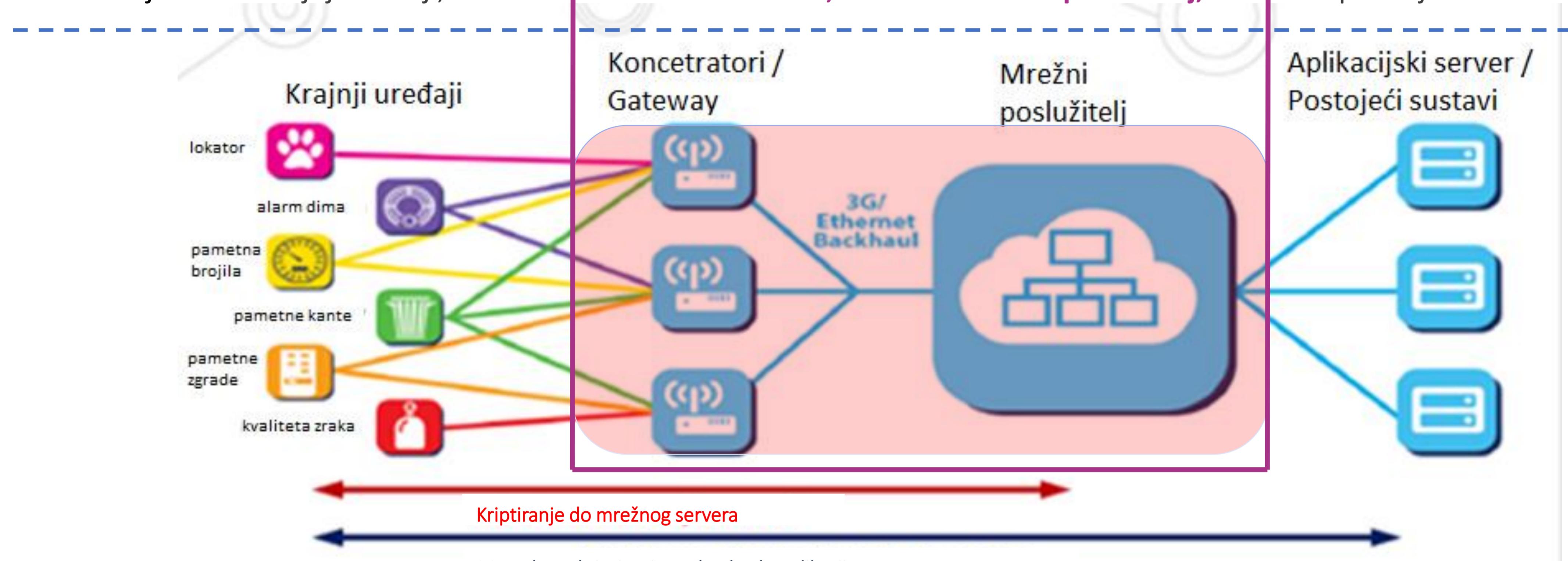
# LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

- Pristup mreži ABP ili OTAA (OTAA je sigurnija u pogledu izmjene ključeva)
- Opcija slanja Multicast poruka
- FUOTA - Firmware Update Over The Air (FUOTA)
- ALCSync – sinkronizacija vremena na krajnjem uređaju
- LoRaWAN gelokacija:
  - TDOA – Time Difference of Arrival
  - RSSI – Received Signal Strength Indicator
- Roaming podrška
- Antena na krajnjem uređaju – bitna je kvalitetna antena da se mogu postići velike udaljenosti i mala razina šuma



# SASTAVNI DIJELOVI

Sastavni dijelovi: 1. Krajnji uređaji,



## LoRaWAN – klase uređaja

Klasa uređaja	OPIS	NAPOMENA
A	Uređaj šalje podatke u bilo kojem vremenskom trenutku i nakon slanja prijamnik je uključen 1-2 sekunde u kojem dobiva potvrdu i/ili naredbu od mrežnog servera. Rad može biti Tx1/Rx1 (SF isti) ili Tx1/Rx2	Najčešća upotreba na baterije i omogućava visoku energetsku efikasnost
B	Uređaj šalje podatke u točno određenom vremenu i sinkronizira rad s mrežnim serverom	Trenutno se koristi samo u Japanu (mali broj uređaja na tržištu)
C	Prijemnik je stalno uključen i može mu se poslati naredba u bilo kojem trenutku	Nužan stalni izvor napajanja zbog povećane potrošnje

# Frekvencijska područja / adaptivna modulacija

## Osnovna frekvencijska područja:

Frekvencija (MHz)	Tx/Rx	Tx	DR	BW (kHz)
868,1	Rx1 (Tx=Rx)	1=14dBm 2=11dBm 3=8dBm 4=5dBm 5=2dBm	DR0-DR5 (0,3-5kbps) (SF12-SF7)	125
868,3				
868,5				
869,525	Rx2		DR0 (SF12)	125

## Dodatni frekvencijski kanali:

867.1, 867.3, 867.5, 867.7, 867.9MHz (5 kanala)

Moguće je proširiti i na veći broj kanala u ostalim frekvencijskim blokovima.

## Adaptivna modulacije (SF, RSSI, SNR):

Data rate (DR)	SF	BW (kHz)	bps	Max payload (bytes)	Time on air max (20bytes)	Osjetljivost prijamnika (dBm)
0	12	125	292	51 (20)	1910ms (1090)	-137
1	11	125	537	51 (20)	1036ms (627)	-134
2	10	125	976	51 (20)	560ms (313)	-132
3	9	125	1757	115 (20)	608ms (177)	-129
4	8	125	3125	222 (20)	610ms (88)	-126
5	7	125	5468	222 (20)	340ms (49)	-123
6	7	250	11000	222 (20)	173ms	-120
7	FSK	-	50000	222	-	-108

SNR za SF7- SF12 minimalno -20dB

Time on air ovisi o veličini paketa

## SNR / SF / % vremena

SNR Signal to noise ration – omjer signal/šum

SF – Spreading factor – faktor raspršenja

% vremena i vrijeme transmisije

SF	SNR (dB)	RSSI (dBm)
7	-7,5	- 123
8	-10	- 126
9	-12,5	- 129
10	-15	- 132
11	-17,5	- 134
12	-20	- 137

Postotak vremena	Maksimalno vrijeme transmisije u 1h
<= 0,1%	3,6 sekundi
<= 1%	36 sekundi
<= 10%	360 sekundi

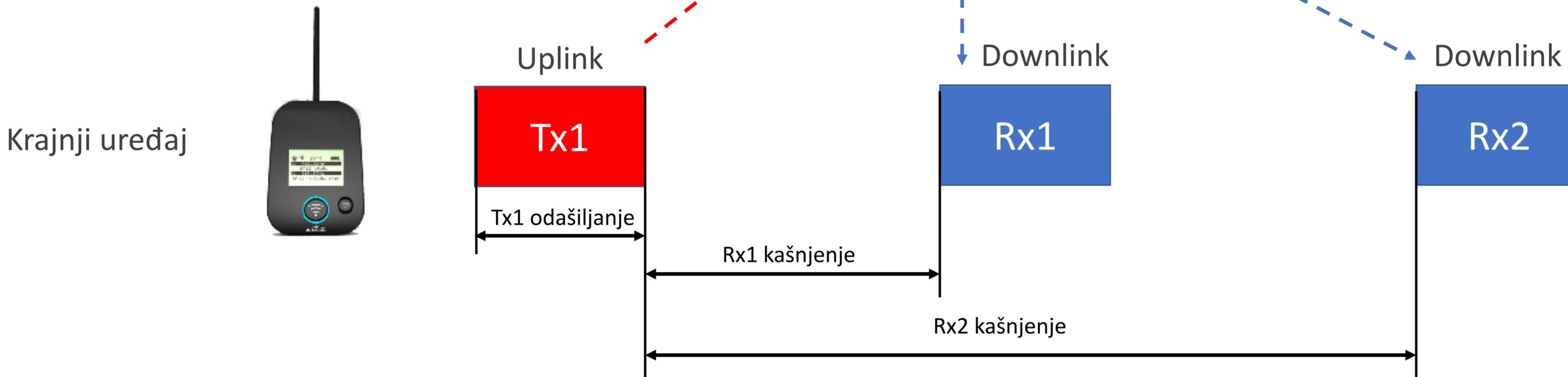
Opcija korištenja LBT i AFA

LBT – Listen Before Talk

AFA – Adaptive Frequency Agility

## Tx1 – Rx1 – Rx2

A – klasa uređaja



Tx1	Rx1	Rx2
Frekvencijski kanal sa SF7-SF12	Isti frekvencijski kanal sa SF7-SF12 kao što je bio Tx1	Rx2 koristi fiksni frekvenciju 869,525MHz i SF12

# Normativno okruženje

## ■ ERC Recommendation 70-03 (11 February 2022)

Frequency Band		Power / Magnetic Field	Spectrum access and mitigation requirements	Modulation / maximum occupied bandwidth	ECC/ERC Deliverable	Notes
<b>h1.0</b>	863-870 MHz (note 2)	25 mW e.r.p.	≤ 0.1% duty cycle (note 1)	≤ 100 kHz for 47 or more hop channels		FHSS. Parts of the frequency band are also identified in Annexes 2, 3, 10 and 11
<b>h1.1</b>	865-868 MHz	25 mW e.r.p.	≤ 1% duty cycle (note 1)	≤ 50 kHz for 58 or more hop channels		FHSS. The frequency band is also identified in Annexes 2, 3 and 11
<b>h1.2</b>	863-870 MHz (note 2)	25 mW e.r.p. -4.5 dBm/100 kHz	≤ 0.1% duty cycle or LBT+AFA	Not specified		Non-FHSS. Parts of the frequency band are also identified in Annexes 2, 3, 10 and 11
<b>h1.3</b>	863-865 MHz	25 mW e.r.p.	≤ 0.1% duty cycle or LBT+AFA	Not specified		The frequency band is also identified in Annexes 3 and 10
<b>h1.4</b>	865-868 MHz	25 mW e.r.p.	≤ 1% duty cycle or LBT +AFA	Not specified		The frequency band is also identified in Annexes 2, 3 and 11
<b>h1.5</b>	868-868.6 MHz	25 mW e.r.p.	≤ 1% duty cycle or LBT +AFA	Not specified		
<b>h1.6</b>	868.7-869.2 MHz	25 mW e.r.p.	≤ 0.1% duty cycle or LBT+AFA	Not specified		

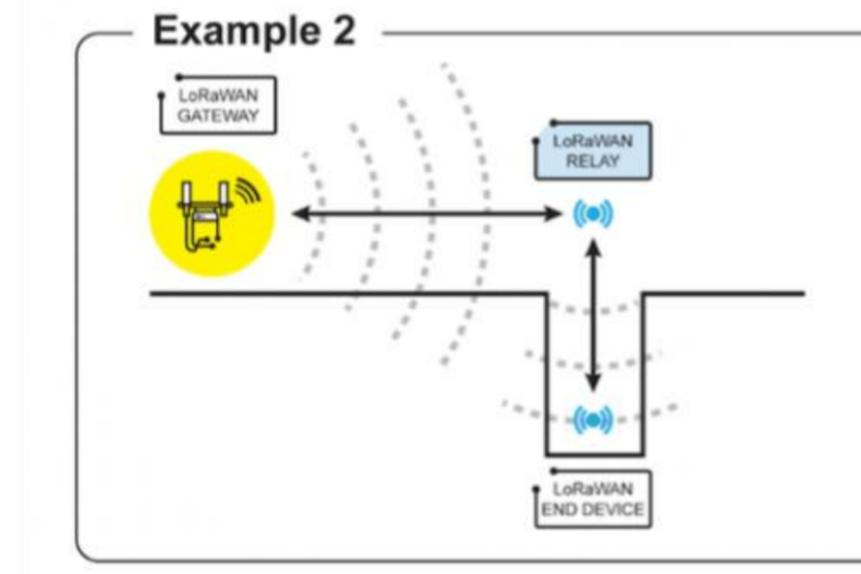
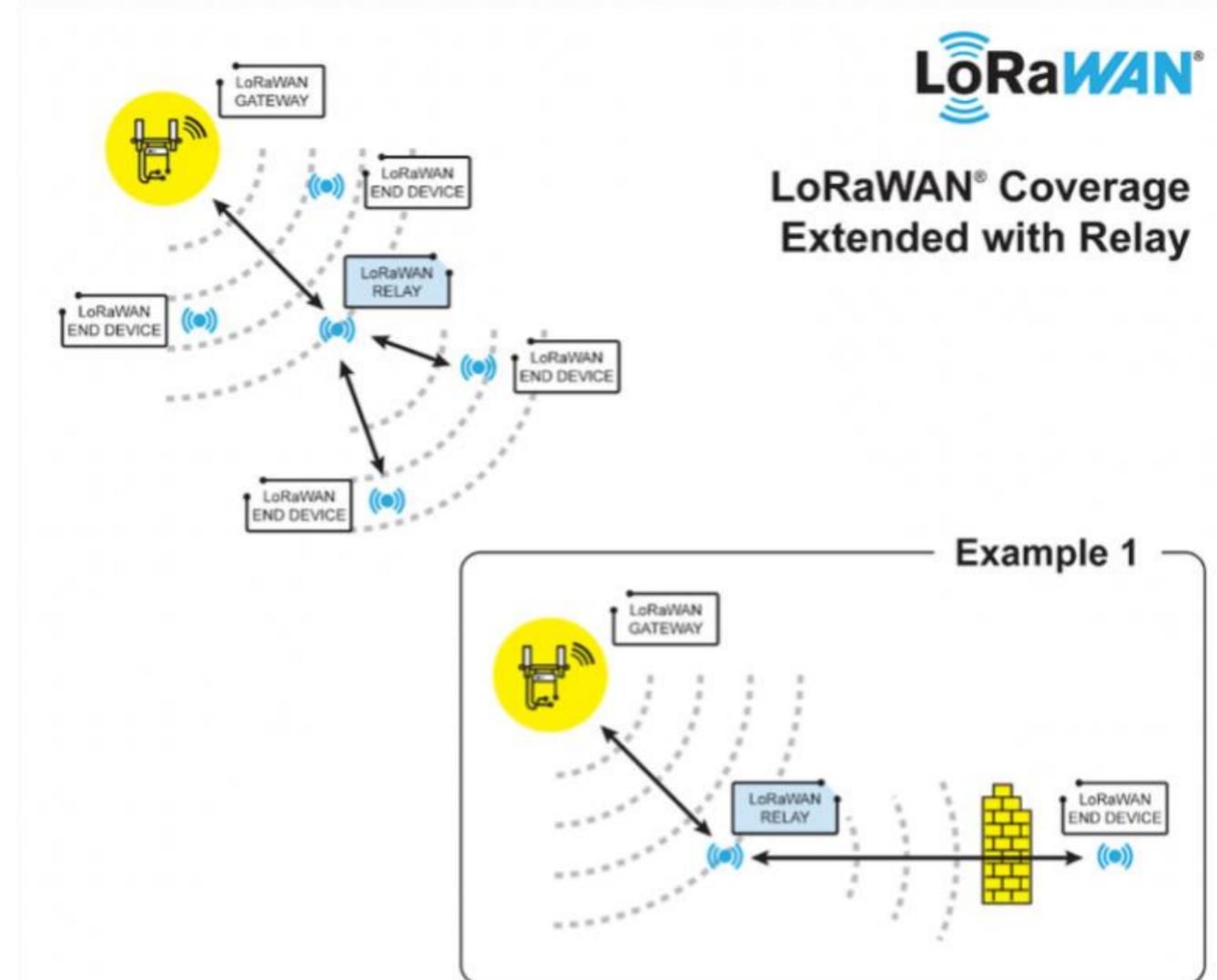
Note 2: Frequency bands for alarms (see Annex 7) are excluded.

# Relay mode



LoRaWAN® Coverage  
Extended with Relay

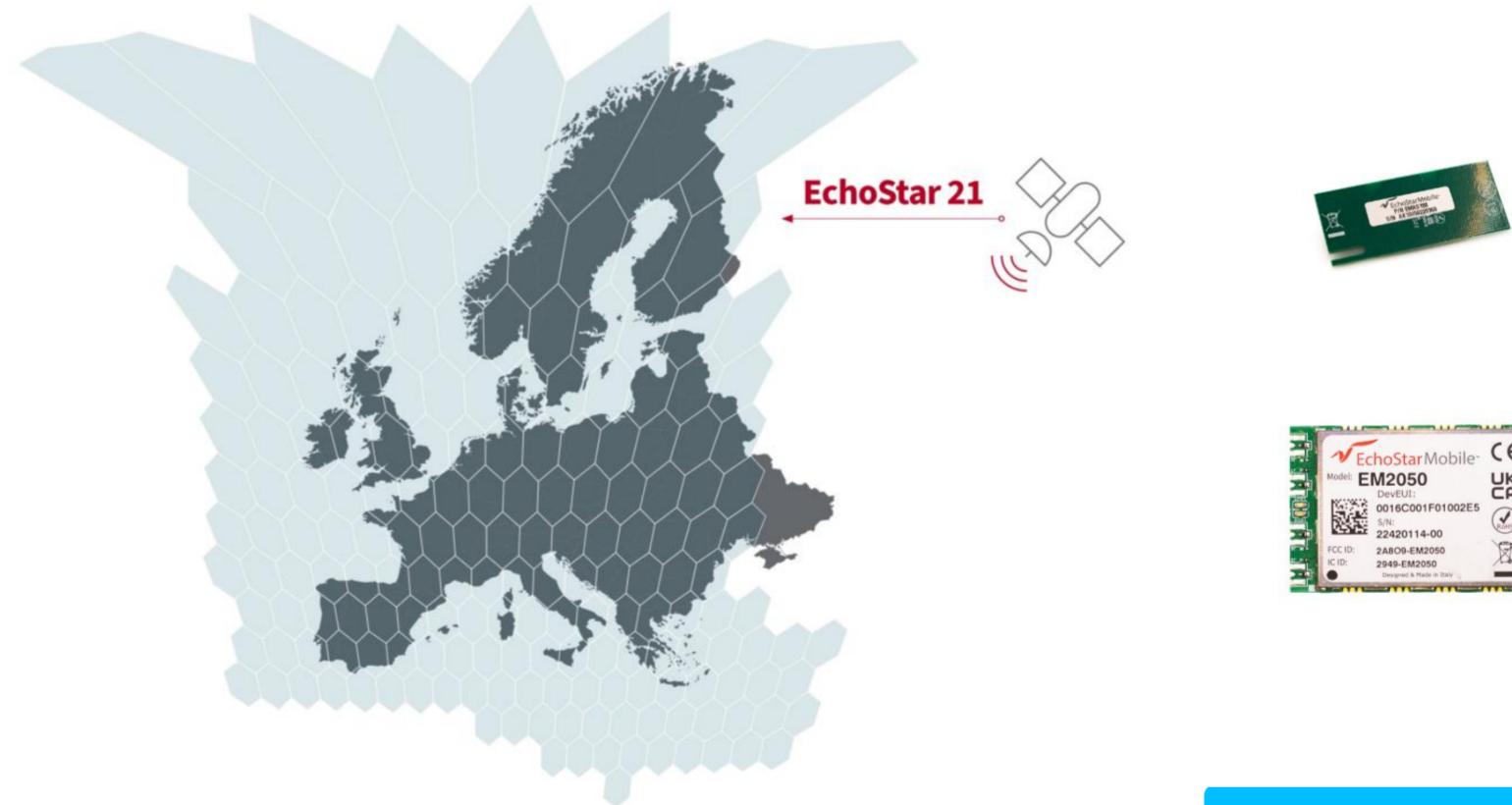
- Relay (relej) je LoRaWAN uređaj koji može primati poruke od drugih krajnjih uređaja i prosljeđivati ih prema baznoj stanici
- **Proširenje pokrivenosti** u područjima gdje je signal slab (npr. podrumi, metalni ormari, udaljene lokacije)
- **Kako Relay radi?**
  - Wake-on-Radio (WOR)
  - Channel Activity Detection (CAD)
  - Relay može služiti do 16 krajnjih uređaja



LoRa Alliance® and LoRaWAN® are registered trademarks, used with permission.

# LoRaWAN na satelitu

- **Povezivanje preko GEO ili LEO satelita**
- **Lancuna Space (LEO)**
  - Omogućuje nekoliko poruka dnevno (trenutno)
  - Komunikacija direktno na satelit s krajnjeg uređaja
  - Relay uređaj (LoRaWAN to Relay on satellite)
- **EchoStar (GEO)**
  - Omogućuje više poruka dnevno
  - Opcija s Chipom ili Relay uređajem na S-band
  - Chip ima radijsku komunikaciju LoRaWAN i S-band
  - Relay prenosi podatke na S-band (2GHz)



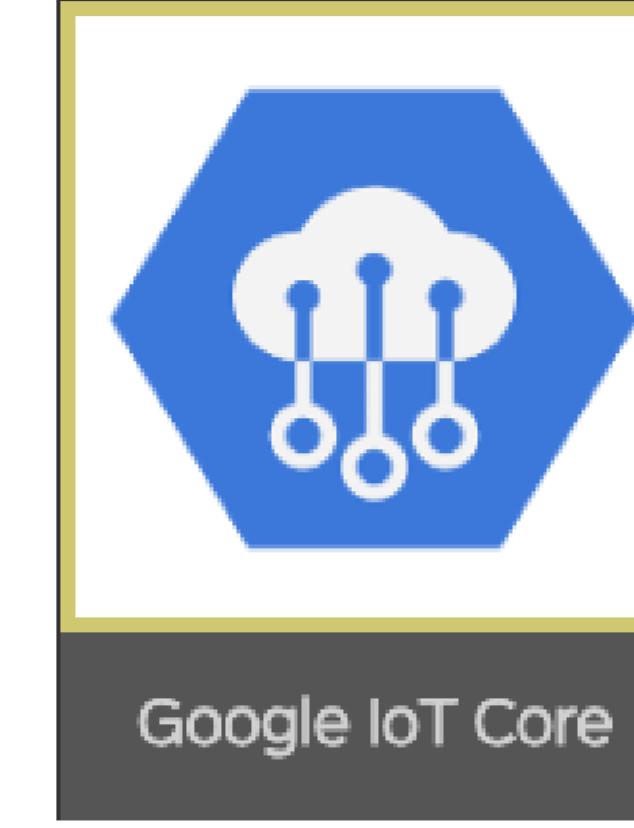
## Aplikacijski pristup (+postojeće)



IBM Bluemix IoT  
Foundation



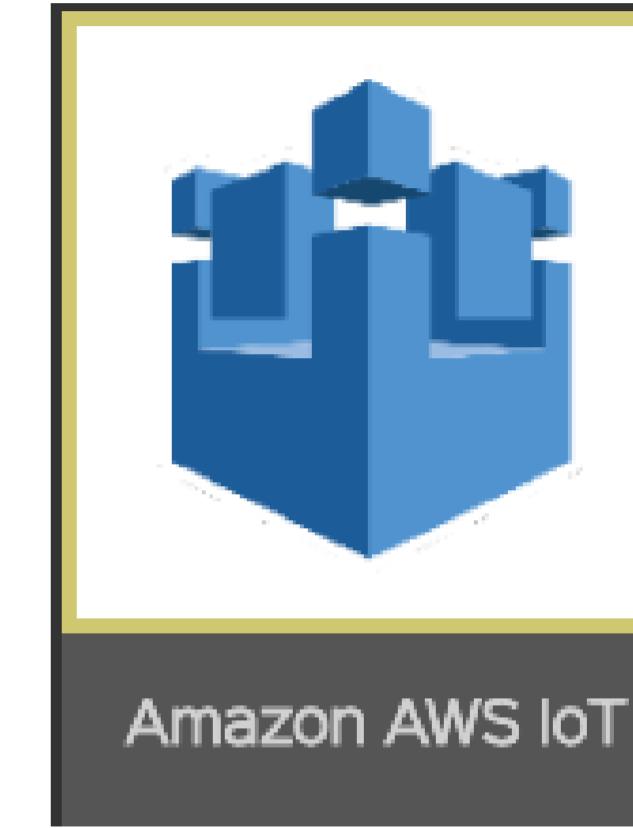
Azure IoT Hub



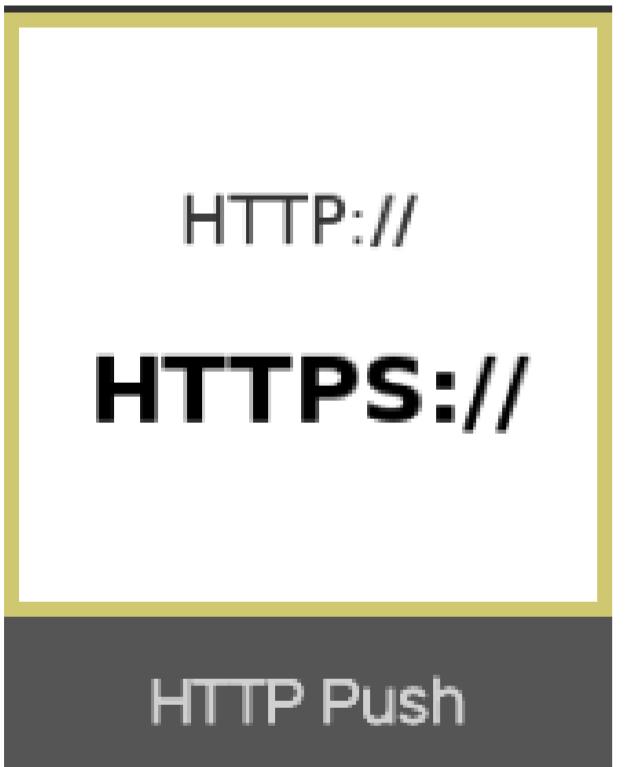
Google IoT Core



MQTT

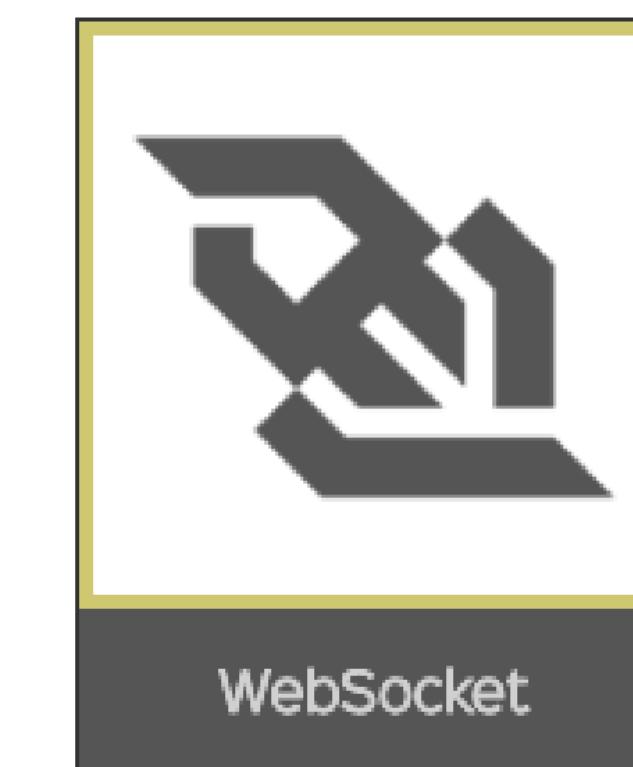


Amazon AWS IoT



HTTP://  
**HTTPS://**

HTTP Push



WebSocket



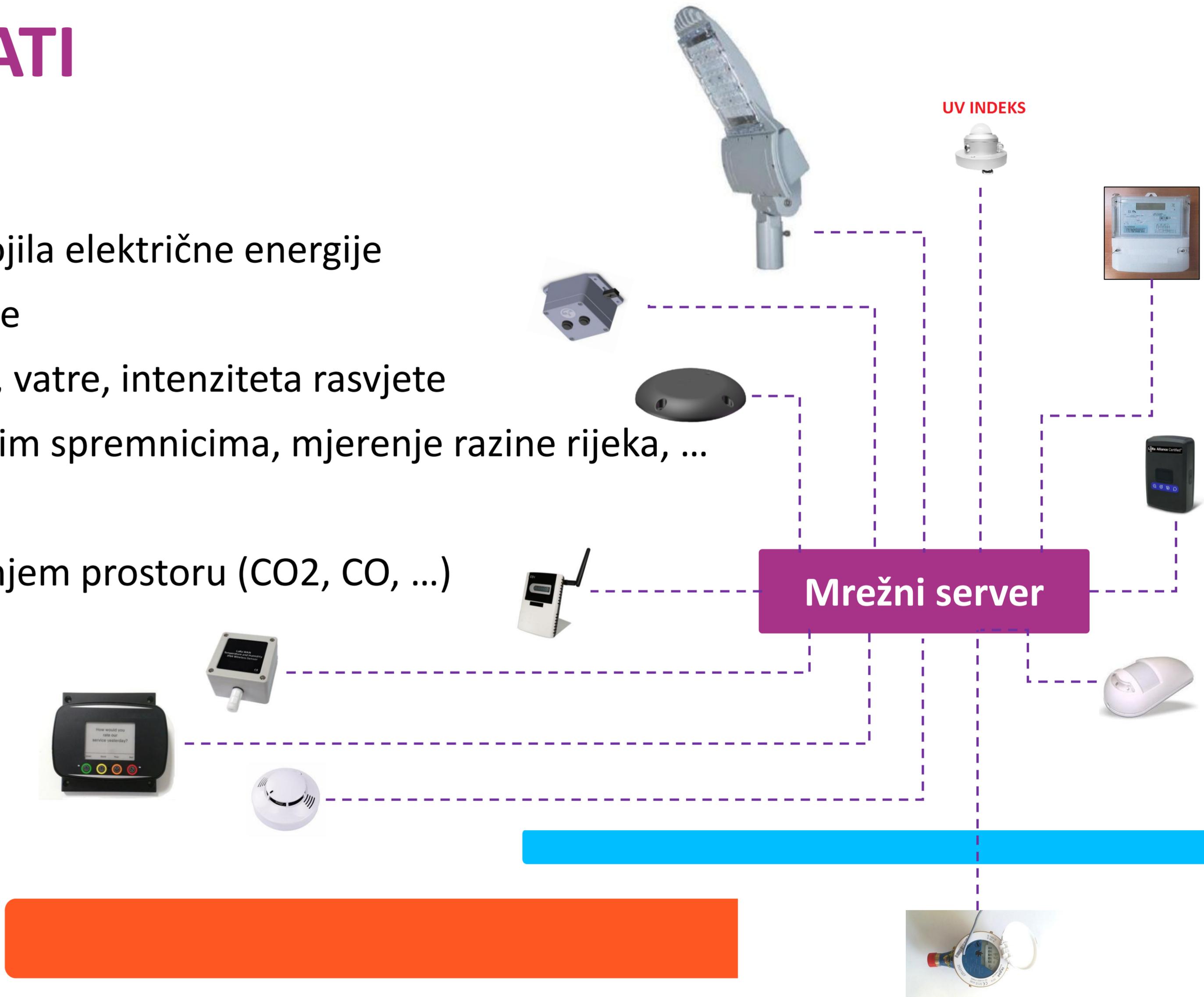
TLS Socket

+ mogućnost adaptacije na postojeće  
aplikacijske sustave



# ŠTO SE SVE MOŽE POVEZATI

- Daljinsko očitanje vodomjera, plinomjera, brojila električne energije
- Upravljanje i nadzor sustavom vanjske rasvjete
- Mjerenje razine buke, detektori pokreta, dim, vatre, intenziteta rasvjete
- Senzori za parkirališta, količine otpada u velikim spremnicima, mjerenje razine rijeka, ...
- Detekcija otvorenih šahtova
- Mjerenje kvalitete zraka u vanjskom i unutarnjem prostoru (CO<sub>2</sub>, CO, ...)
- Mjerenje temperature, vlage, tlaka,
- Senzor za izražavanje zadovoljstvo građana



# JADRANSKO MORE

- Povezivanje plinske platforme na Jadranu



# JADRANSKO MORE

- Praćenje bova za sigurnost plovidbe
- 25/26.09.2022



# JADRANSKO MORE

- Bove za ribolovne alate



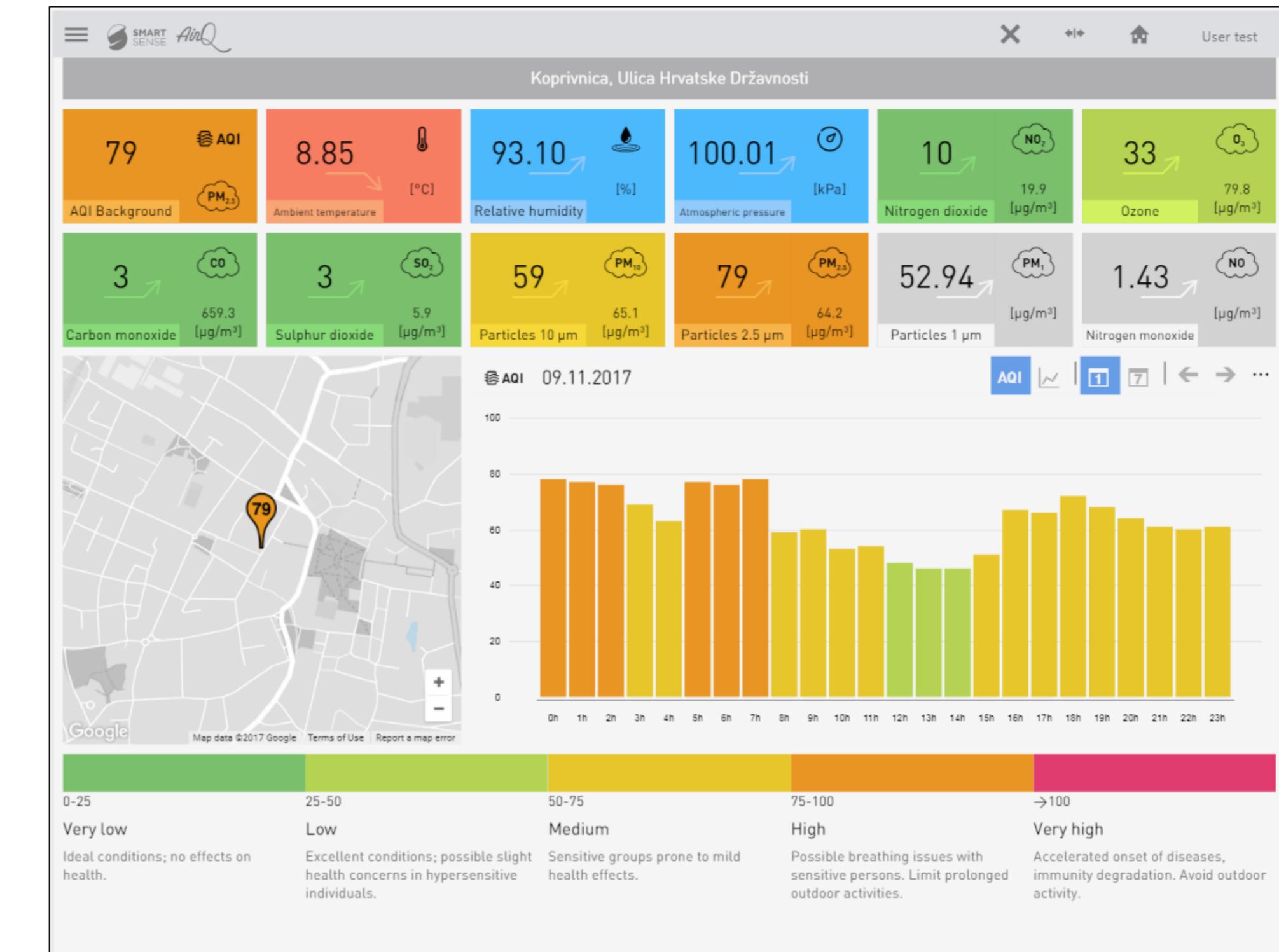
# OIV PRIMJERI

## Aplikacijski prikaz (mjerjenje svakih 5 minuta)

### Mjerenje vanjske kvalitete zraka

#### PRIMJENA:

- Mjerenje kvalitete zraka uz prometnicu i detektiranje kritičnih razina onečišćenja
- NO, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> lebdeće čestice: PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub>, senzori temperature, vlage i tlaka zraka....



## Primjer ugradnje na lokaciji

### Detekcija otvorenih šahtova

Primjena:

- Detekcija otvorenih šahtova i alarmiranje u slučaju da je šaht otvoren na prometnici
- Praćenja otvaranja svih tipova šahtova na prometnici ili telekomunikacijske opreme
- Visoka IP zaštita



## Aplikacijski prikaz

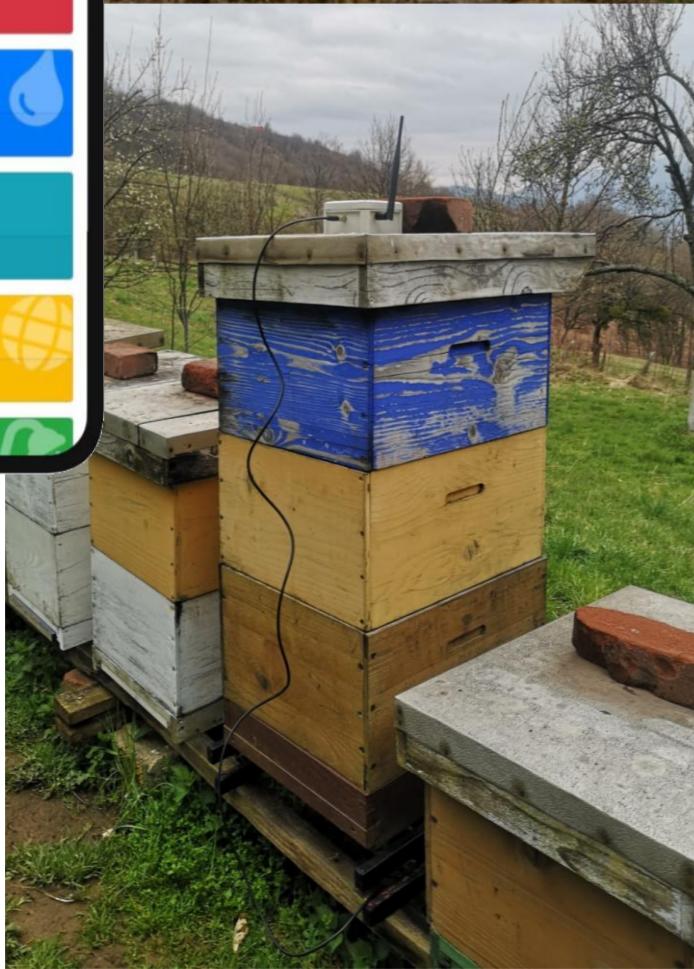
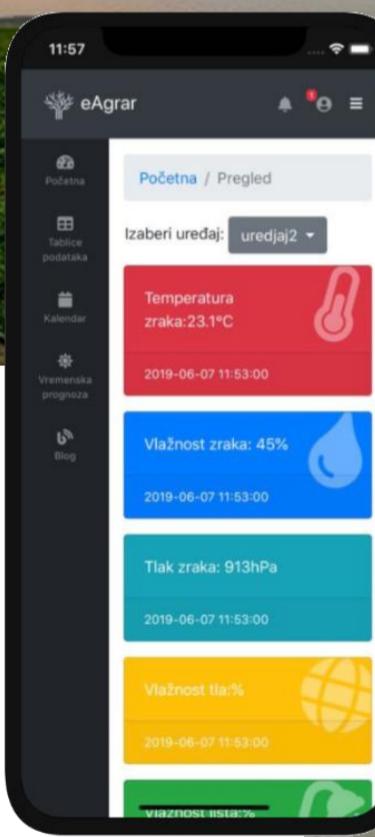
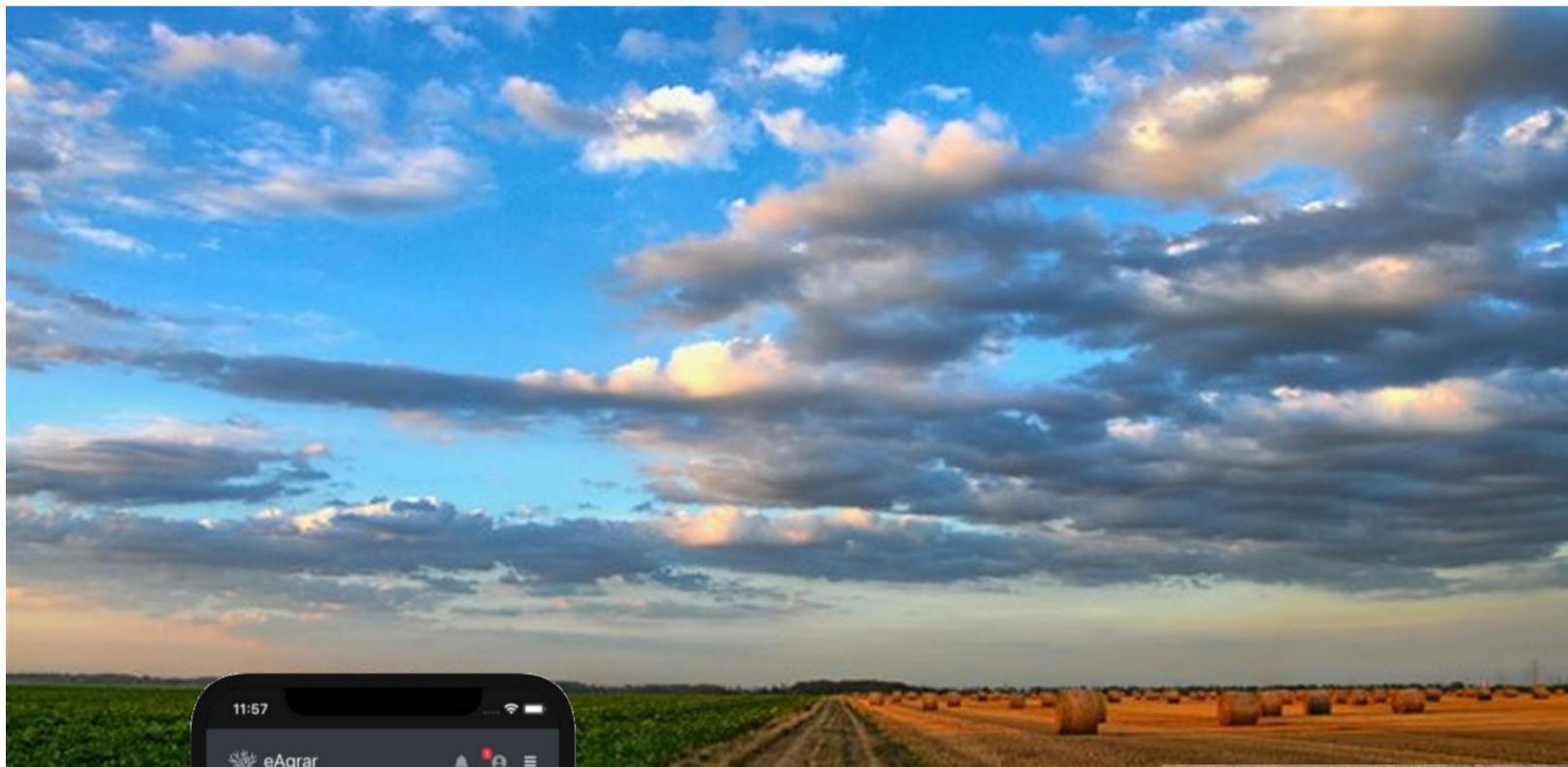
### Mjerenje potrošnje javne rasvjete/sustava/drugih korisnika

Primjena:

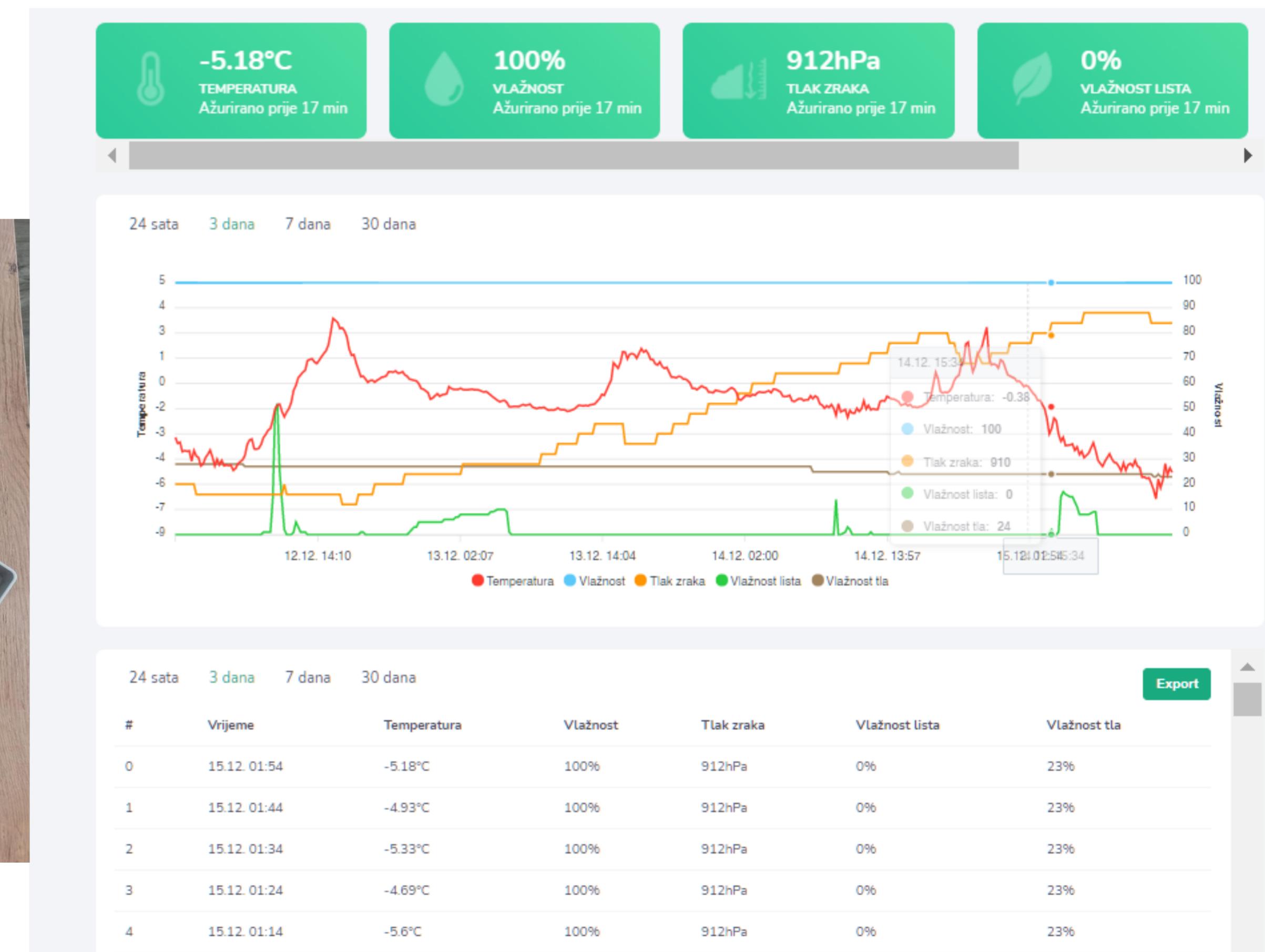
- Kontrola potrošnje el. energije 1F/3F
- Praćenje promjene potrošnje i detekcija anomalija u radu
- Slanje podataka o potrošnji svakih 15 minuta / 1 h



# Centralna aplikacija za prikupljanje podataka i analizu



- Analiza podataka korištenjem naprednih logaritama  
<https://eagrар.eu/zavizan/>



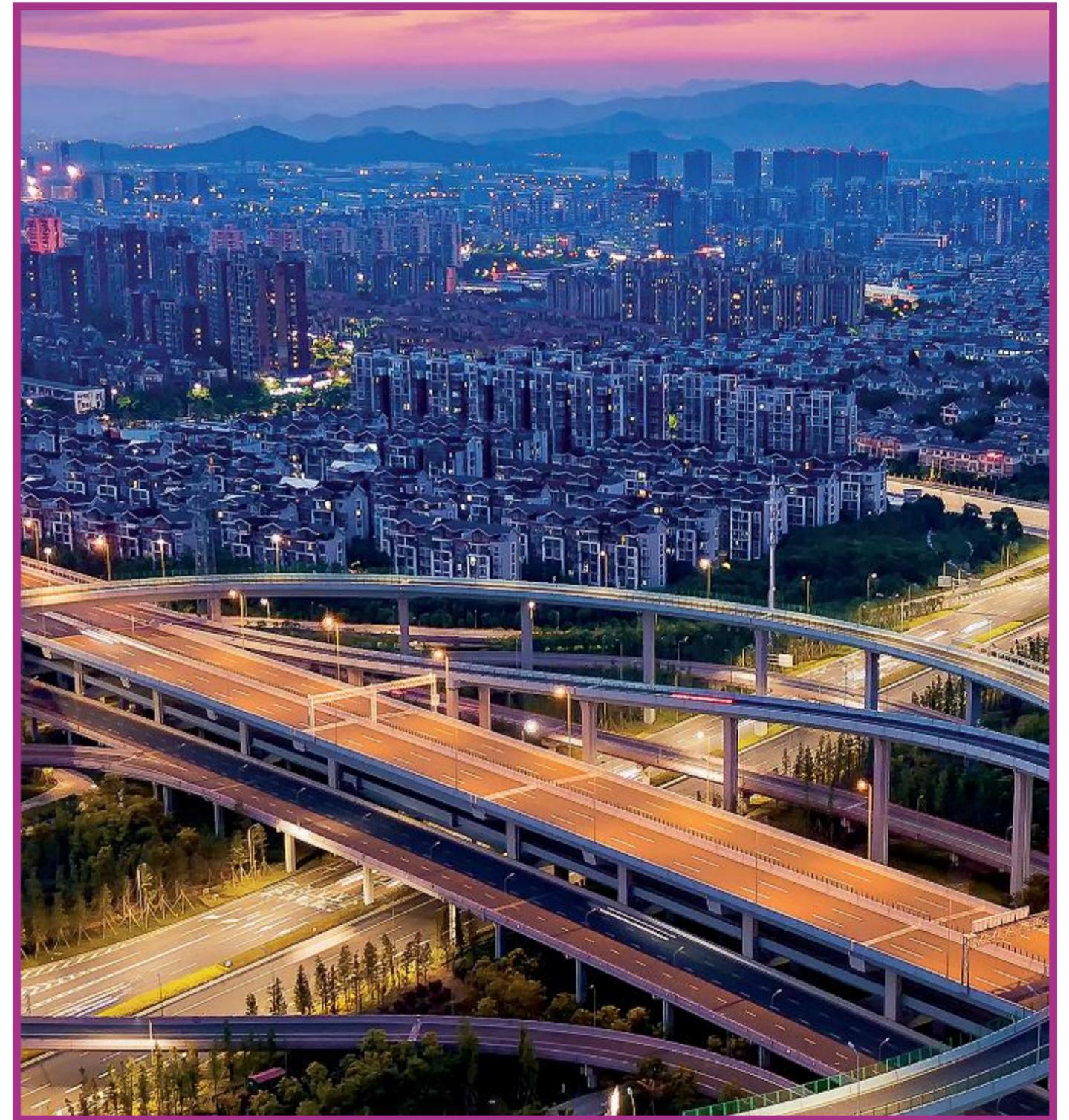
# OIV DEMO CENTAR

- Ispitivanje različitih razvojnih uređaja
- Demo prikazuje stvarna očitanja i mjerena s IoT uređaja

The screenshot shows a web-based application titled "OIV LoRaWAN DEMO". The left sidebar lists categories: POČETNA, SENZORI (with sub-options: Temperatura i vlaga, CO2/CO, Senzor za smeće, Vodomjer, Mjerenje udaljenosti, LoraWan signal, GPS tracker, Parking senzor, UV senzor, Plinomjer), and OIV Smartino IoT. The main area displays nine cards, each representing a different sensor module:

- Temperatura i vlaga: Shows a small image of a grey rectangular device.
- CO2/CO: Shows a small image of a white rectangular device.
- Senzor za smeće: Shows a small image of a black circular device.
- Vodomjer: Shows a small image of a blue cylindrical device.
- Ultrazvučno mjerenje udaljenosti: Shows a small image of a grey rectangular device.
- LoraWan signal: Shows a small image of a black handheld device.
- GPS tracker: Shows a small image of a black cylindrical device.
- Parking senzor: Shows a small image of a grey cylindrical device.
- UV senzor: Shows a small image of a circular device with a colorful UV logo.
- Plinomjer: Shows a small image of a grey cylindrical device.
- Senzor N: Shows a small image of a grey atom-like icon.
- Senzor N: Shows a small image of a grey atom-like icon.

Each card includes a "Prikaži podatke" button.



[www.oiv.hr](http://www.oiv.hr)

iot@oiv.hr i prodaja@oiv.hr

+385 1 6186 000

**OIV** Digitalni signali  
i mreže

# Hvala na pažnji!

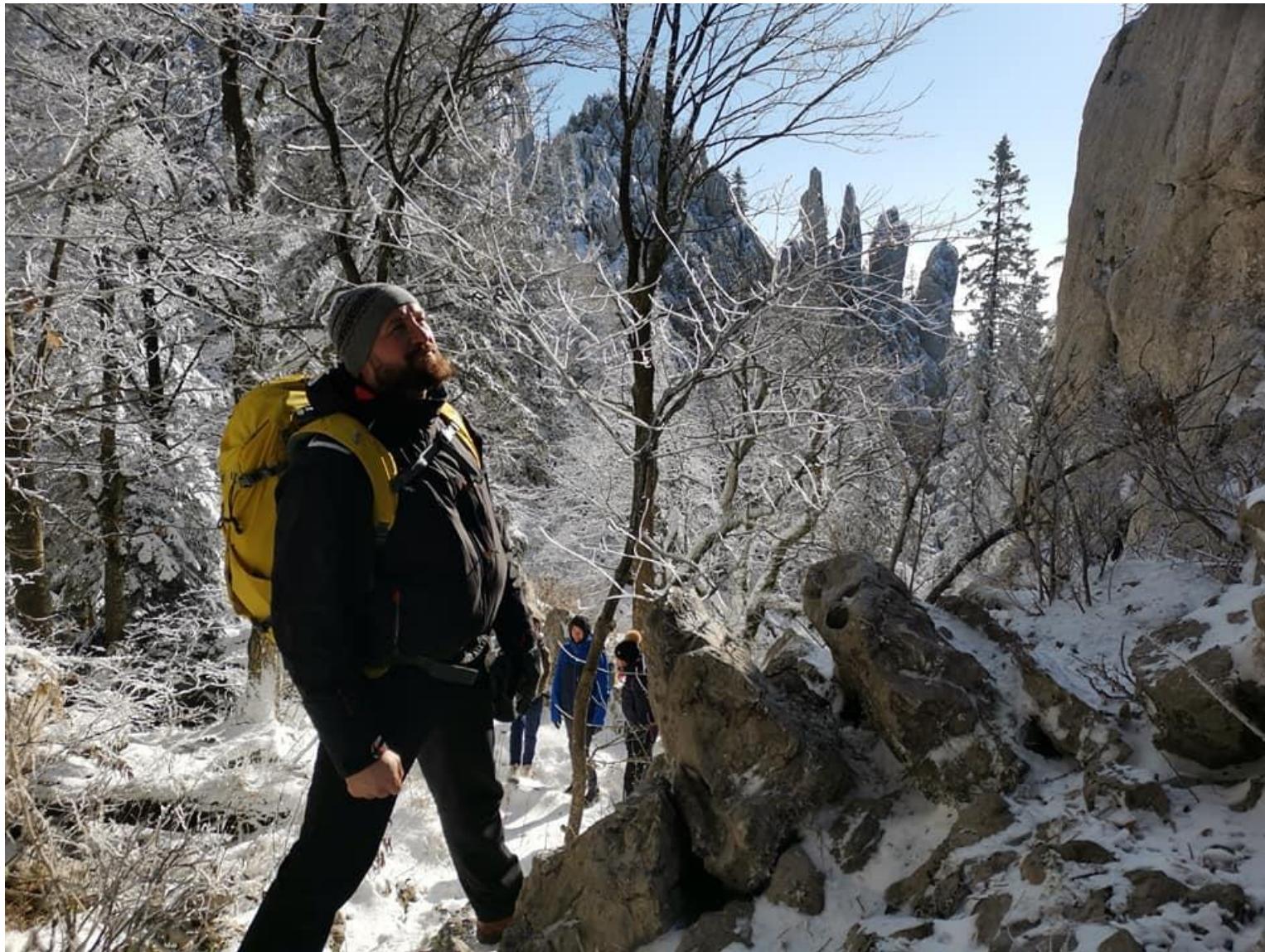
## LoRaWAN IoT

Neograničeni  
sadržaji. Svuda.

Slaven Božo



Sjaj i tama pametne industrije  
IIoT i Digitalni blizanci



# Crtica o meni

doc.dr.sc. **Drago Cmuk**, EMBA

**Forvis Mazars Digital**, osnivač i partner



Konzultant za **Digitalni dizajn poslovanja**



Docent DX na Algebri



Ekspert za IoT i digitalne platforme

Digitalne tvornice: R&D i proizvodnja

Tehnički manager, R&D voditelj



FER > Končar > CADCAM Group



FER, Cotrugli BS, SSBM, FOI,  
UNISANNIO, EFZG, Agora



Poduzetnik, lider, linkendaš,  
posvuduša i provokator

# Tko smo mi Forvis Mazars u brojkama

**US\$5bn**

kombiniranih prihoda\*\*

**105+**

zemalja i teritorija

**Top 10**

Globalna mreža\*

**400+**

ureda

Digitalno savjetovanje

Financijsko savjetovanje

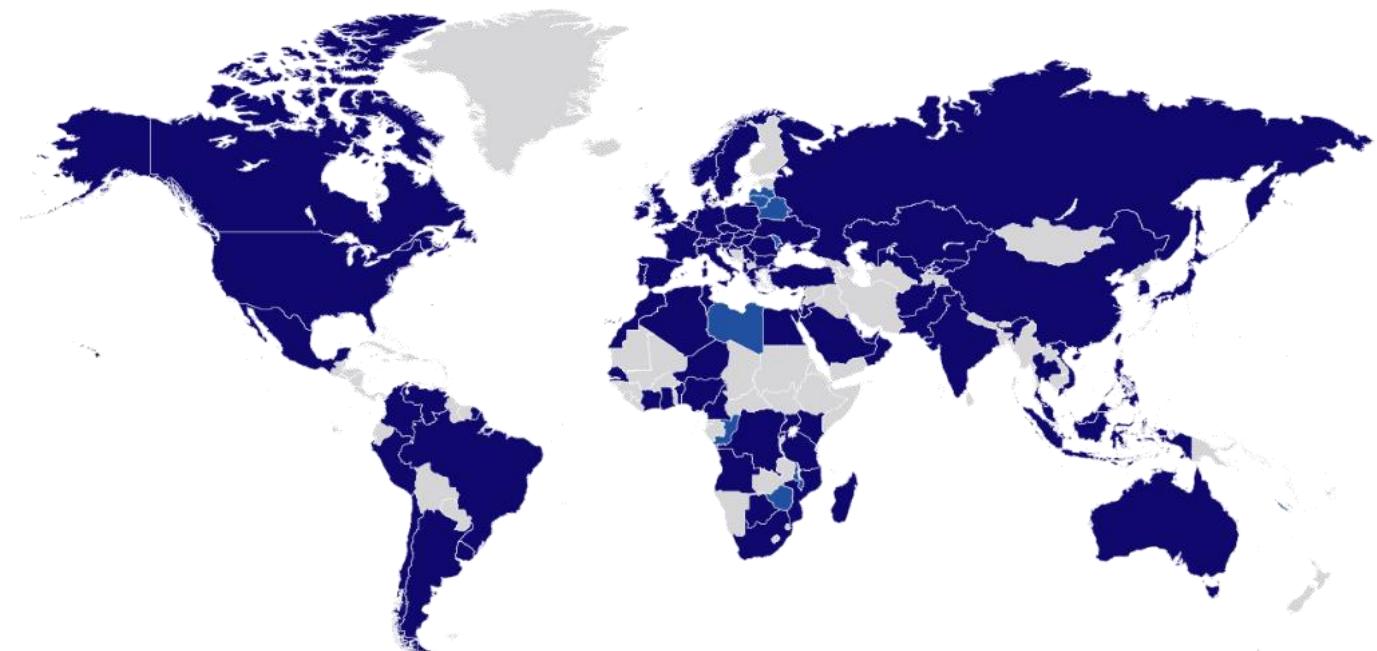
ESG

**250+**

Stručnjaka u Adria regiji

**47,000+**

Stručnjaka Worldwide



Porezi i Plaće  
Računovodstvo i usluge  
Revizija

\*Izvor: IAB World Network rankings 2023. Na temelju prihoda 2023. za Mazars i FORVIS.

\*\*Mazars €2.8bn (\$3bn) na 31/8/2023 + FORVIS €1.6bn (\$1.7bn) na 31/5/2023

# Naše usluge

Digitalni dizajn poslovanja

Poslovna rješenja i digitalni alati

Optimiranje procesa i  
dobavnih lanaca

Edukacija i organizacijska  
kultura

Strategija

Tehnologija

Učinkovitost

Inovacije

**forvis  
mazars**

# Što točno mi to radimo?

Pokrećemo i vodimo  
duboke strukturne promjene

Poslovno savjetovanje -  
sistemsко razmišljanja

Holistički raspon usluga

Digitalni dizajn poslovanja

Otkrivanje

Dizajn

Implementacija

Bolne točke

Analiza  
procesa

Optimizacija  
procesa

Tehnološki  
plan

Upravljanje  
promjenama

Najbolje prakse, dokazane metodologije i vodeća svjetska rješenja

# Top znanja za slijedećih 10 godina

## Type of skill

- Problem-solving
- Self-management
- Working with people
- Technology use and development



Analytical thinking and innovation



Active learning and learning strategies



Complex problem-solving



Critical thinking and analysis



Creativity, originality and initiative



Leadership and social influence



Technology use, monitoring and control



Technology design and programming



Resilience, stress tolerance and flexibility



Reasoning, problem-solving and ideation

Source: Future of Jobs Report 2020, World Economic Forum.

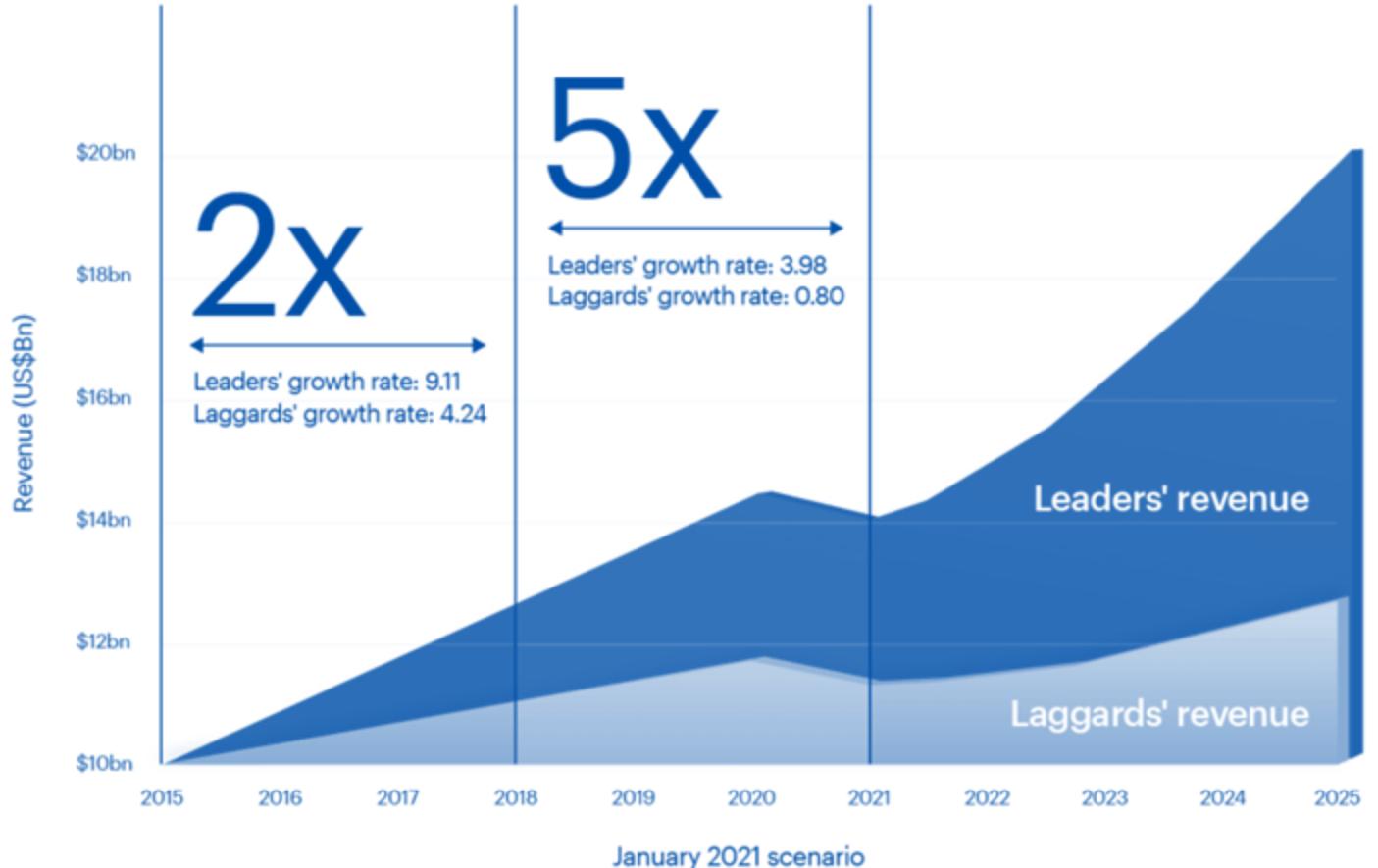
# Iskorači i povedi

18% tvrtki je prijetnju pandemije agresivnom i progresivnom digitalnom strategijom okrenulo u svoju prednost

Vodeće tvrtke u poslovnim tehnologijama su rasle 2x brže od onih koje su kasnile prije pandemije (2019).

U 2021 vodeće tvrtke su udvostručile ulaganja i sada rastu 5x brže on onih koji to nisu napravile.

A što je s nama?



Izvor: Accenture Research: 4,300 poslovnih i IT profesionalaca kroz 25 zemalja i 20 industrija

# Ispravna vizija

- Ako **podcjenjujete** mogućnosti tehnologije, ostavljate mogućnosti stvaranja poslovne vrijednosti na stolu
- Ako **preuveličate**, ugroziti ćete svoje poslovanje s rizikom i nećete moći isporučiti konkurentan proizvod
- Ako to **učinite kako treba**, možete lansirati proizvod u vrlo brzo i iskoristiti novu tehnologiju kako biste povećali poslovnu vrijednost proizvoda

Hod Fleishman



# 02

Sjaj i tama pametne industrije



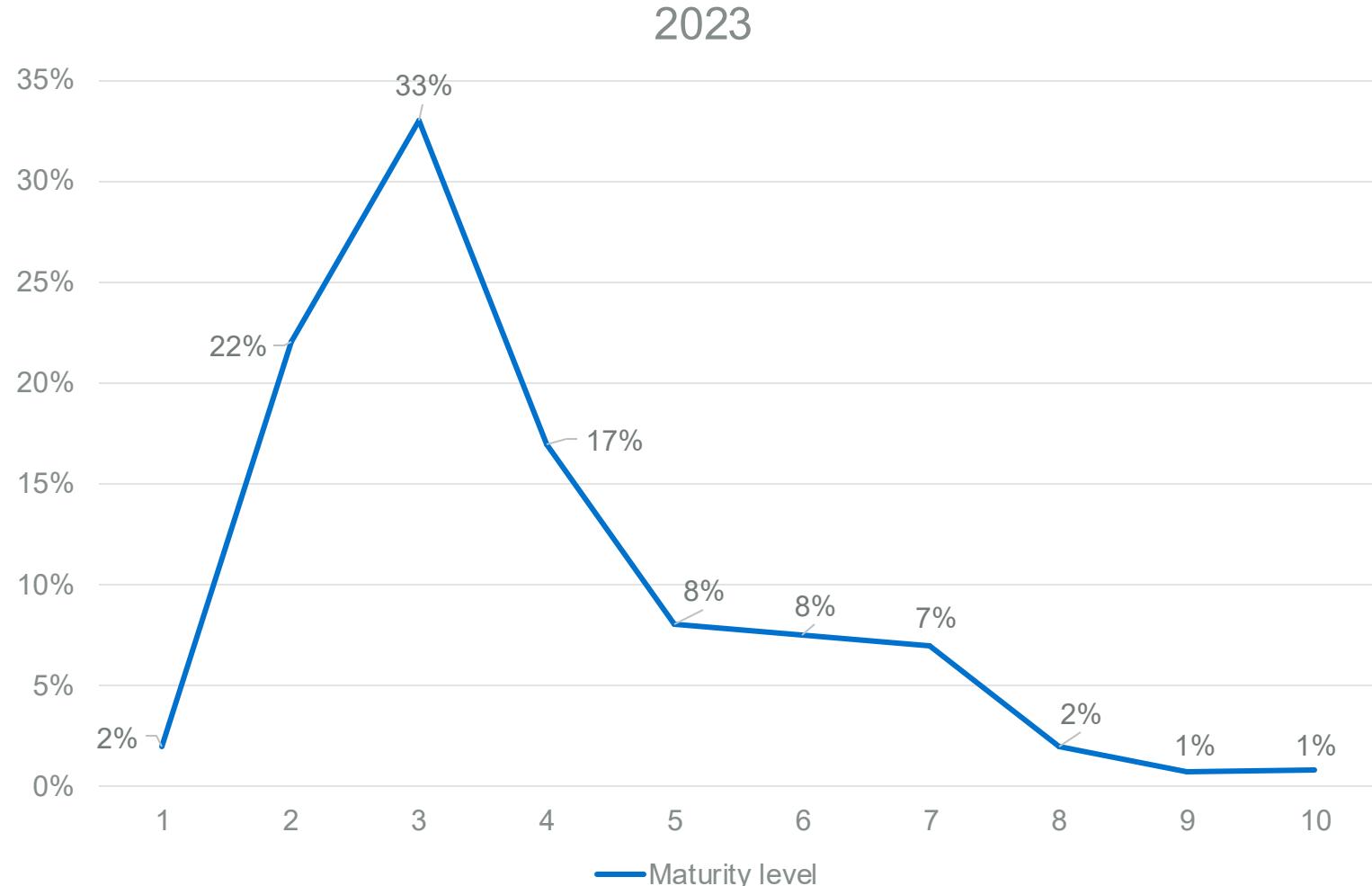
# Industrija 4.0: još uvijek u razvoju

Status uvođenja Industrije 4.0 među tvrtkama



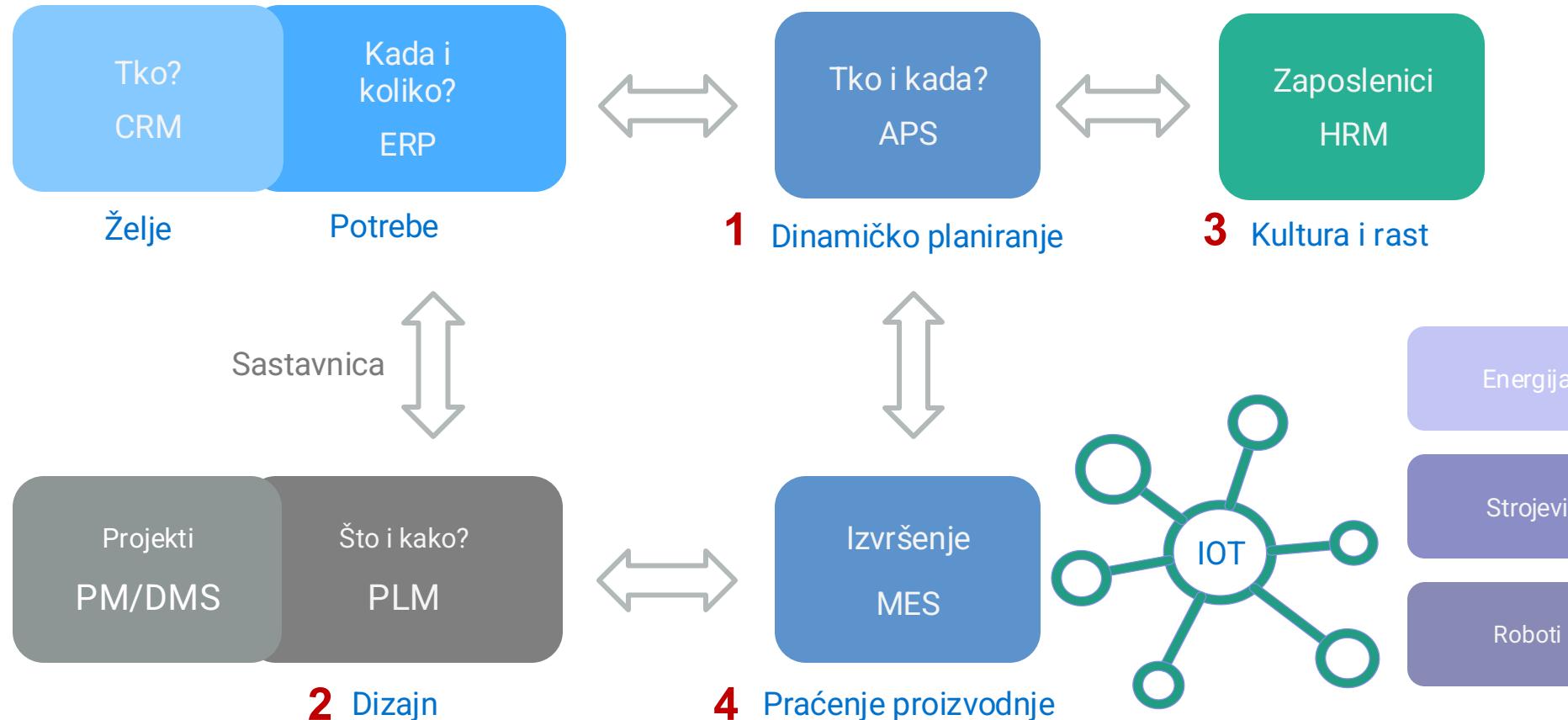
ML Journal, Veljača, 2024

# Razine zrelosti po industrijama



ML Journal,  
Veljača, 2024

# Ključni izazovi za pametnu industriju



**PLM** – Product Lifecycle Management

**ERP** – Enterprise Resources Planning

**CRM** – Customer Relations Management

**APS** – Advanced Planning and Scheduling

**MES** – Manufacturing Execution System

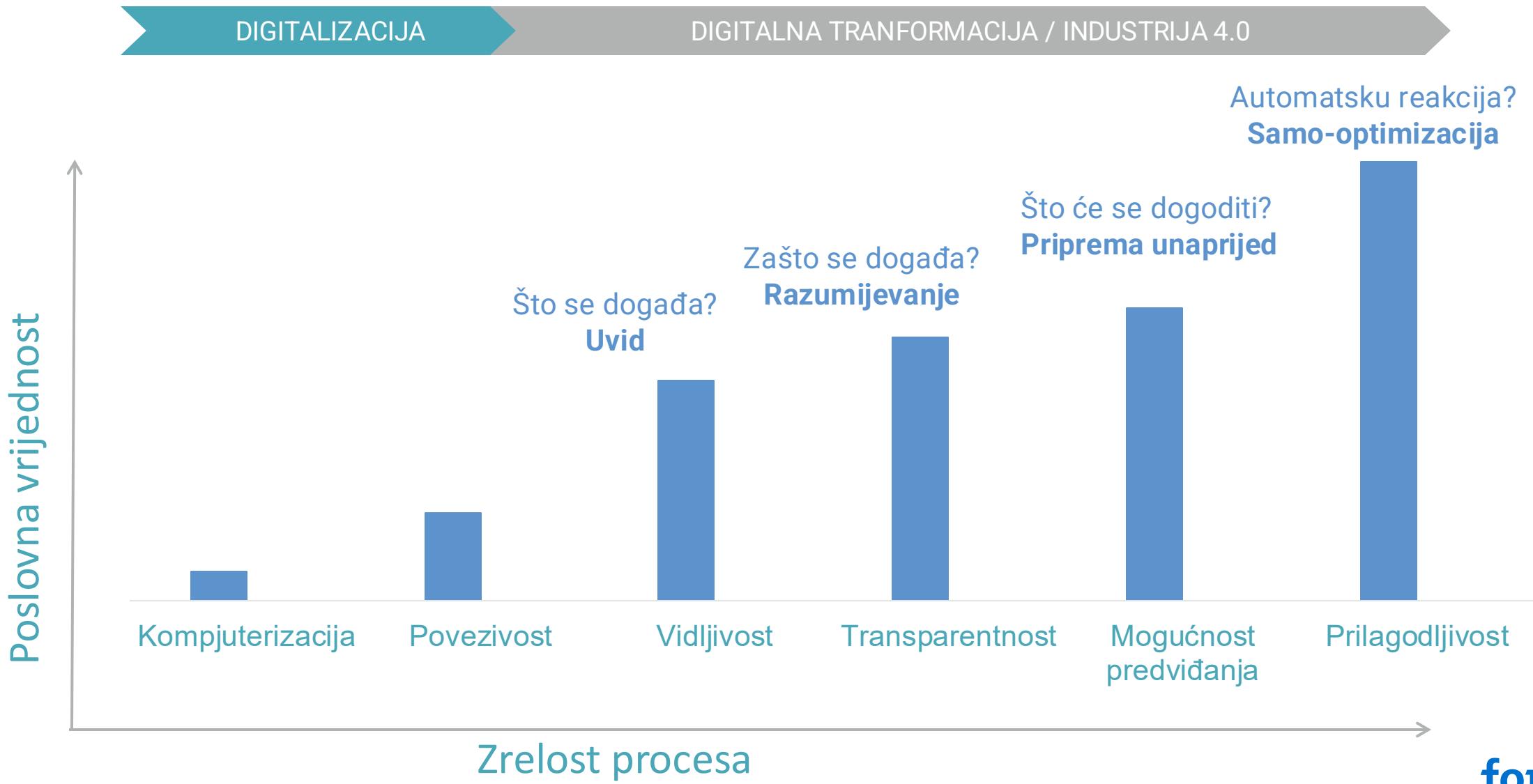
**HRM** – Human Resources Management

**PM** – Project Management

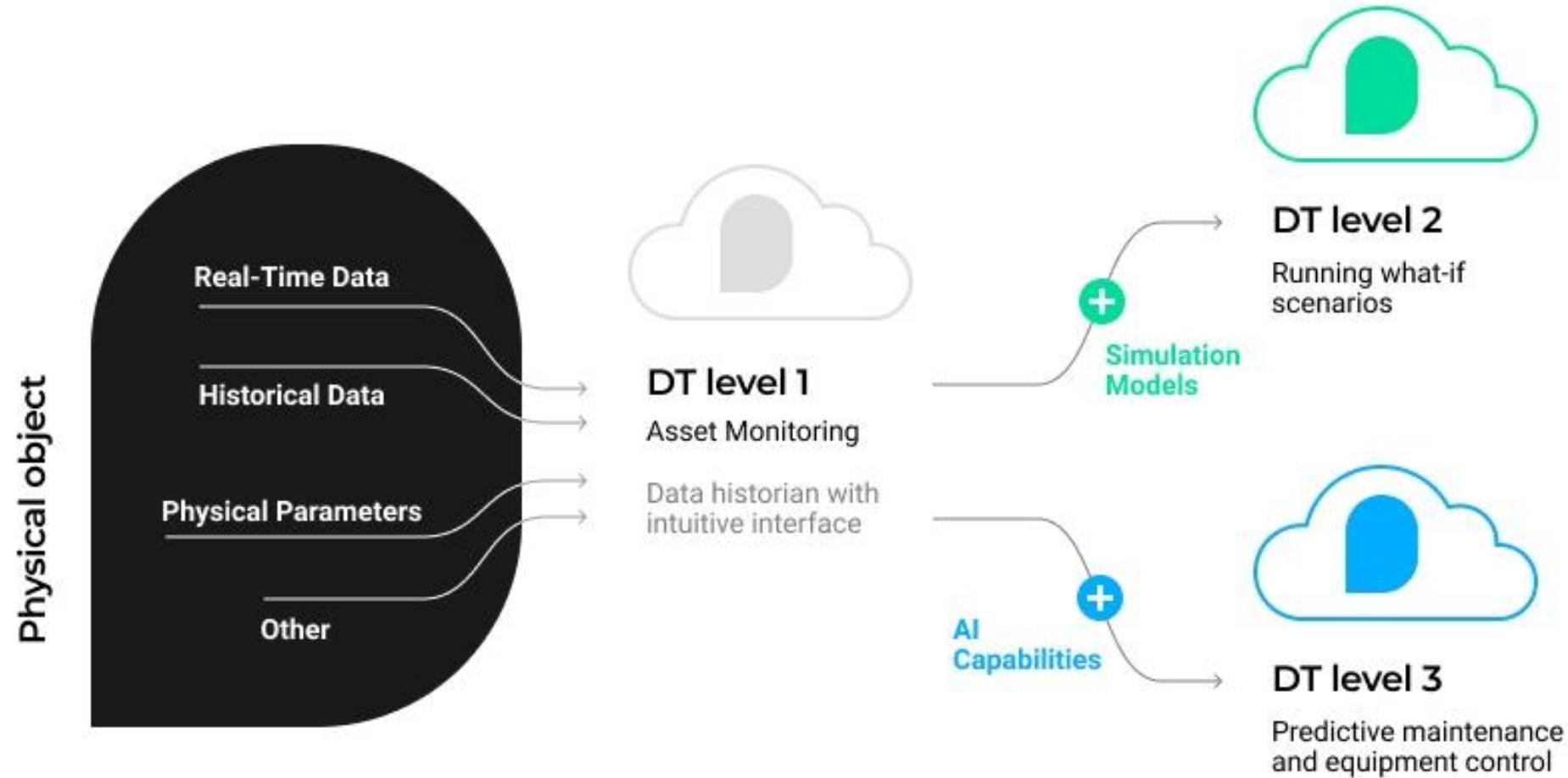
**DMS** – Document Management System

**IOT** – Internet of Things

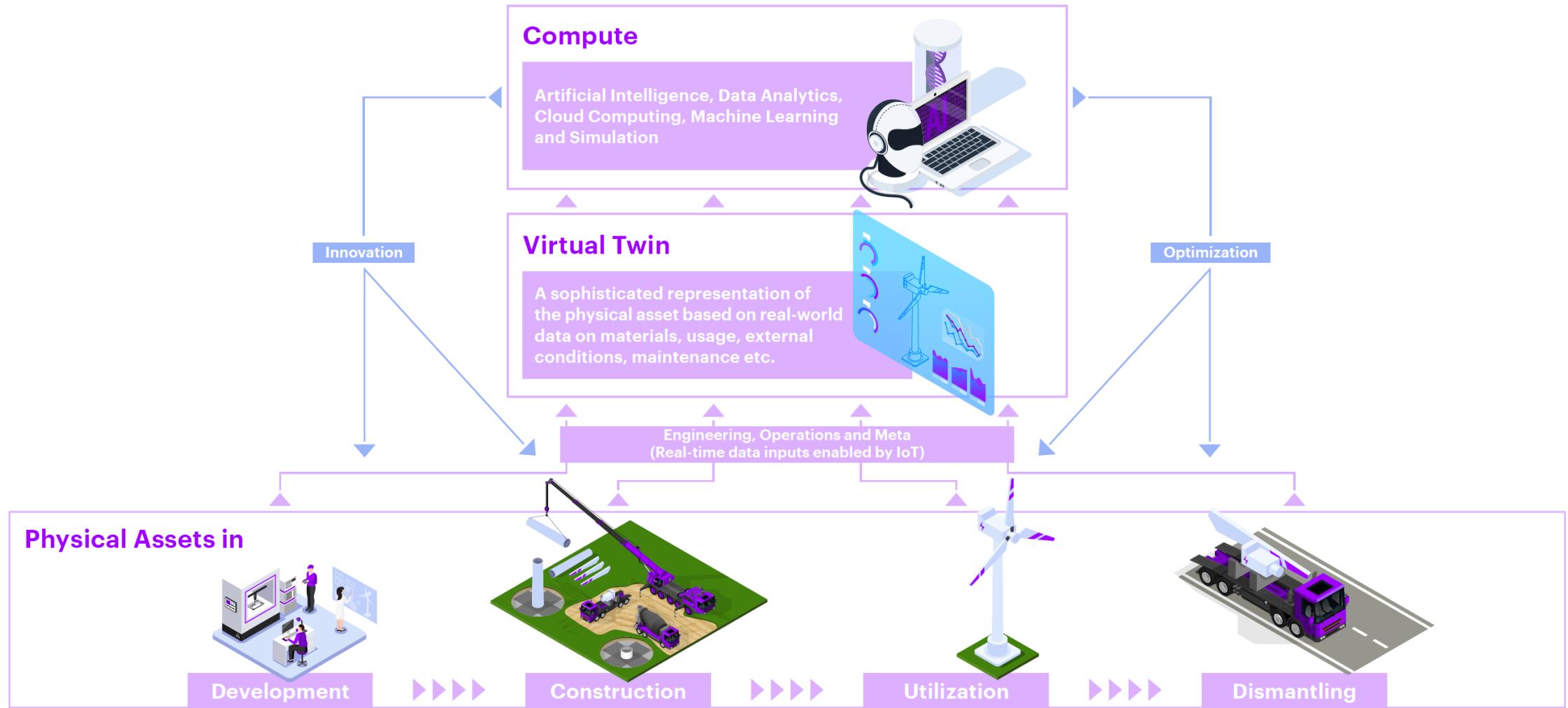
# Koraci na putu do Industrije 4.0 / 5.0



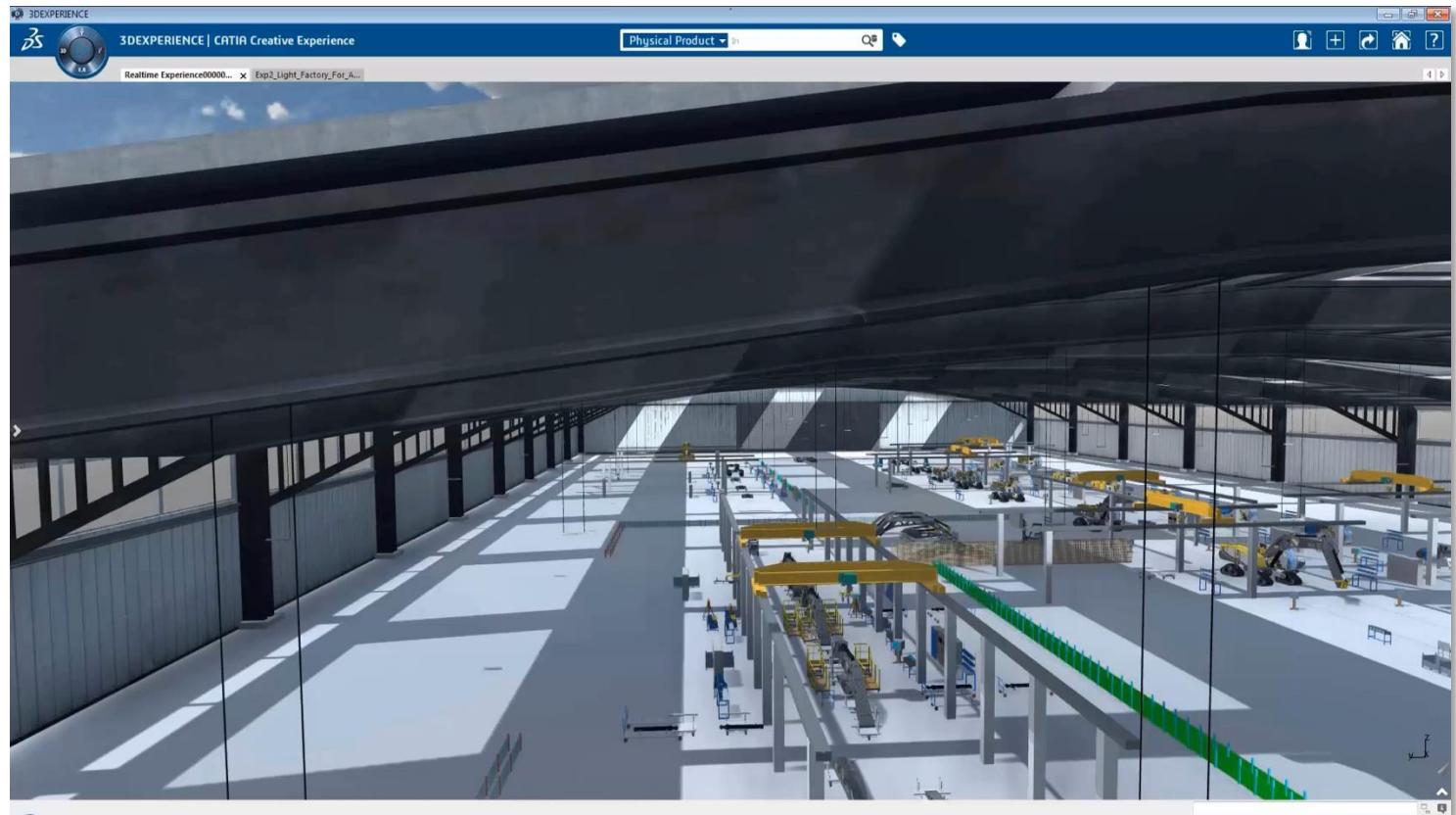
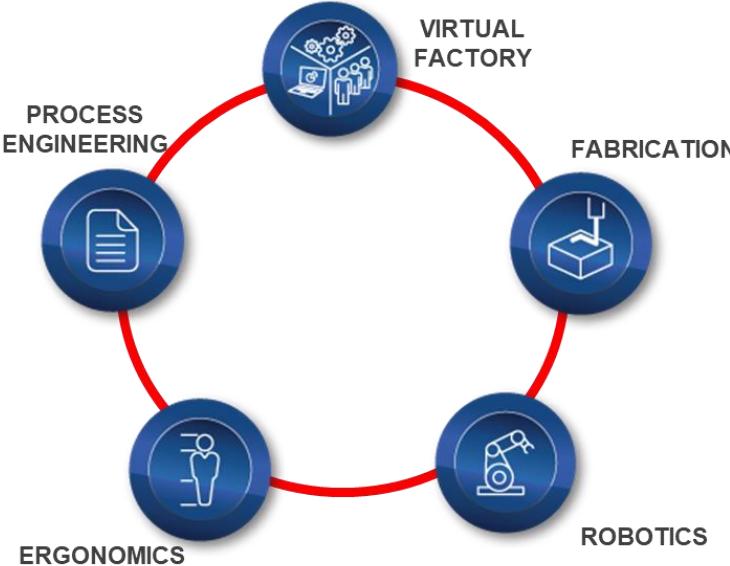
# Razine digitalnih blizanaca



# Kako virtualni blizanci utječu na svaku fazu proizvodnje



# A real example Digital Twin of a Factory





Primjer dobre prakse: Digitalna platforma u Rimac Automobilima

# Kako krenuti prema Industriji 5.0? Končar GIM: od ideje do robota

Bio je to naš prvi projekt s 3DEXPERIENCE platformom. Postigli smo više nego što smo očekivali, a to je samo početak.

*Dr. Ante Elez, CEO*

## Problem i rješenje:

### Stvaranje vrijednosti

- Trajanje: 4 mjeseca umjesto 6
- Priprema proizvodnje: automatizirano 3D modeliranje i crtanje alata – uštede 35%
- Programiranje robota: skraćeno ~ 70% (s 10 na 3 dana)
- Higher quality and Waste removal
- Elimination of routine jobs

78%

Uštede u dizajnu i  
proizvodnji dokumenata



# Kako krenuti prema Industriji 5.0? Ivančica: digitalna strategija

Ovo je najbolji konzultantski pristup koji sam video u karijeri.

Siniša Zver, CEO

## EU br. 2 u proizvodnji dječjih cipela

### Stvaranje vrijednosti

- Napredno planiranje proizvodnje
- Optimiranje R&D
- Praćenje proizvodnje
- Optimiranje PLM/ERP/APS/MES
- EU projekti: Pametna cipela i Virtual Showroom

Optimiranja poslovanja i  
proizvodnog lanca



# 03

## Uloga IoT u DX Industrije



A close-up portrait of Bill Gates, the co-founder of Microsoft. He is wearing glasses and a dark suit, looking slightly upwards and to the right with a faint smile. A white speech bubble originates from his mouth, pointing towards the left.

**Ovo je moje rješenje  
za sve svjetske  
probleme:**

**Izmjerite ih!**

# Što koči Industry 4.0?

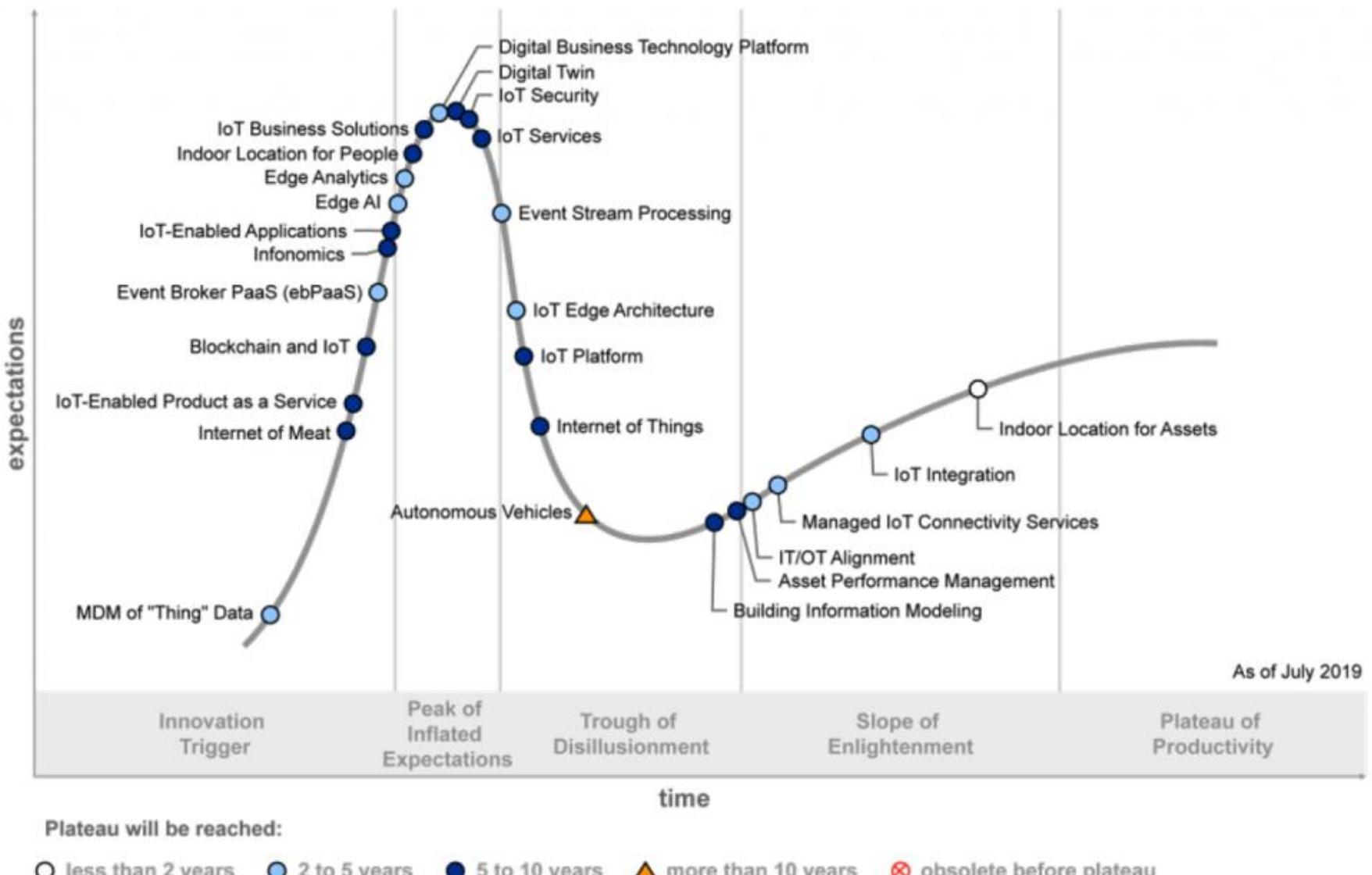
**Sučelja prema industrijskoj infrastrukturi ključna su komponenta Industrije 4.0**

Deloitte

- ... unatoč velikom potencijalu:
- **Performanse M2M komunikacija:**
  - nije još na razini koju su zamislili vizionari Industrije 4.0.
  - Mnogi provideri muče se sa bežičnim komunikacijama, pokrivenošću i sučeljima

- IT sigurnost
  - zabrinutost raste sa dolaskom tradicionalnih industrija
- Strah od IT ispada:
  - dok se AI ne dokaže na različitim IoT primjenama, strah od skupih grešaka neće isčeznuti
- Nedovoljno znanja
  - za implementaciju među proizvodnim inženjerima
- Strah od masovnih otkaza
- CAPEX i OPEX

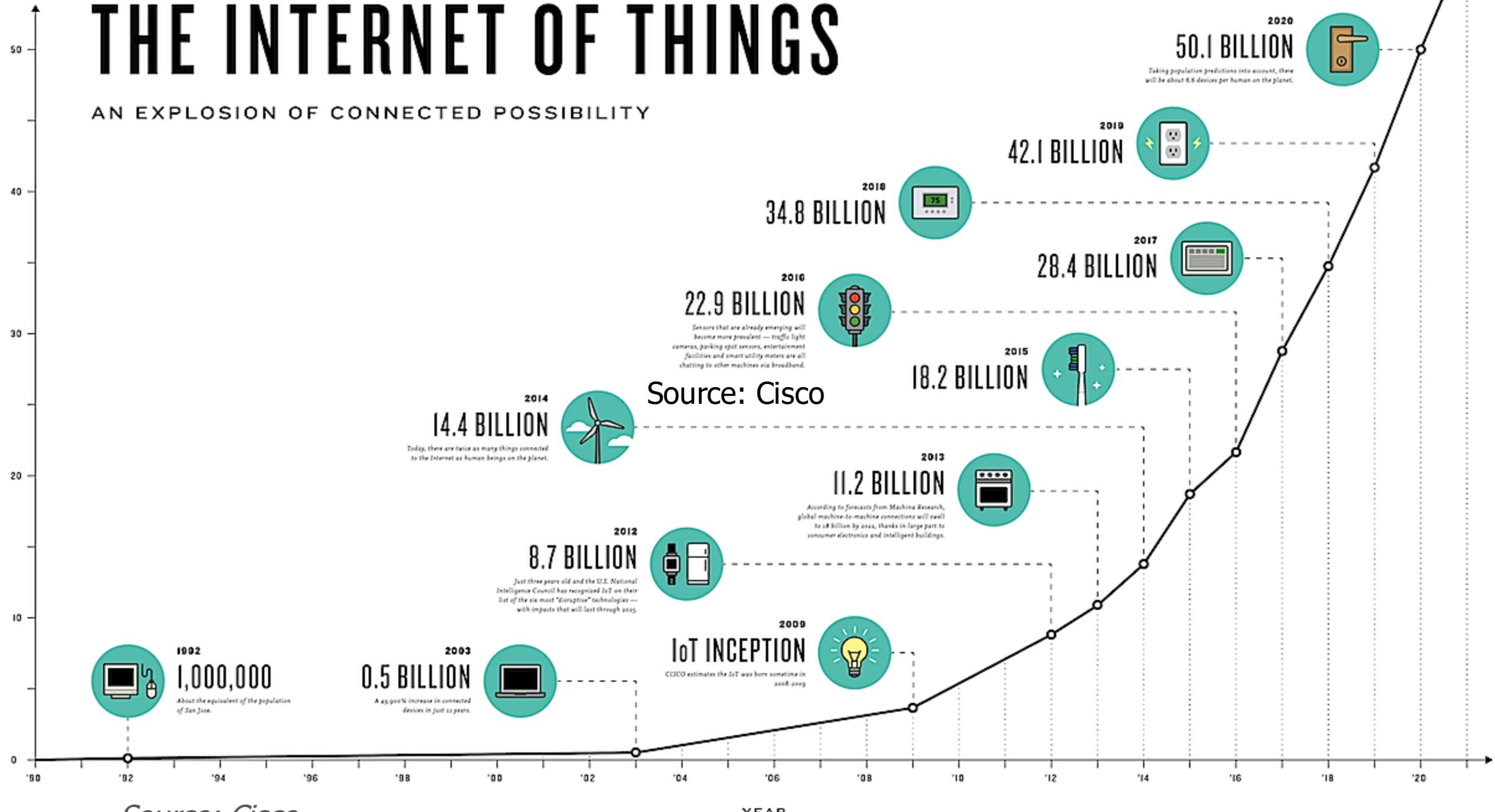
# Hype Cycle for the Internet of Things, 2019



# THE INTERNET OF THINGS

AN EXPLOSION OF CONNECTED POSSIBILITY

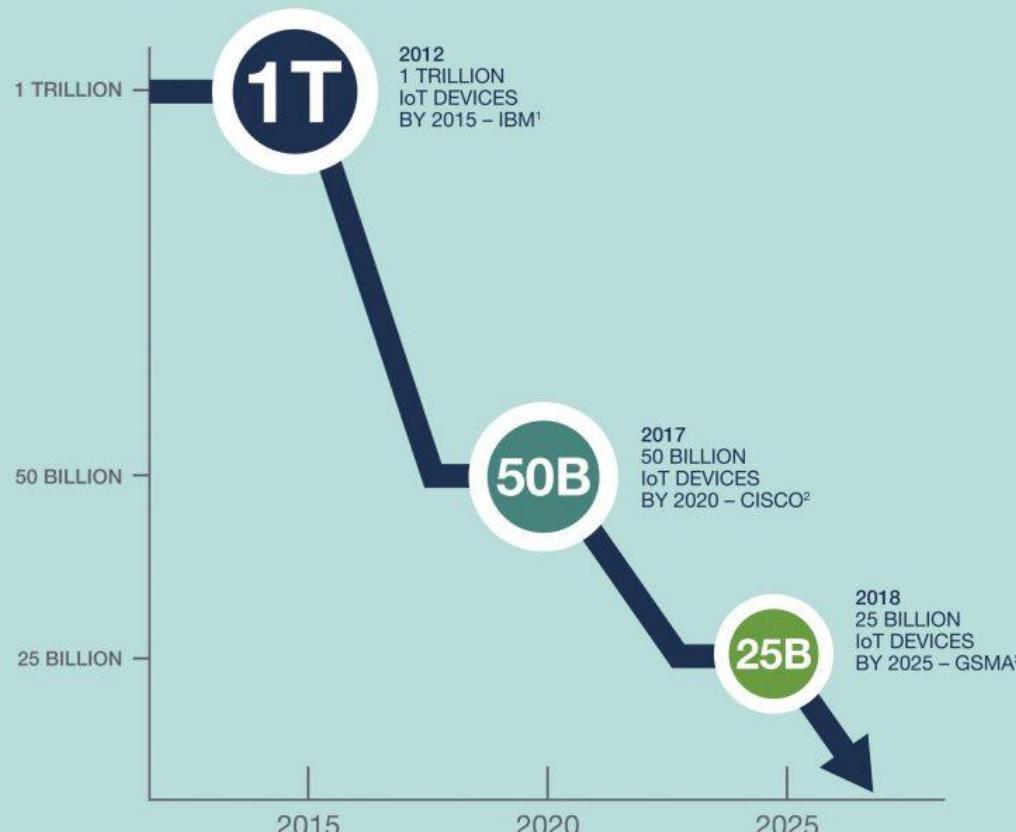
BILLIONS OF DEVICES



Source: Cisco

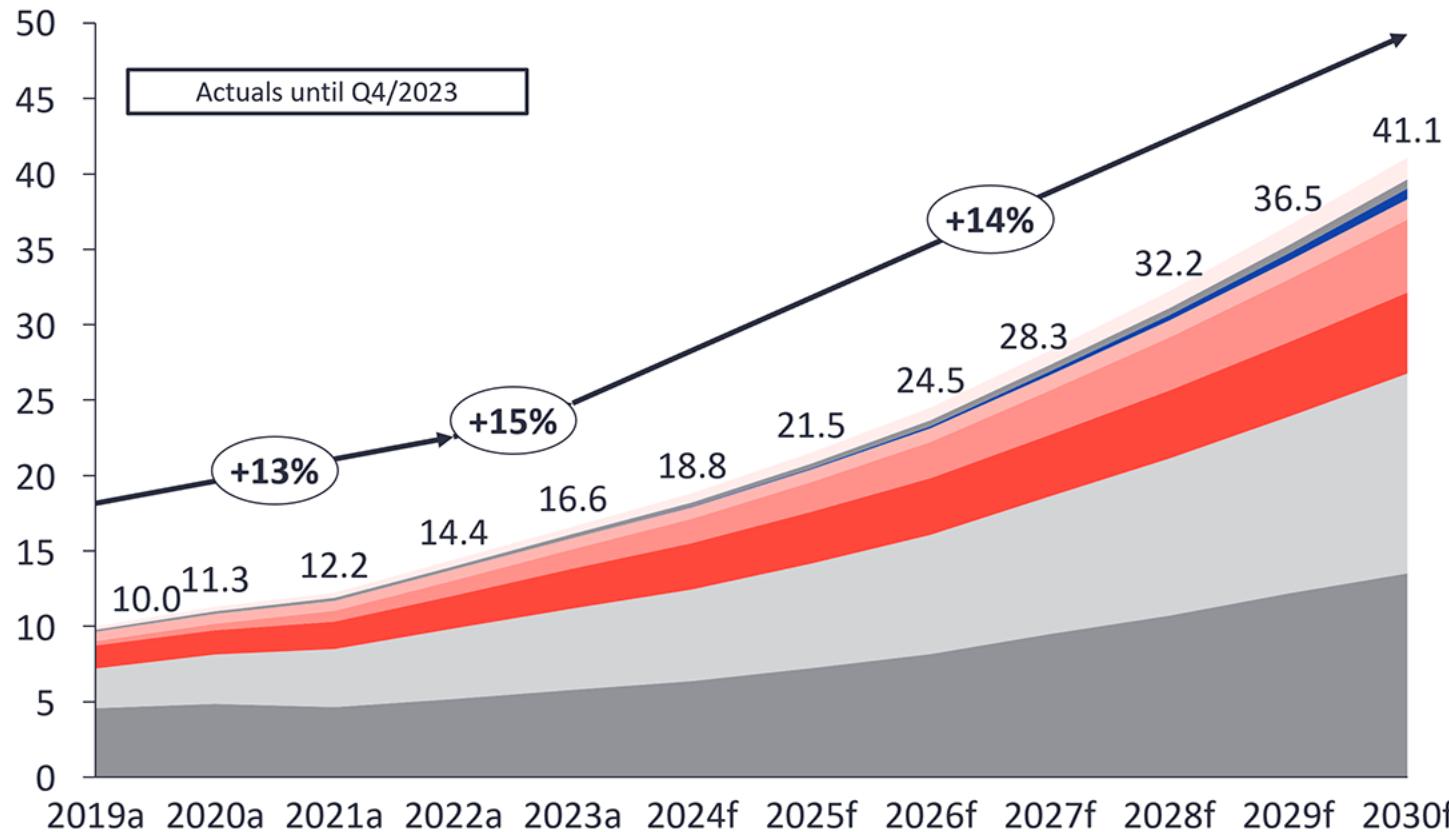
# WHY ARE IoT EXPECTATIONS SHRINKING?

## PREDICTED IoT DEVICES



# Global IoT market forecast (in billions of connected IoT devices)

Number of global active IoT connections (installed base) in billions



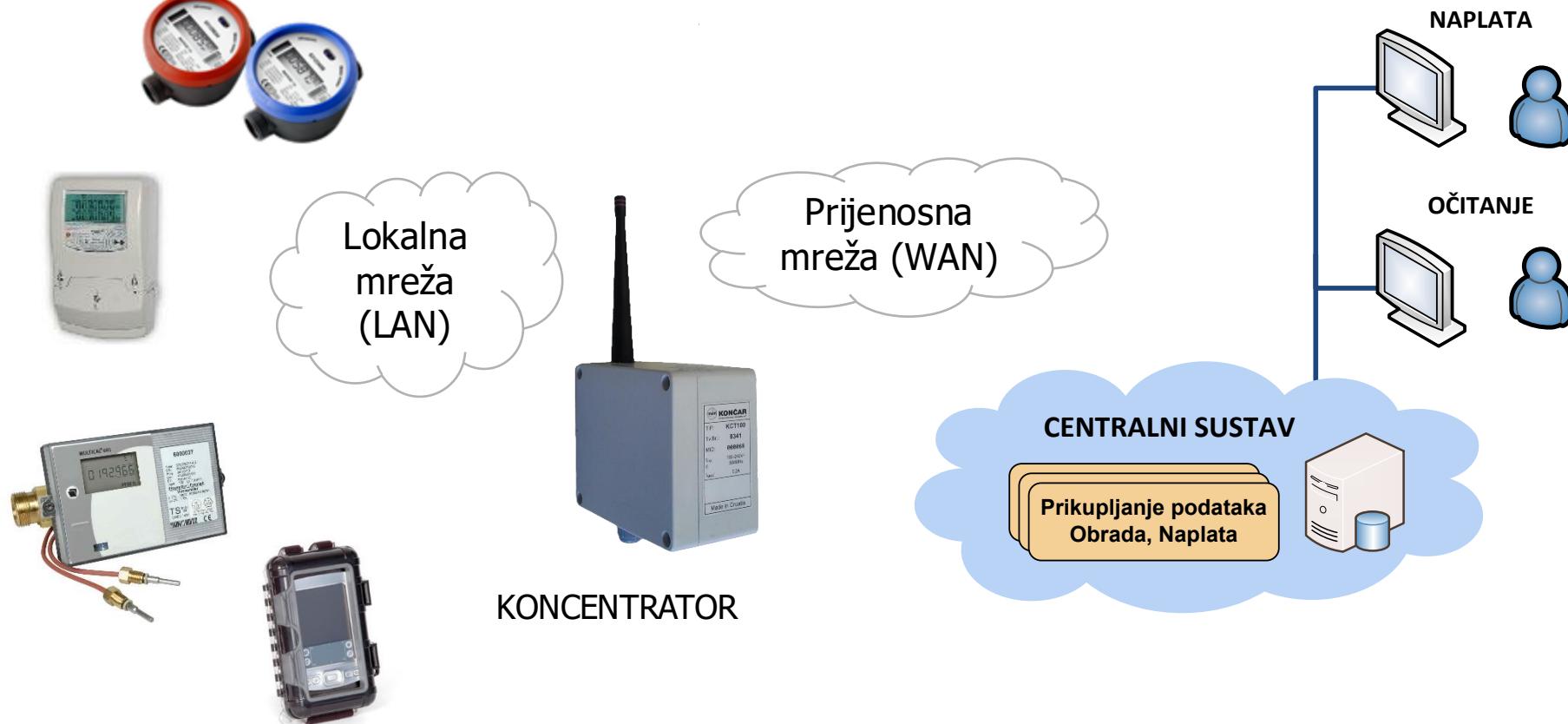
Connectivity type	CAGR 21–23	CAGR 23–30
Other	21%	17%
Wireless neighborhood area networks (WNAN)	15%	14%
Cellular 5G IoT	147%	62%
Wired IoT	4%	9%
LPWA	35%	21%
Cellular IoT (excl. 5G, LPWA)	21%	11%
Wireless local area networks (WLAN)	18%	14%
Wireless personal area networks (WPAN)	12%	13%

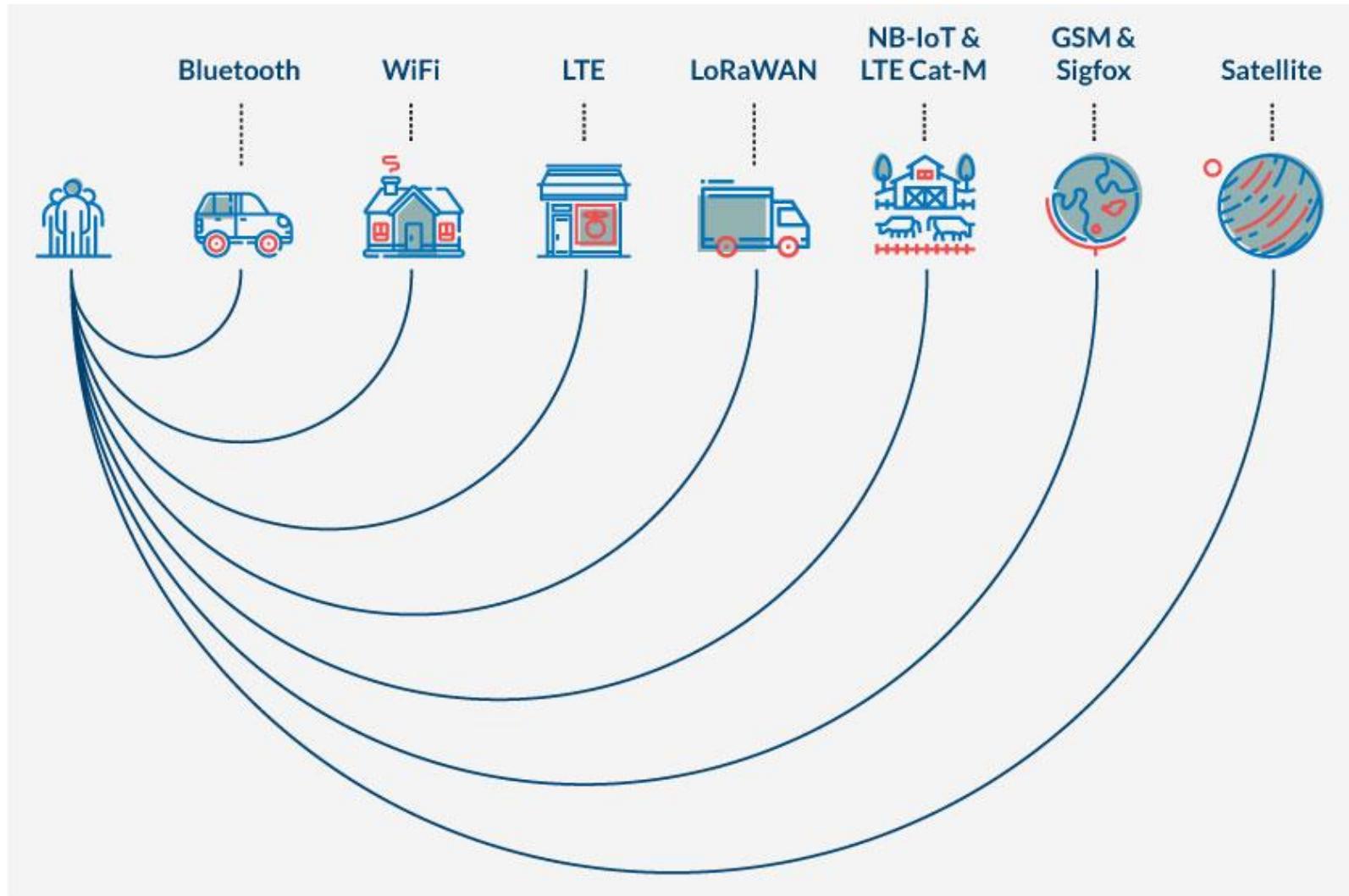
XX% = CAGR

Note: IoT connections do not include any computers, laptops, fixed phones, cellphones, or consumers tablets. Counted are active nodes/devices or gateways that concentrate the end-sensors, not every sensor/actuator. Simple one-directional communications technology not considered (e.g., RFID, NFC). Wired includes ethernet and fieldbuses (e.g., connected industrial PLCs or I/O modules); Cellular includes 2G, 3G, 4G, 5G; LPWA includes unlicensed and licensed low-power networks; WPAN includes Bluetooth, Zigbee, Z-Wave or similar; WLAN includes Wi-Fi and related protocols; WMAN includes non-short-range mesh, such as Wi-SUN; Other includes satellite and unclassified proprietary networks with any range.

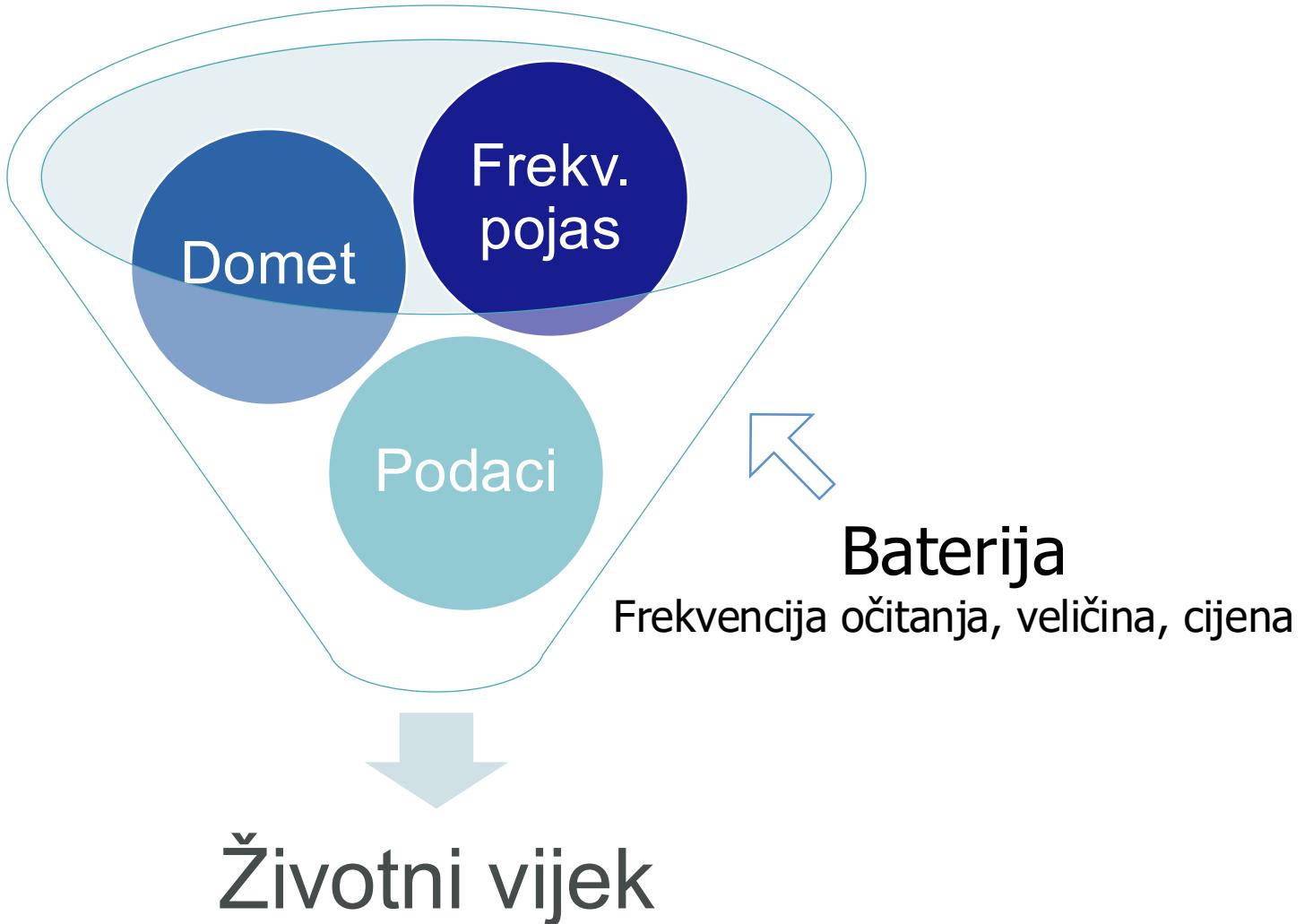
Source: IoT Analytics Research 2024-State of IoT Summer 2024. We welcome resharing: Please attribute this image to its original source and include a link back to the original article.

# Logička shema IoT sustava

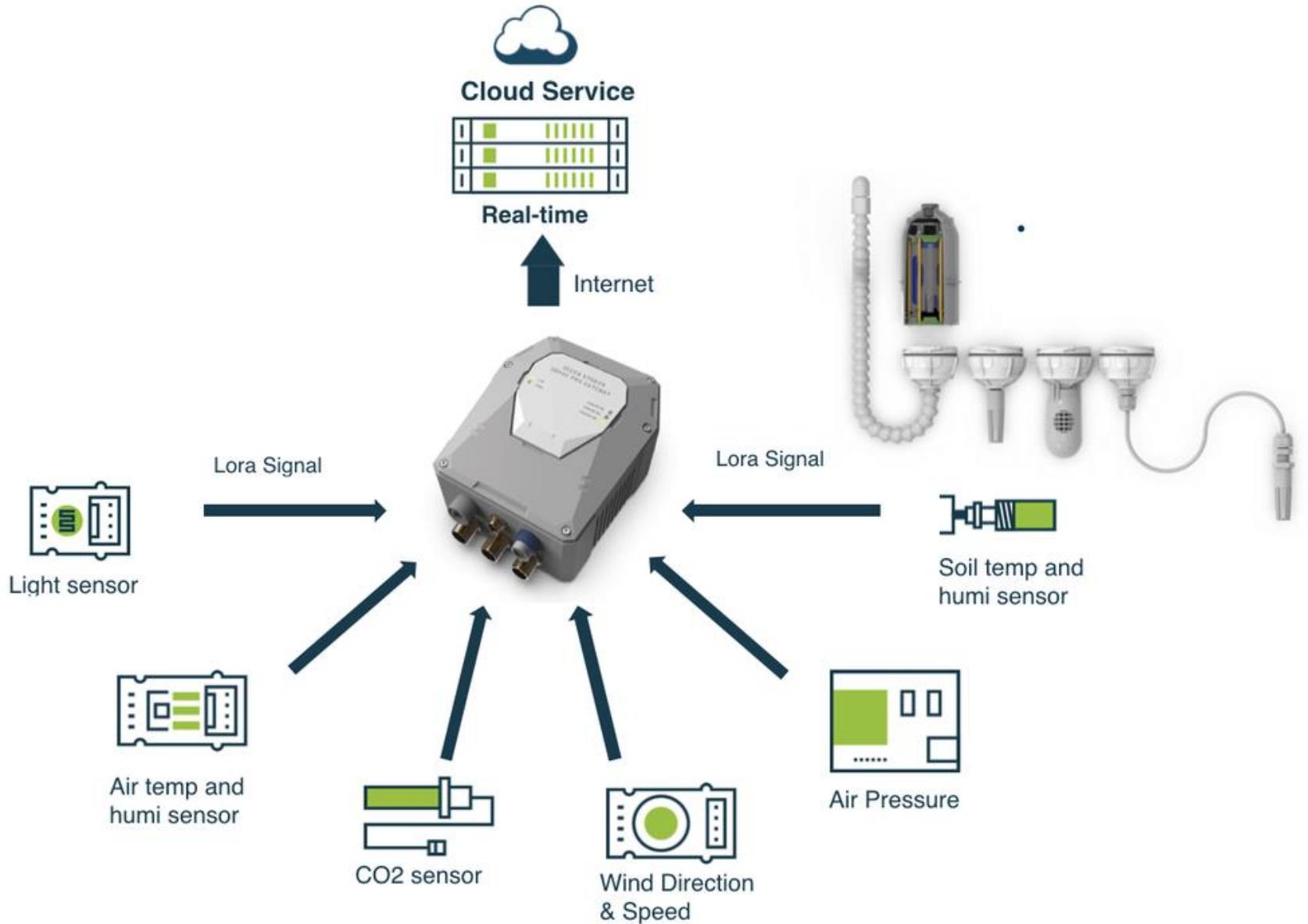




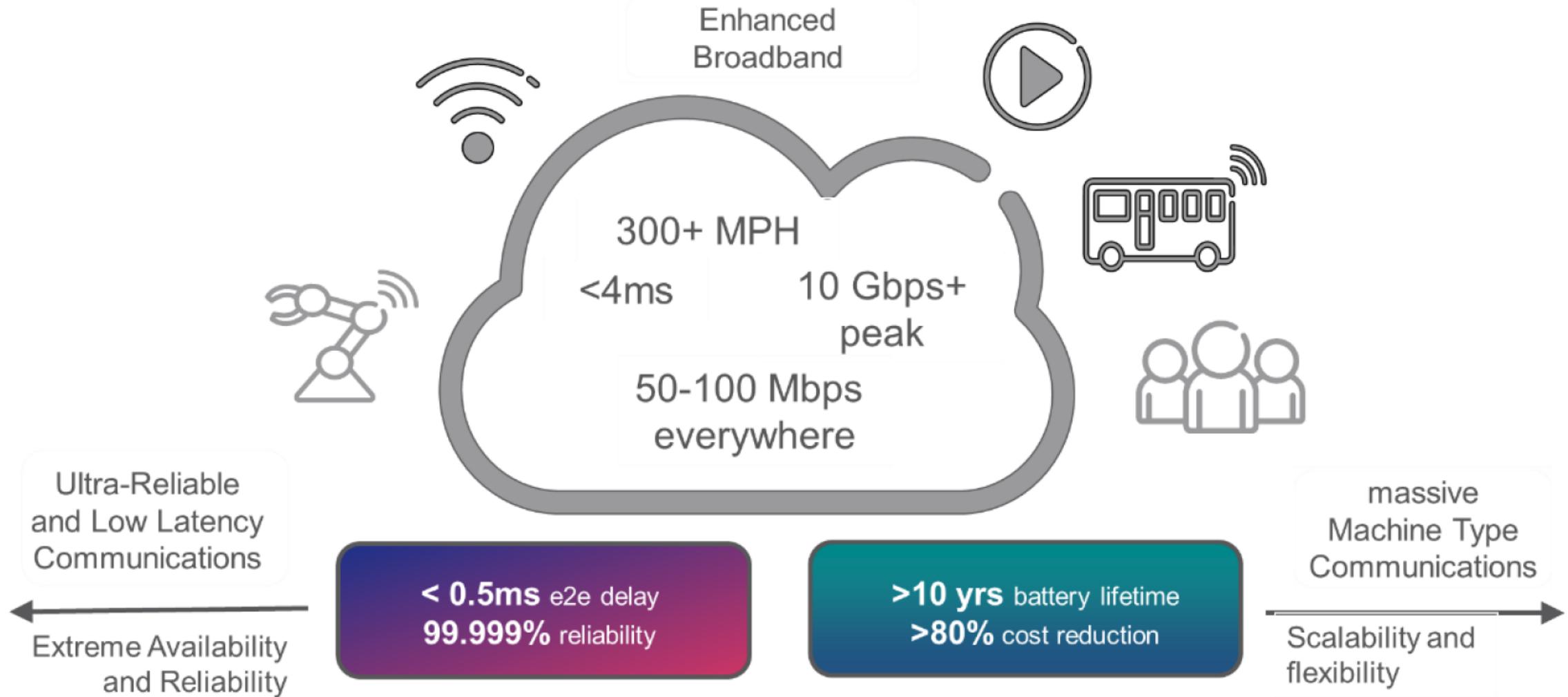
IoT je uglavnom kompromis!

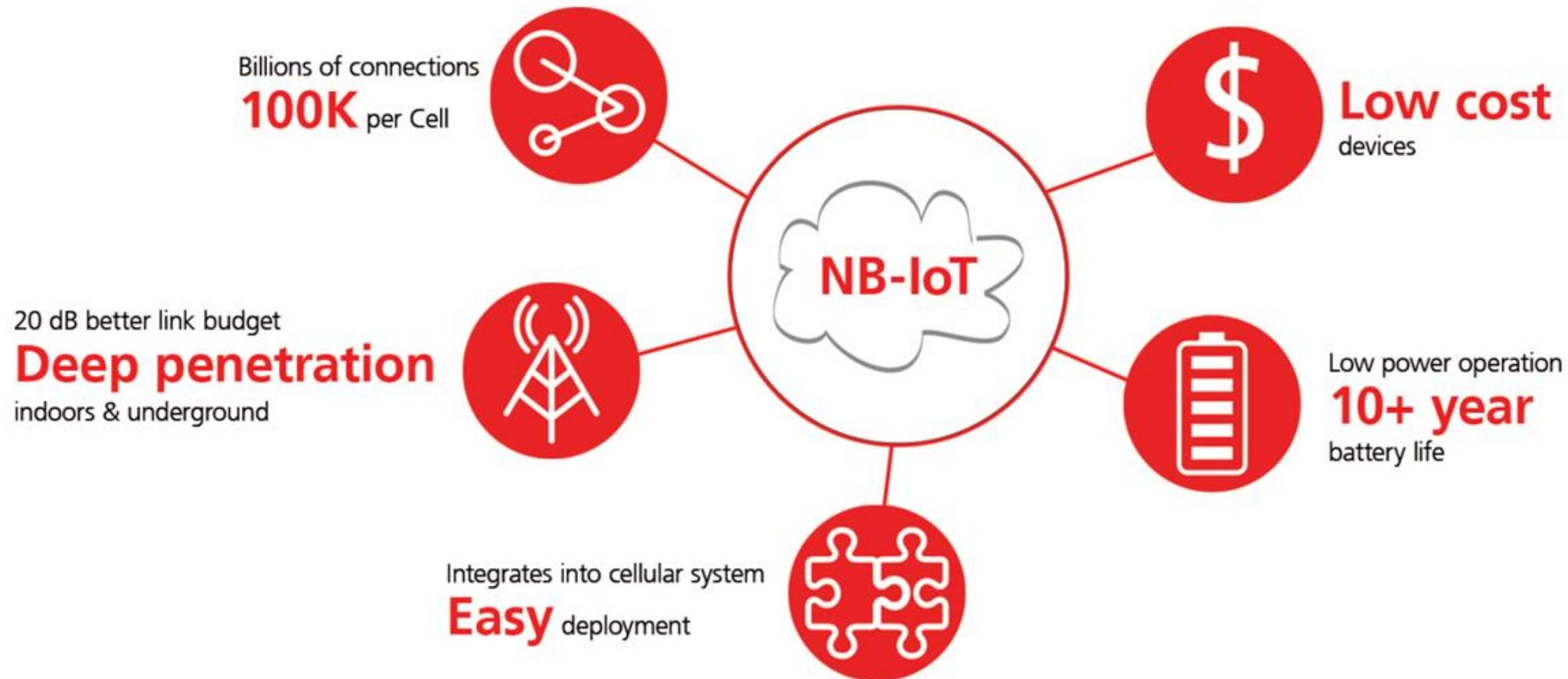


# LoRa WAN



# 5G očekivanja





# IoT survival model

1. Pokrivenost
2. Napajanje
3. Količina podataka
4. Fleksibilnost
5. Interoperabilnost
  - a) Na razini senzora
  - b) Na razini podataka
6. Model podataka
7. Kvaliteta podataka
8. Sigurnost
9. Cijena

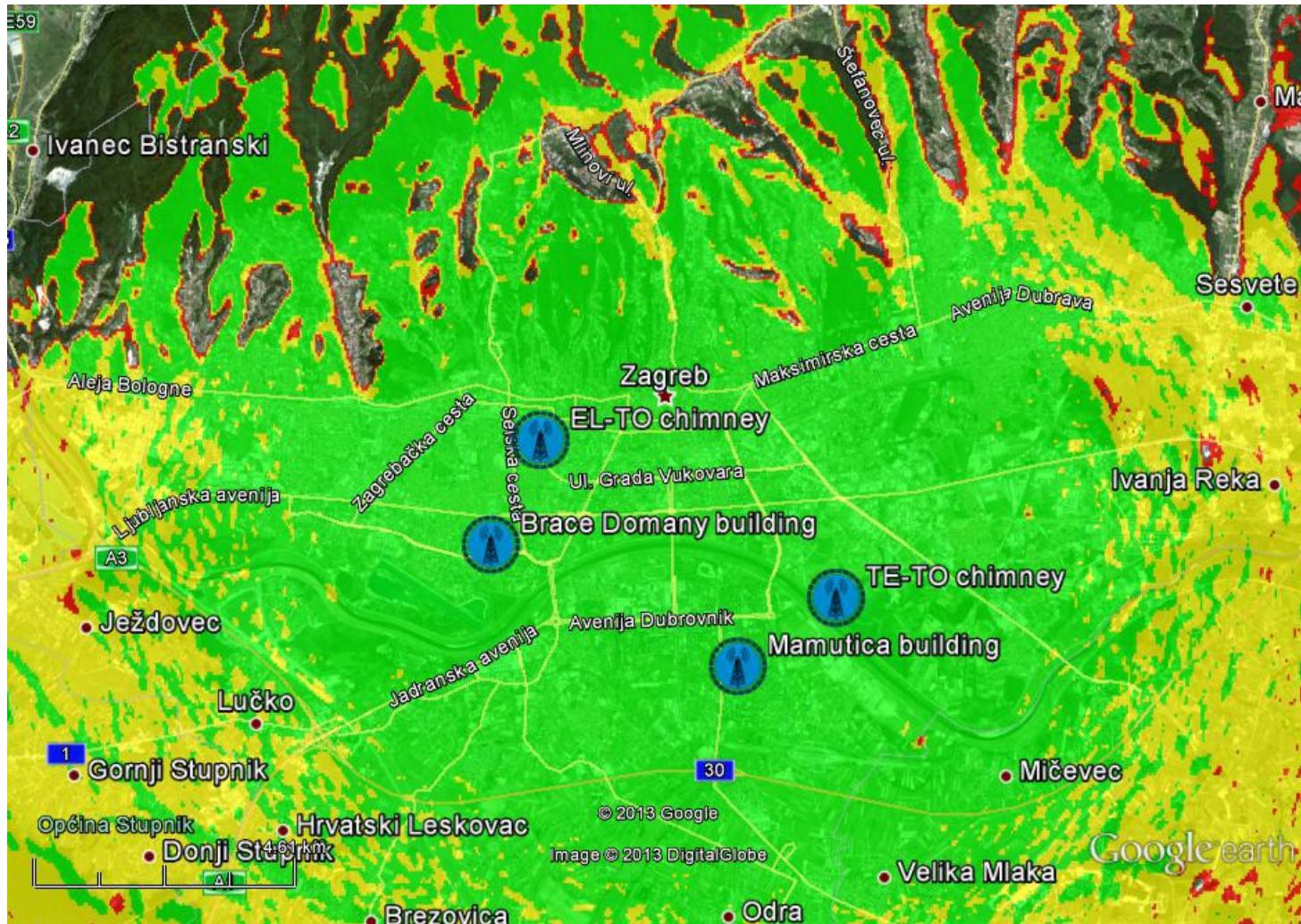


# 1. Pokrivenost

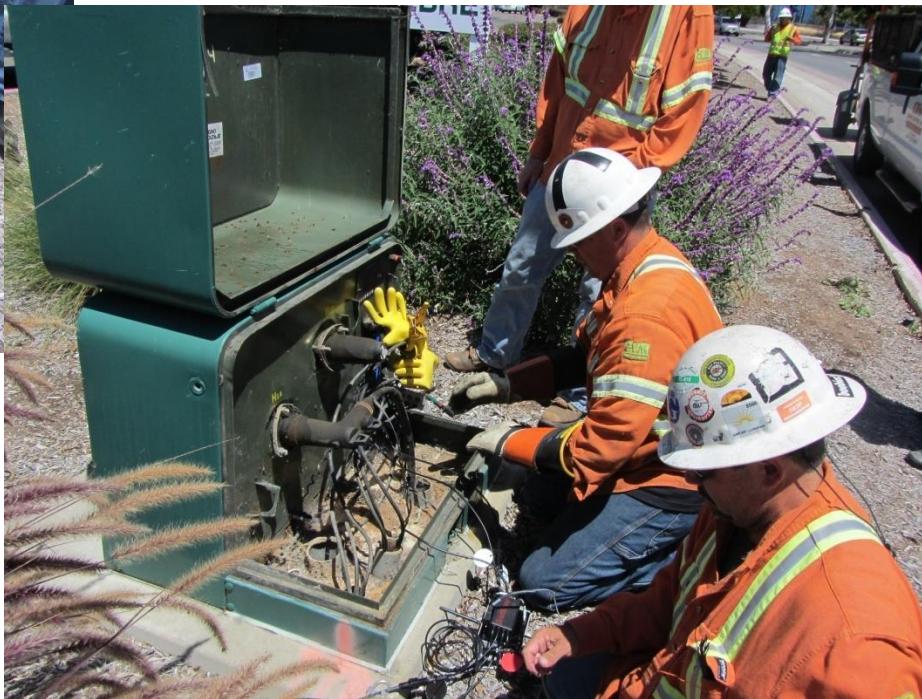
- Osnovni uvjet
  - omogućava IoT
  - Ponekad je nemoguće procijeniti
- Zahtijeva planiranje mreže
  - Složeni modeli i SW alati za radiodifuziju
  - Izrađuje se studija propagacije
  - Potvrđuju se mjeranjem u točkama
- Manji projekti mogu se realizirati procjenom
  - Manji broj mjernih točaka, razumijevanje gušenja i interferencije u kritičnim slučajevima
- Vlastita mreža vs. Telekom (data provider)
  - Jednostavnost upotrebe vs. pokrivenost & fleksibilnost



## 4 Sites – Razina zemlje na otvorenom



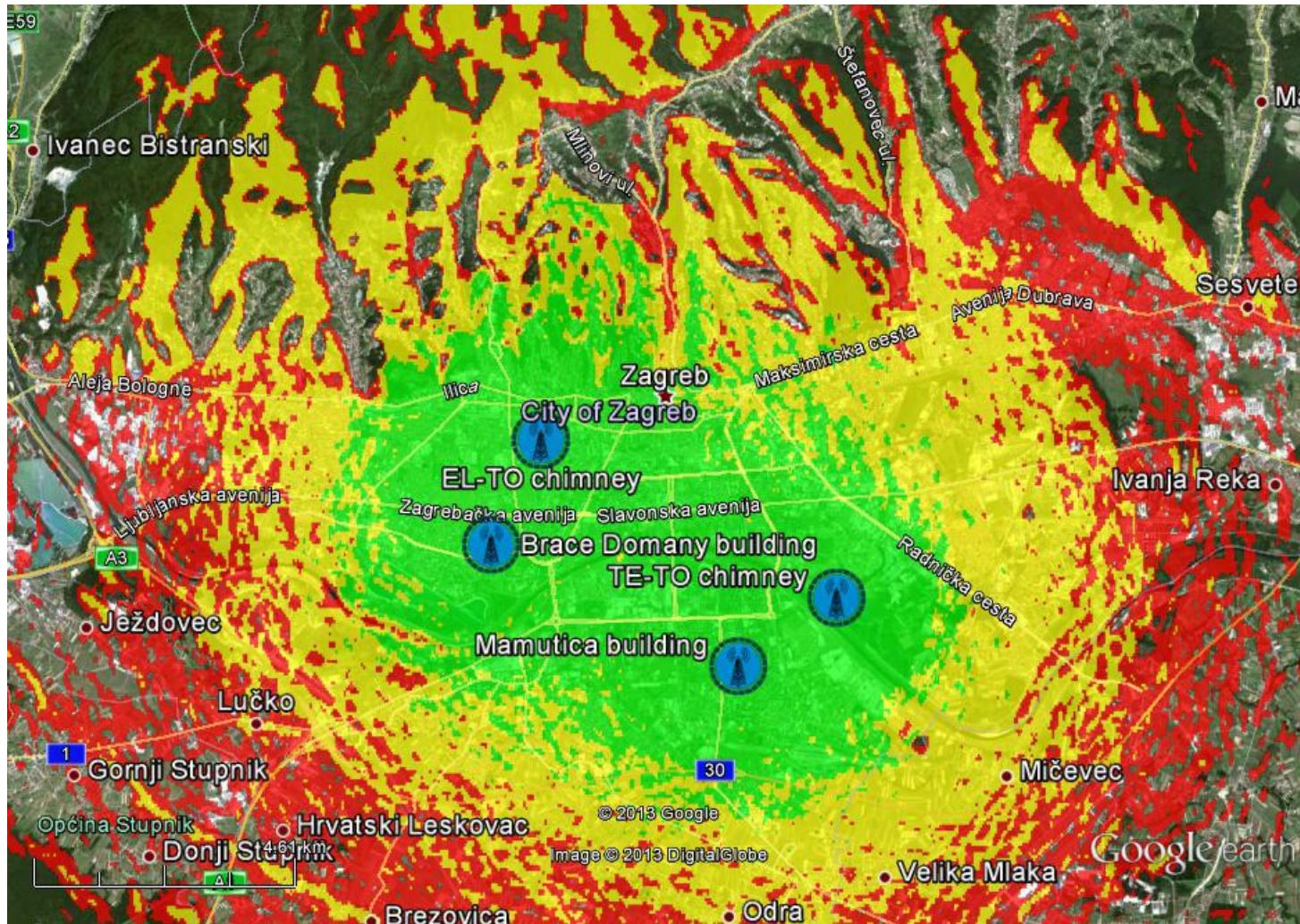
## 20 dB atenuacija



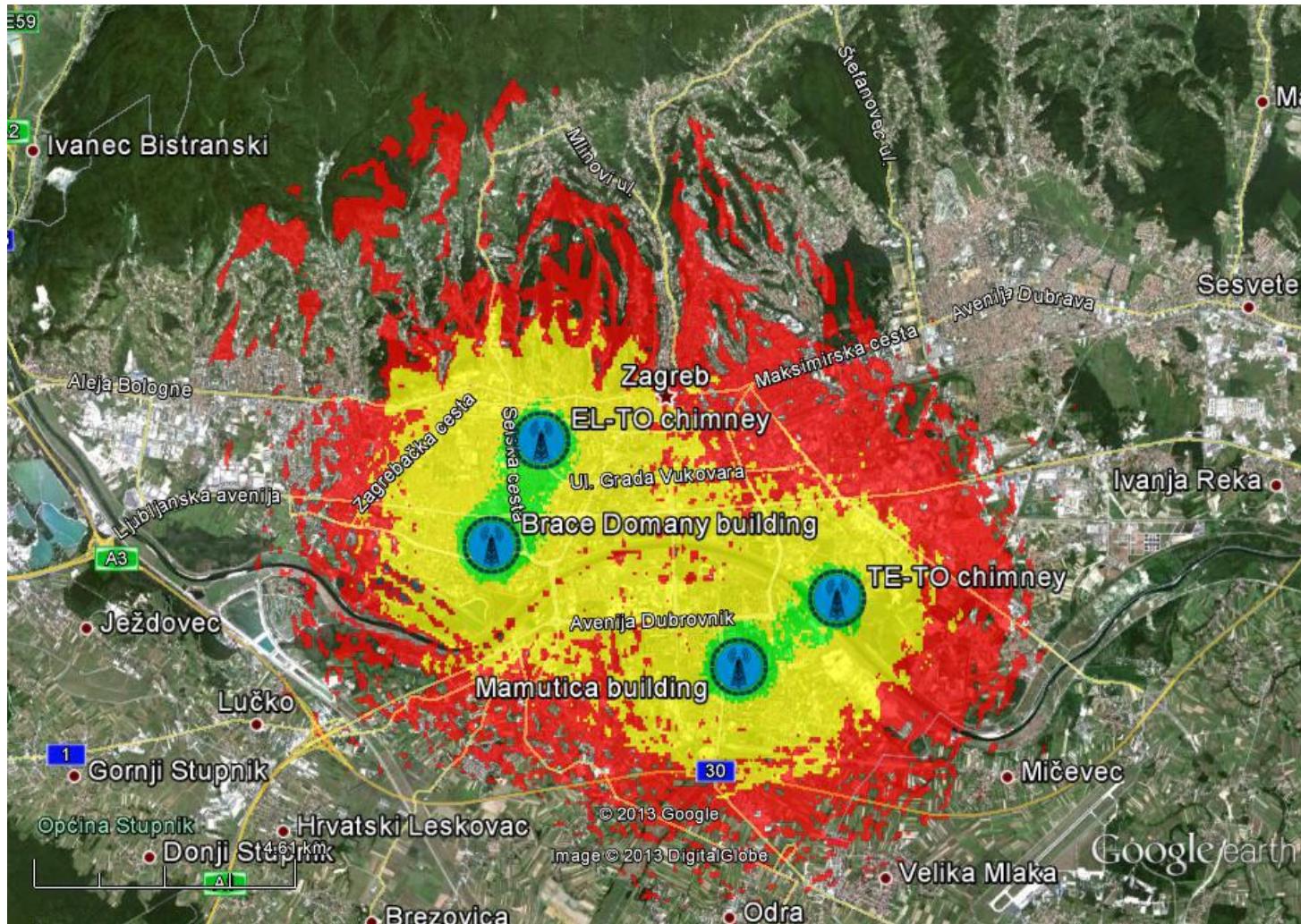
## 30 dB atenuacija



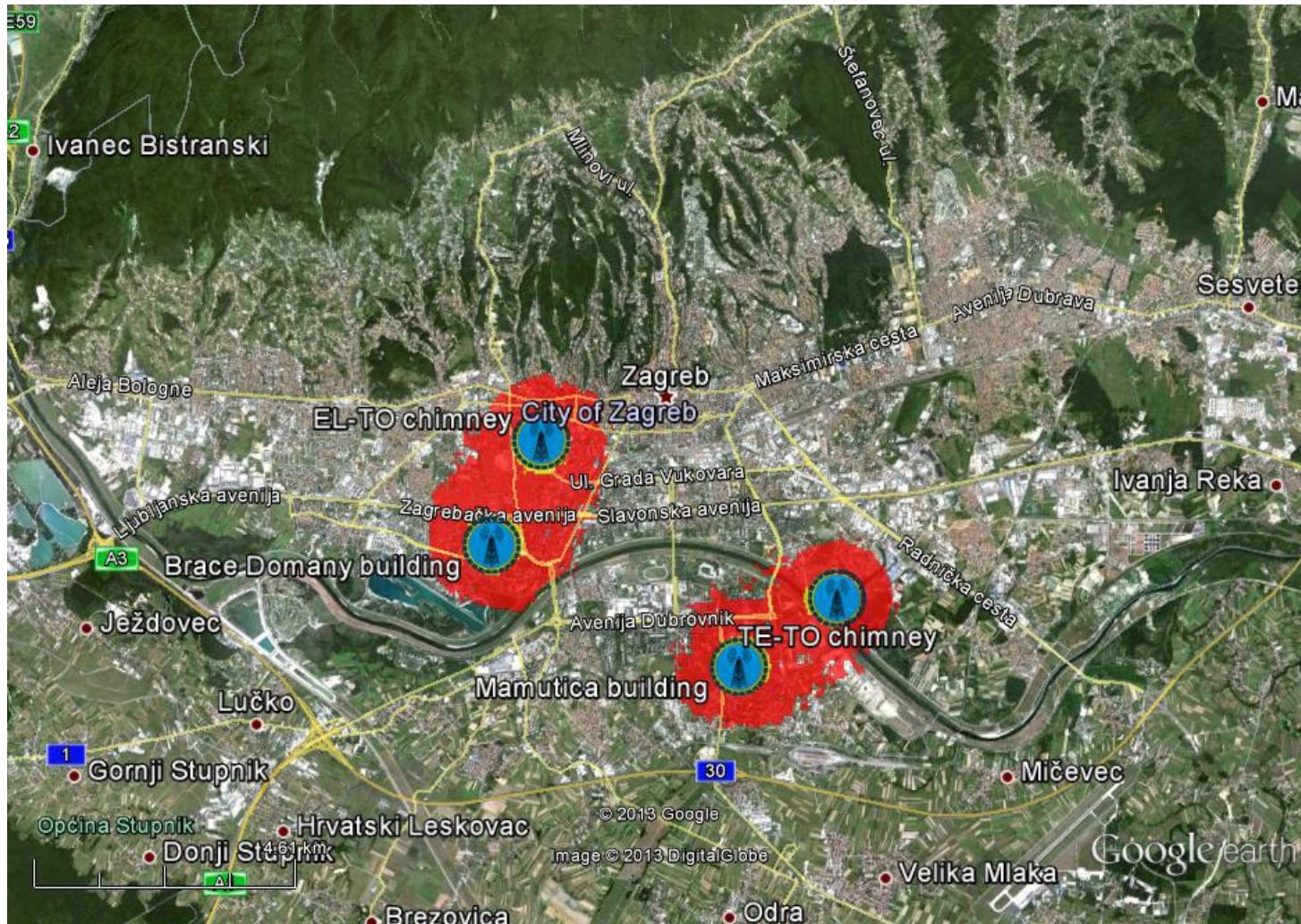
# 10 dB atenuacija



## 20 dB atenuacija

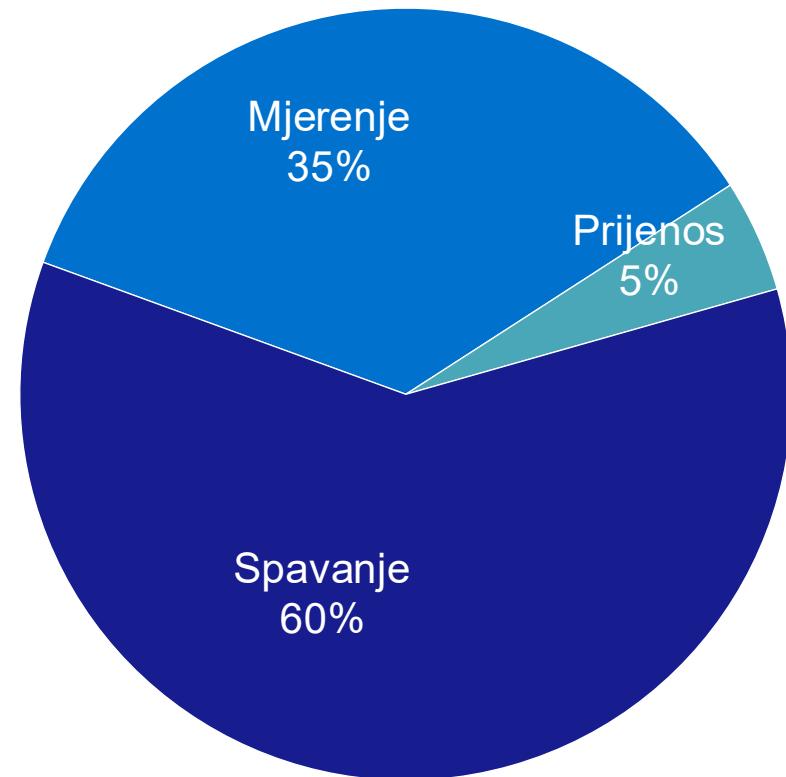


## 30 dB atenuacija



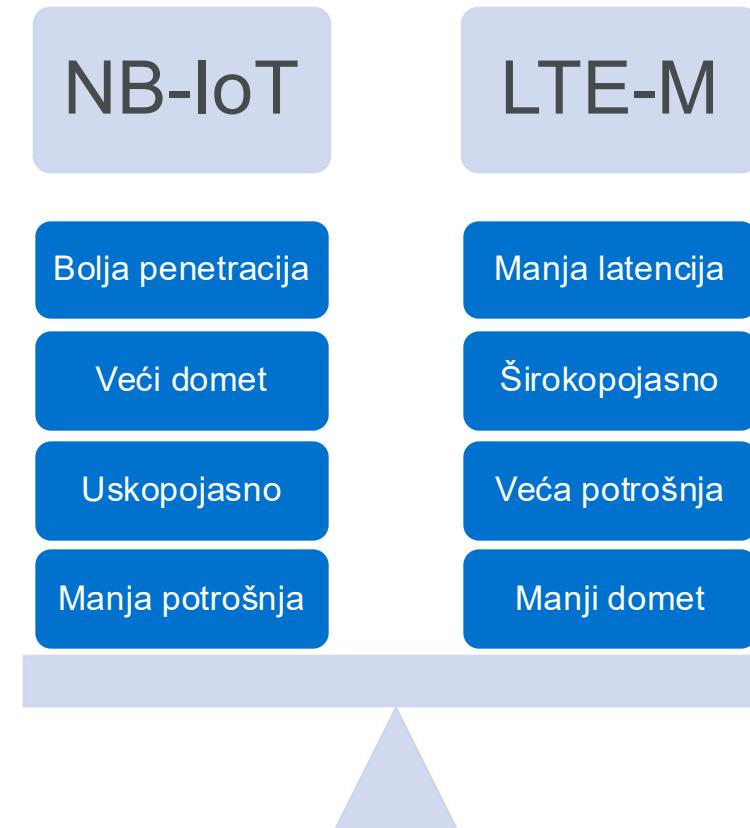
## 2. Napajanje

- Glavni izvori potrošnje:
  - Mjerenje (potrošnje senzora)
  - Komunikacija sa senzorom
    - Čekanje podataka
    - Zahtjevni protokoli (I2C, 0-20 mA itd.)
  - Slanje podataka
  - Obrada podataka (rjeđe)
- Zahtijeva analizu potrošnje
  - Snimanje profila potrošnje
  - Optimiranje mjerjenja i komunikacije



### 3. Količina podataka

- Obrnuto proporcionalna sa pokrivenošću
- Veća količina podataka:
  - Veći širina pojasa
  - Veći link budget
  - Duži time slot
- Sužava izbor tehnologije
- Utječe na cijenu
  - Veće baterije ili skupo fiksno napajanje



# LoRa vs NB IoT

## LoRa

- 300 kbps
- Proširenje dometa – prema potrebi
- Besplatna mreža, ali morate je izgraditi
- Manja latencija
- **CAPEX**

## NB IoT

- 250 downlink / 66 uplink
- Veća propusnost
- Problemi s mrežnom pokrivenošću
- Veće baterije ili fiksna snaga (skupo)
- Velika latencija
- **OPEX**

## LoRa

Bolja penetracija

Veći domet

Privatna mreža

Nelicencirani  
spektar

## NB IoT

Veća potrošnja

Niži domet, bez  
pokrivenosti

Jednostavan za  
implementaciju

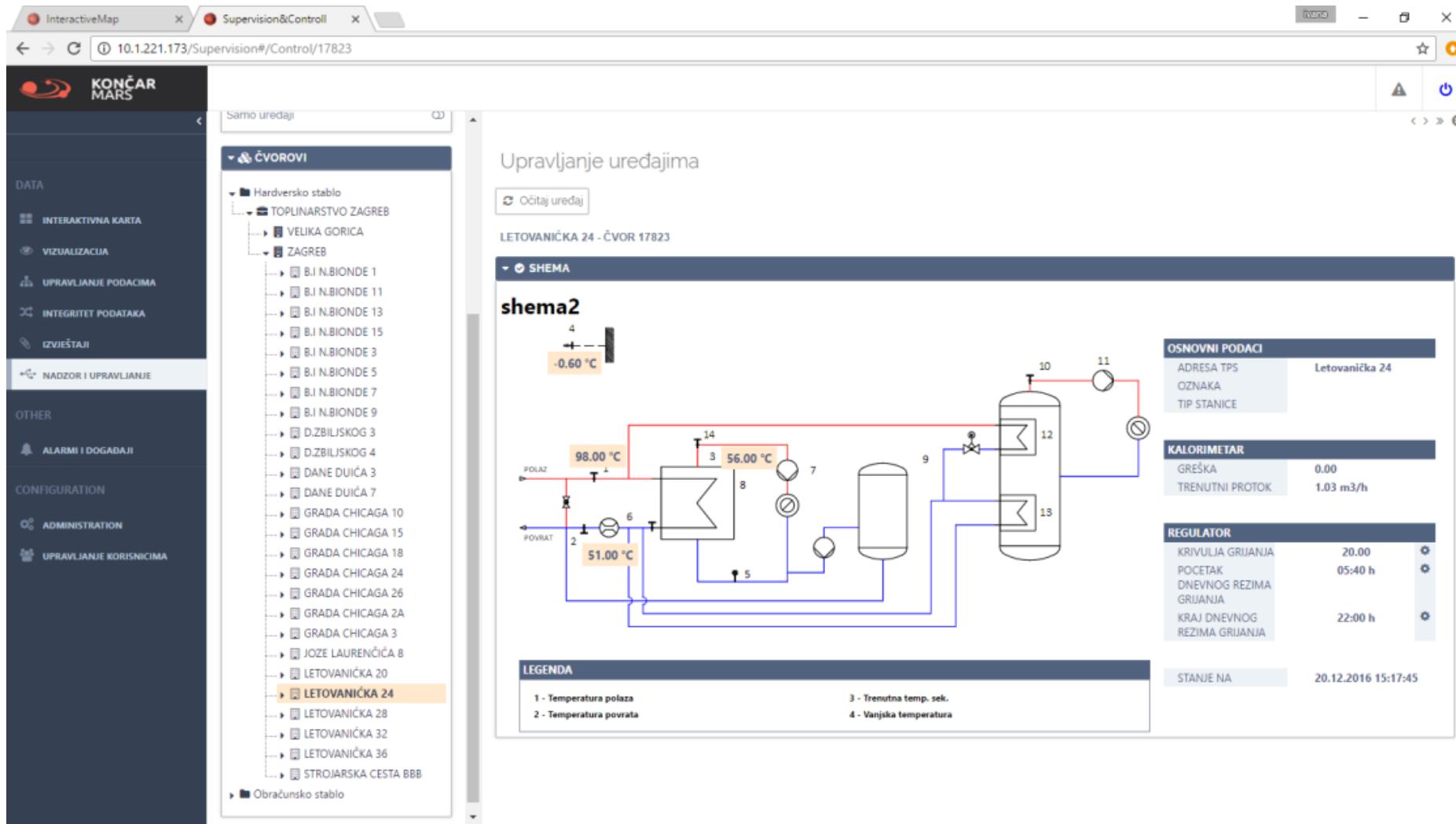
Mobilna mreža



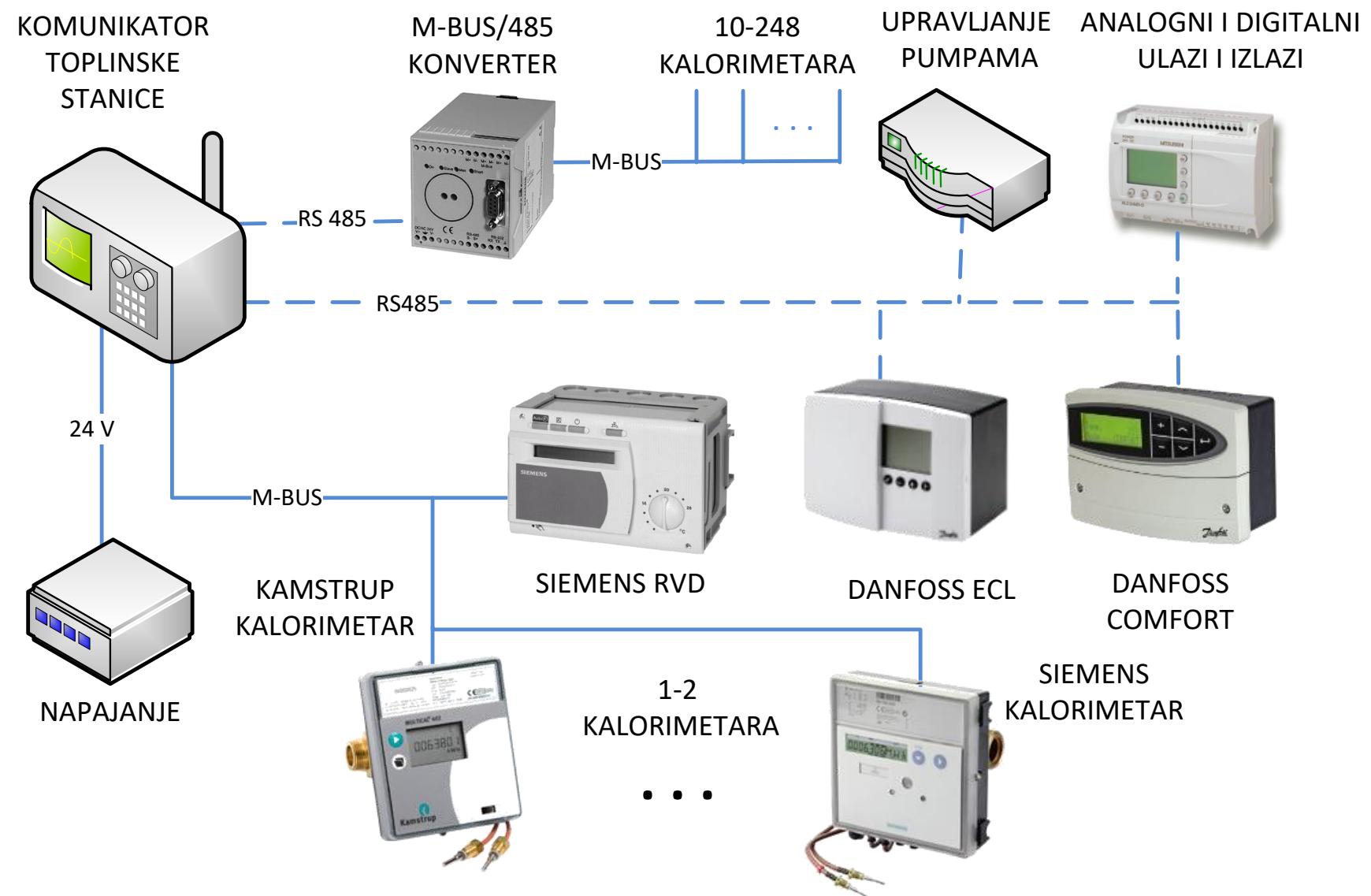
# Performanse – laži, pretjerivanja i opet laži

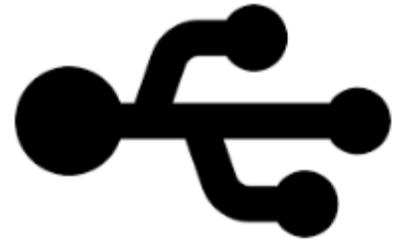
Name	IEEE 802.15.4	SIGFOX	RPMA	LORA	NB-IOT	LTE-M	5G
Logo							
Range	< 1 km	<13 km	< 53 km	< 11 km	< 15 km	< 11 km	< 15 km
MCL (Max loss)	120 dB	160 dB	177 dB	157 dB	164 dB	156 dB	164 dB
Band width	Unlic. 900 MHz 1 Mhz	Unlic. 900 MHz 100 Hz	Unlic. 2,4 GHz 1 MHz	Unlic. 900 MHz <500 kHz	Licenced 7-900 MHz 200 kHz ili dijeljen	Licenced 7-900 MHz 1,4 MHz ili dijeljen	Licenced 7-900 MHz dijeljen
Speed	< 1 Mbps	< 100 bps	< 19 kbps	< 10 kbps	< 150 kbps	< 1 Mbps	< 1 Mbps
Battery	< 20 g	> 10 g.	> 10 g.	> 7 g.	> 10 g.	> 5 g.	> 10 g.
Availability	2005	2012	2011	2013	2019	2020	> 2021

# Primjer: Napredno upravljanje HVAC sustavima



# Toplinarstvo Zagreb i Beogradske elektrane





**PLUG & PLAY**

**VS.**

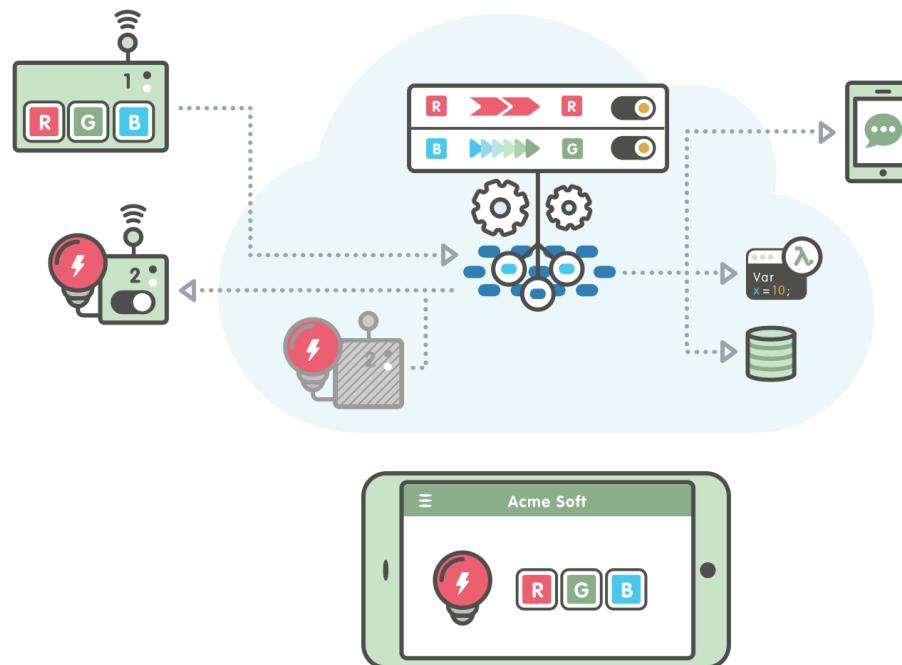
**PLUG & PRAY**



HOW IT WORKS

## AWS IoT Interactive Tutorial

- 1 Device Gateway
- 2 Rules Engine
- 3 Rule actions
- 4 Device Shadows
- 5 Build solutions
- 6 Done

[Exit tutorial](#)[Get started](#)

## Get started

This interactive tutorial has demonstrated the following features of AWS IoT:

Connect things to the Device Gateway  
Process and act on data with the Rules Engine  
Read and set device state with Shadows

You can now get started by creating a thing of your own.

You can learn more by reading the getting started guide or repeating this tutorial.



English

## AWS IoT

Developer Guide



Documentation - This Guide ▾

Search

[+ What Is AWS IoT?](#)[+ Getting Started with AWS IoT](#)[+ AWS IoT Rules Tutorials](#)[+ AWS IoT SDK Tutorials](#)[+ AWS IoT Additional Tutorials](#)[+ Managing Devices with AWS IoT](#)[+ Tagging Your AWS IoT Resources](#)[+ Security and Identity](#)[- Message Broker](#)[- Protocols](#)[+ MQTT](#)[□ HTTP](#)[□ MQTT over the WebSocket Protocol](#)[+ Rules](#)[□ Basic Ingest](#)

AWS Documentation » AWS IoT » Developer Guide » Message Broker for AWS IoT » Protocols

## Protocols

The message broker supports the use of the MQTT protocol to publish and subscribe and the HTTPS protocol to publish. Both protocols are supported through IP version 4 and IP version 6. The message broker also supports MQTT over the WebSocket protocol.

### Protocol/Port Mappings

The following table shows each protocol supported by AWS IoT, the authentication method, and port used for each protocol.

#### Protocol, Authentication, and Port Mappings

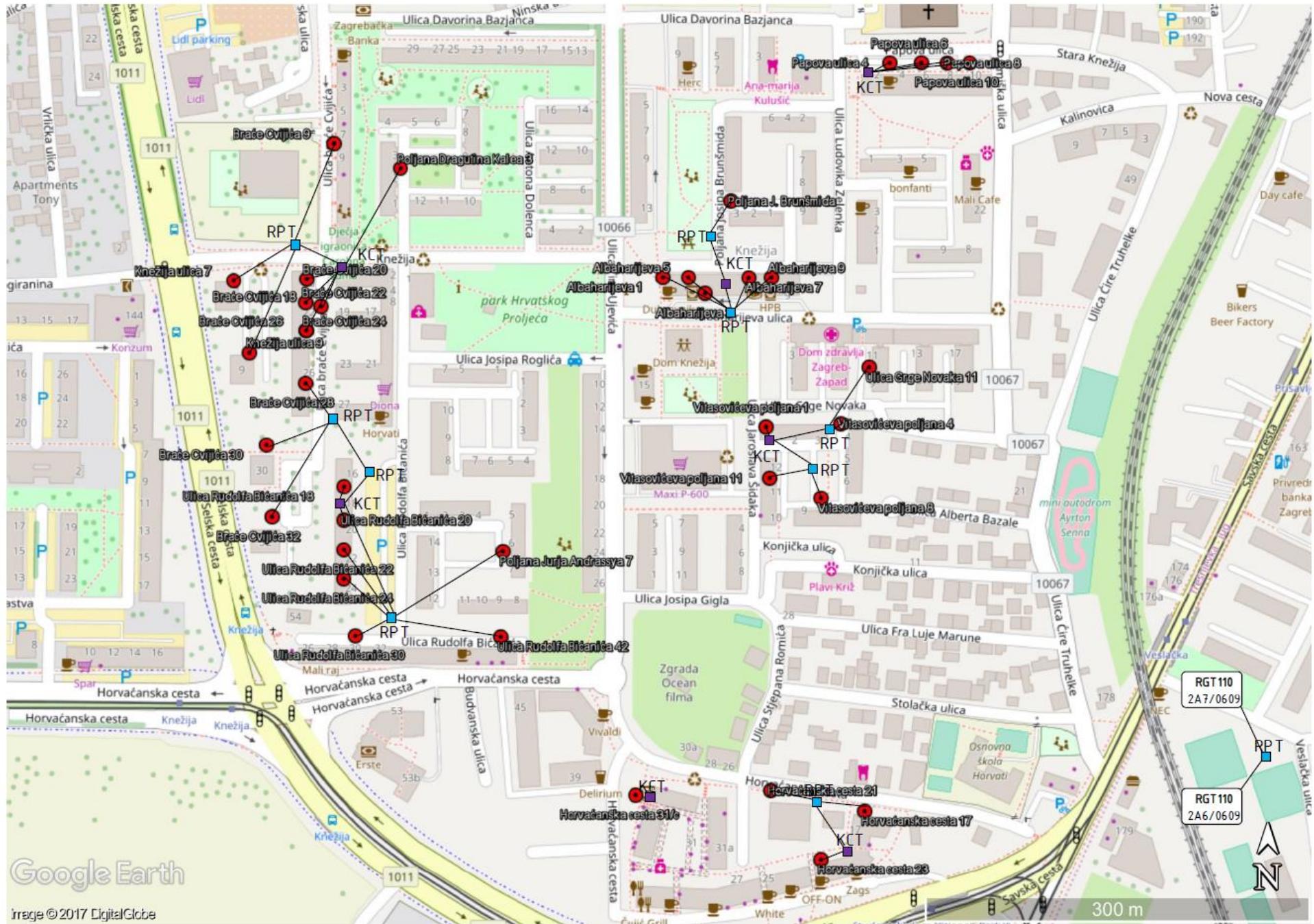
Protocol	Authentication	Port	ALPN ProtocolName
MQTT	X.509 client certificate	8883, 443 <sup>†</sup>	x-amzn-mqtt-ca
HTTPS	X.509 client certificate	8443, 443 <sup>†</sup>	x-amzn-http-ca
HTTPS	SigV4	443	N/A
MQTT over WebSocket	SigV4	443	N/A

<sup>†</sup>Clients that connect on port 443 with X.509 client certificate authentication must implement the [Application Layer Protocol Negotiation \(ALPN\)](#) TLS extension and use the [ALPN ProtocolName](#) listed above in the [ALPN ProtocolNameList](#) sent by the client as part of the ClientHello message.

# Example: MARS 2

The screenshot displays the KONČAR MARS 2 software interface, which includes several interconnected modules:

- Data Management:** Shows a tree view of nodes under "Channel 2". Components listed include Variable, Ethernet, Normalization, and Validation.
- Channel 2:** A configuration screen for "Channel 2" with tabs for "Edit" and "Add new component".
- Validation:** A validation module showing a list of data points and their values, such as "9.38 2.49" and "7.96 2.1".
- Data Visualization:** A complex dashboard featuring:
  - An interactive map of Karlovac, Croatia, with red markers indicating device locations.
  - A line graph comparing "RGT 100/Active energy[10]" (blue line) and "RGT 101/Active Energy[12]" (green line) over time.
  - A detailed table of data points with columns for "Timestamp", "RGT 100/Active energy[10]", and "RGT 101/Active Energy[12]".



Google Earth

Image © 2017 DigitalGlobe

forvis  
mazars



# Shell Petroleum Development Company of Nigeria

**Business Wire**  
A Berkshire Hathaway Company



## Ingenu and KONČAR Partner with Shell to Deliver Digital Oilfield Connectivity to Nigeria Pipeline Facility

*Shell realizes \$1 million savings on Internet of Things network infrastructure investment*

March 30, 2016 08:00 AM Eastern Daylight Time

SAN DIEGO & ZAGREB, Croatia—(BUSINESS WIRE)—Ingenu, the pioneer in delivering connectivity exclusively to machines, and KONČAR INEM, a producer of industrial electronics and power electronics devices and systems, today announced the delivery of a robust Internet of Things (IoT) connectivity solution to provide digital oilfield capabilities to the Shell Nigeria pipeline facility, at a significant cost savings of over \$1 million in infrastructure investment. Integrated and supported by Upland Consulting, a technology services firm based in Nigeria, the Digital Oilfield (DOF) solution provides pipeline surveillance and wellhead monitoring capabilities to remote infrastructure in the Niger Delta.

"The key criteria for selecting a solution were the technology's ability to cover difficult terrain, power performance, and long-range transmission as well as network scalability, two-way communications, and secure data transmission. Ingenu's RPMA offered all of these attributes and eclipsed the competition with its connectivity, network capacity, and exceptional value."

**IoTnow**  
HOW TO RUN AN IoT ENABLED BUSINESS

≡ 🔎 SECTIONS ▾

Ingenu and KONČAR partner with Shell to bring 'Digital Oilfield' connectivity to Nigeria



Shell saves \$1 million using IoT

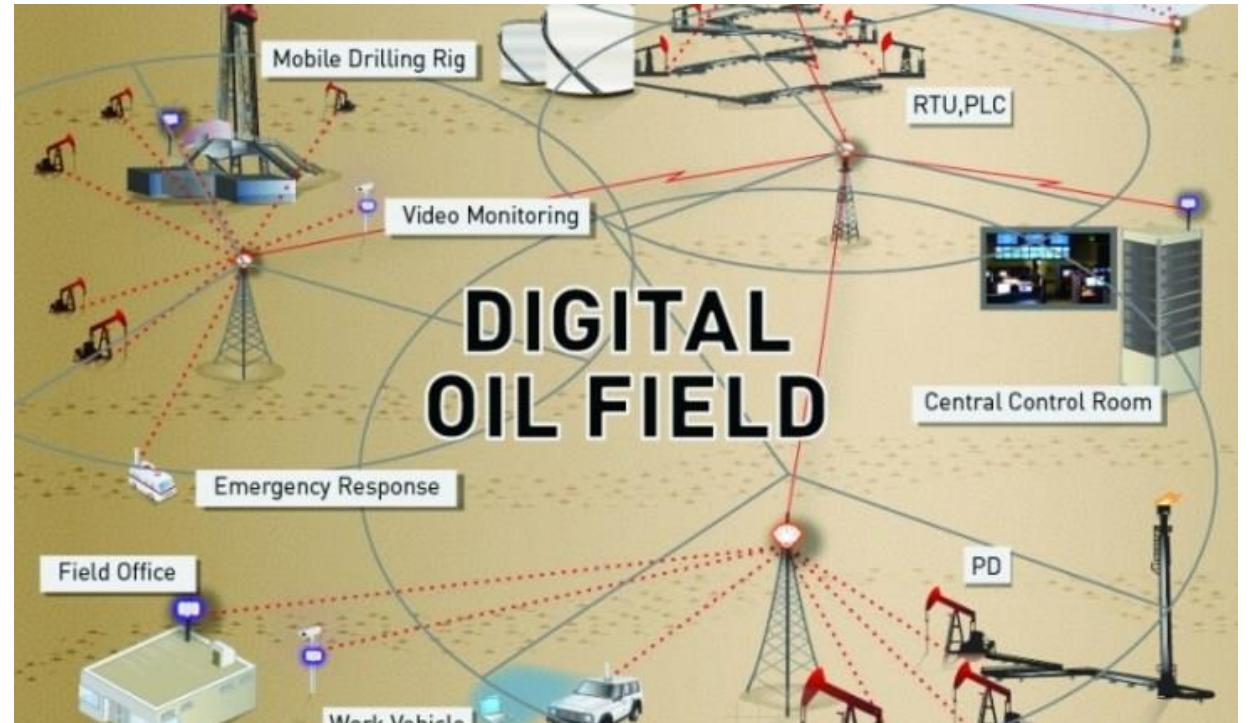
NEWS

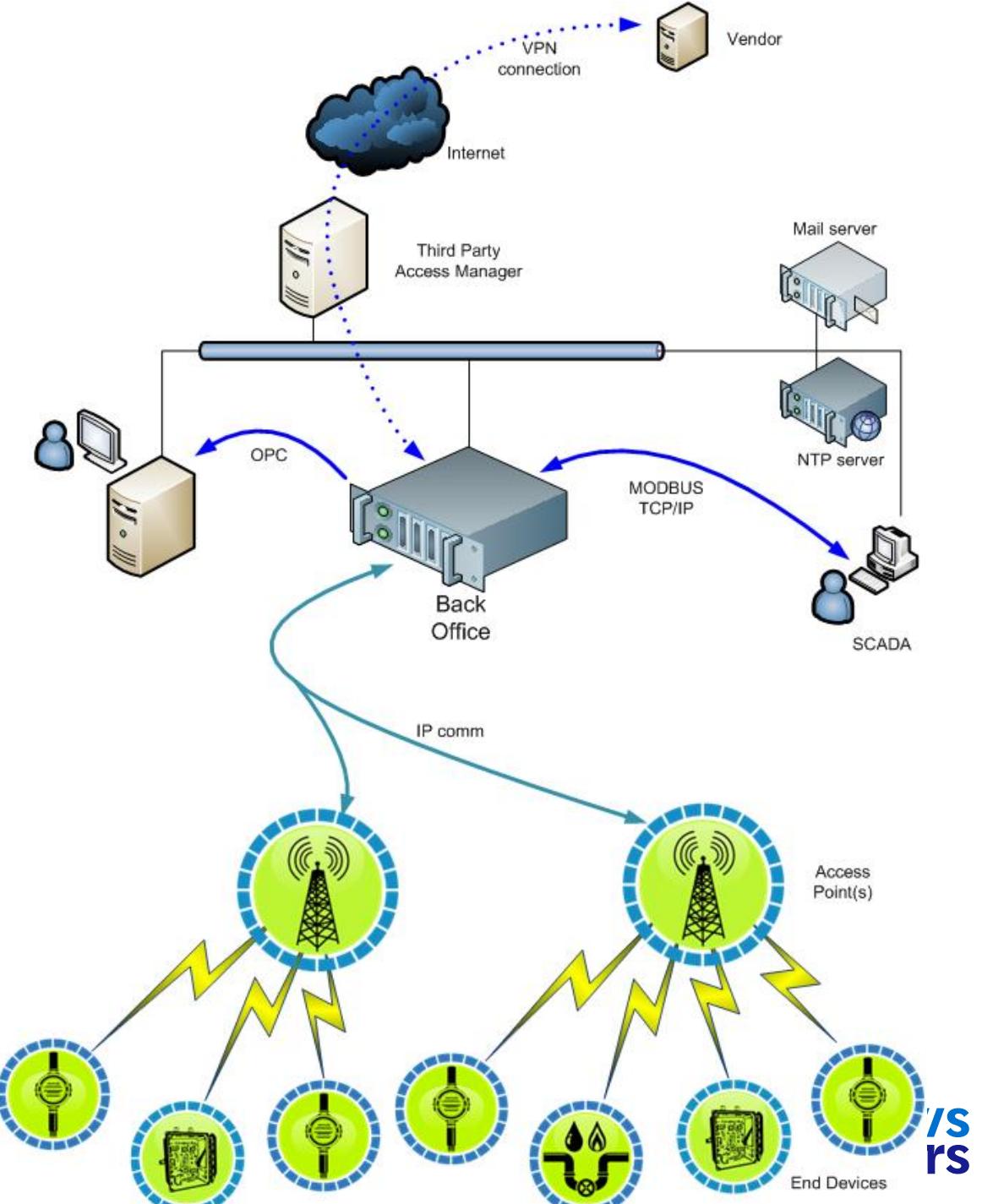
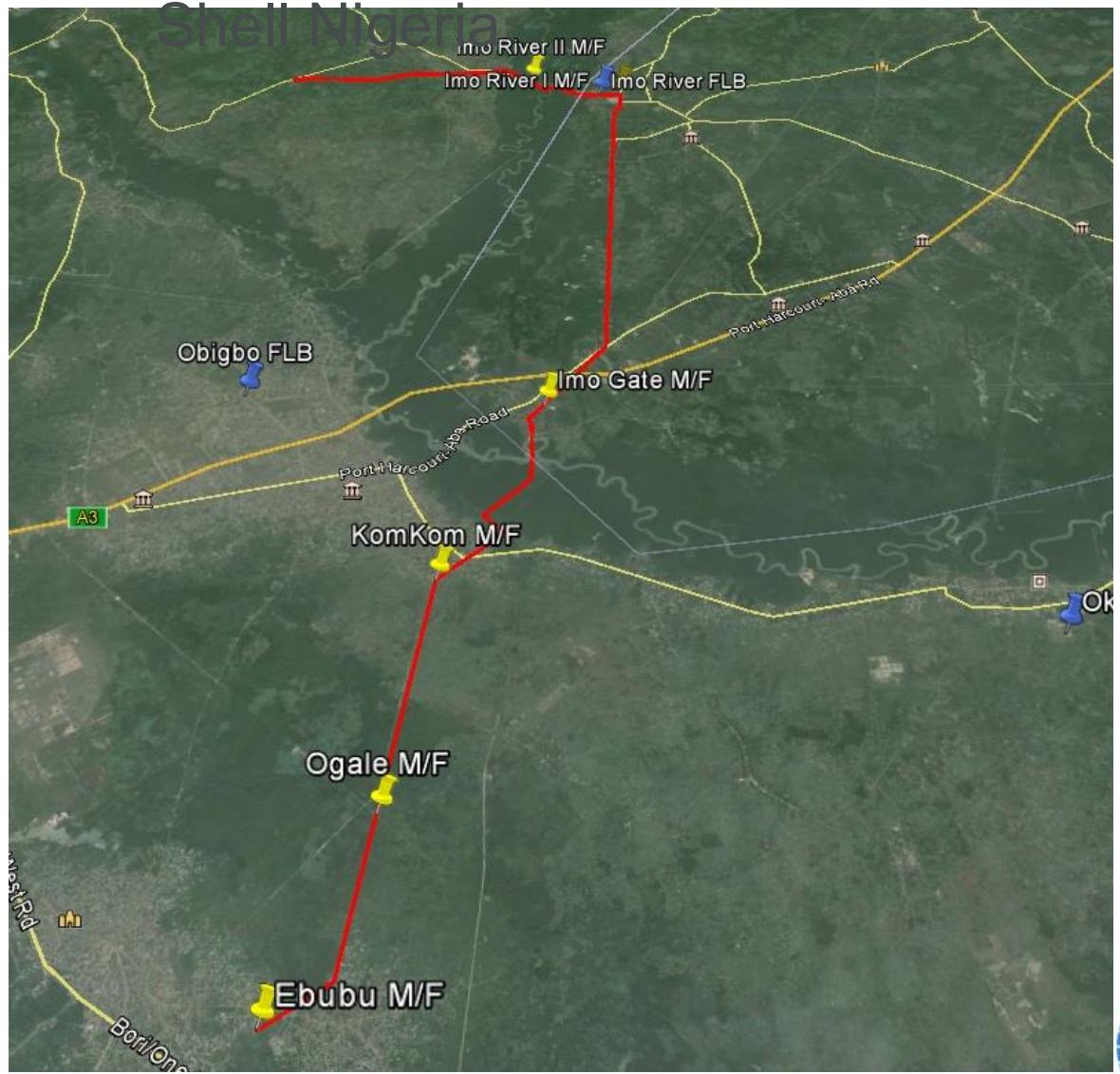
## Shell saves \$1 million using IoT

By Rene Millman - March 31, 2016

# Digital Oilfield

- 400 km cjevovoda
- Pokriveno vlastitom RPMA mrežom
- Integracija sa mjernim sustavima
- Mjerenja: svaka 2 min
- Slanje svakih ~30 min
- Životni vijek: >2 god
- Integracija sa SCADA sustavom
- Device Management Studio





# Kako uspjeti sa IoT projektom?

- Parcijalna rješenja nisu dovoljna
- Potrebno je biti stvarno „Smart”
  - Primijeniti „**IoT Survival Model**”
  - Prilagoditi rješenje stvarnom procesu
  - Pokriti sve rizike
- Poželjan partner:
  - Pokriva većinu područja
  - Ne ovisi o proizvođaču
  - Lako se integrira i prilagodi
  - Solidne reference







# Mjesečni troškovi automobila



~ 550 EUR/MJESEC





Prosječna plaća:

**1178 EUR**

**4 h/day**

Prosječni trošak automobile

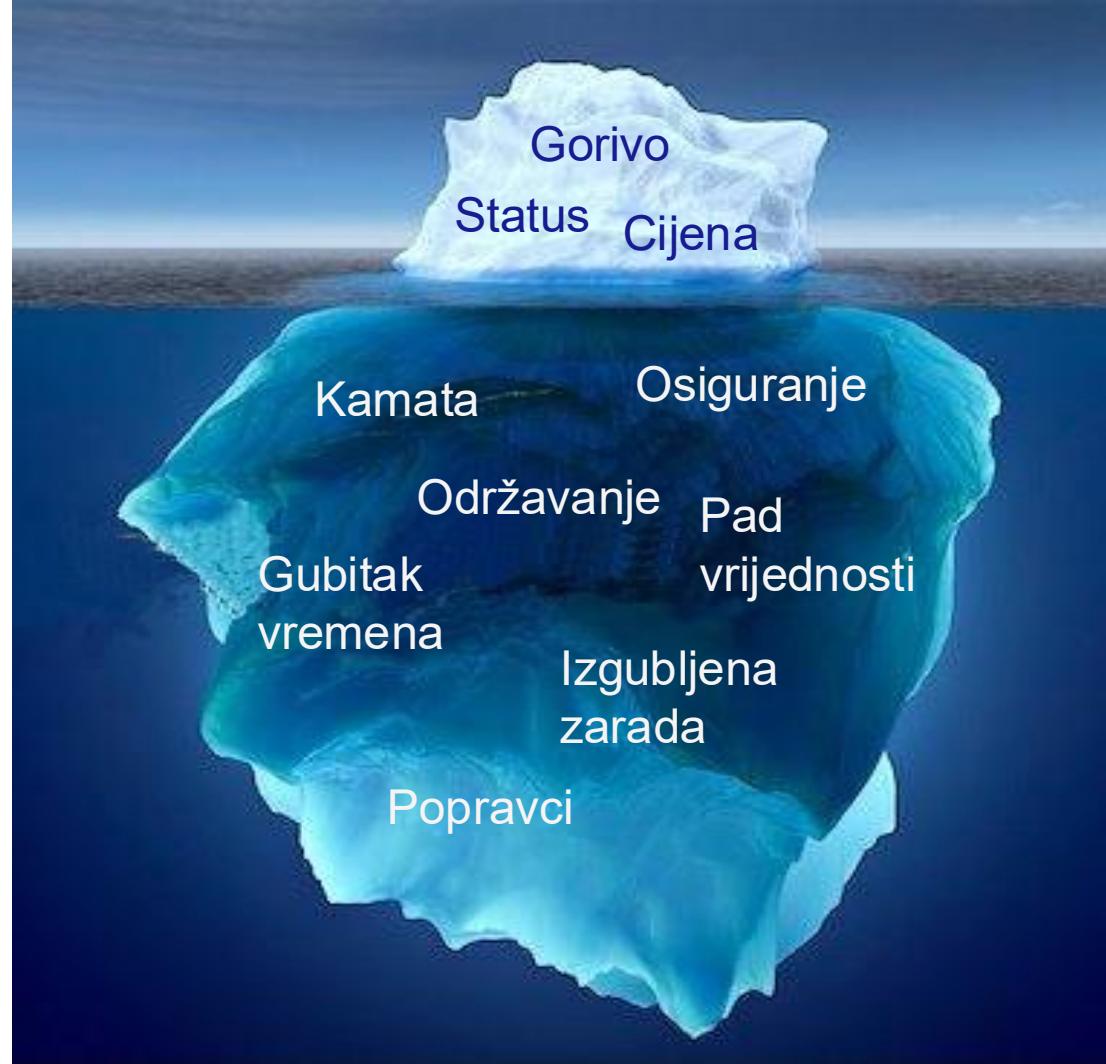
**550 EUR**

**30 min/day**

\*Zavod za vozila hrvatske

# Cijena - Total cost of ownership

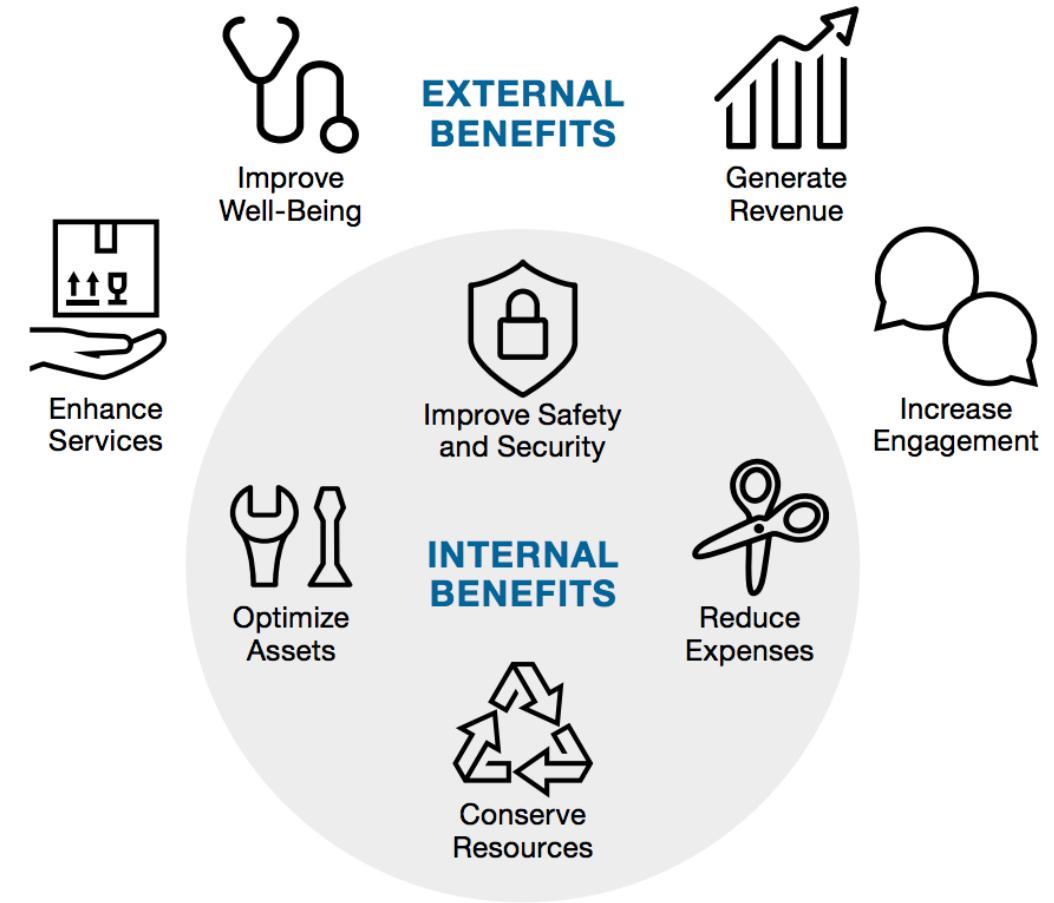
- Capital Expenditure – prenaglašen
- Operating Expenditure – podcijenjen
  - Troškovi prijenosa podataka
    - Zastarijevanje tehnologija (2G se gasi!)
    - Licenca + održavanje mreže vs. M2M promet itd.
  - Zamjena: baterija, senzora (kalibracija)
  - Zaštita: otpornost na vandale, krađu, itd.
  - Posebni zahtjevi znaju otežavati održavanje:
    - IP68, ATEX, Ex
    - Dijeljenje podataka s trećom stranom
    - Održavanje – troškovi, mog. nadogradnje
  - Aplikacija: održavanje i integracije



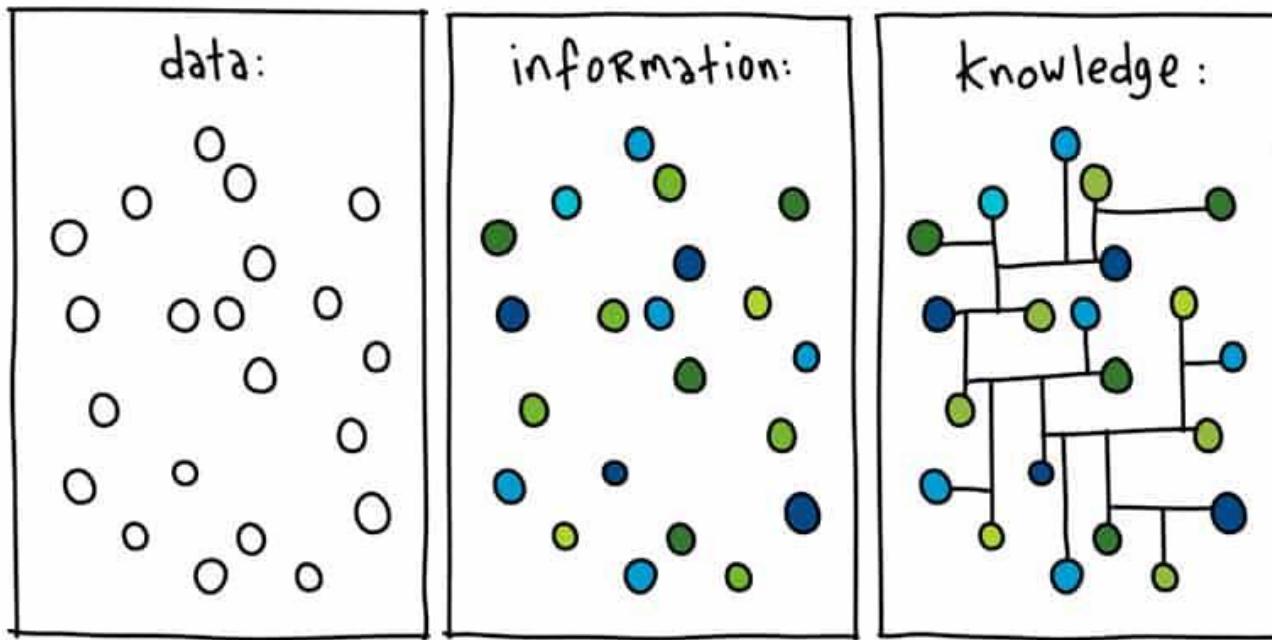
# Business Value Assessment

- Najvažnije pitanje kada se radi o cijeni
- **Kolika je vrijednost investicije za posao?**
- Izazov br.1:
- Promjena načina razmišljanja
- Stvorite okvir osnovnih i naprednih koristi
- Utvrdite nove mogućnosti
- Kombinirajte s drugim tehnologijama / rješenjima (AI itd.)

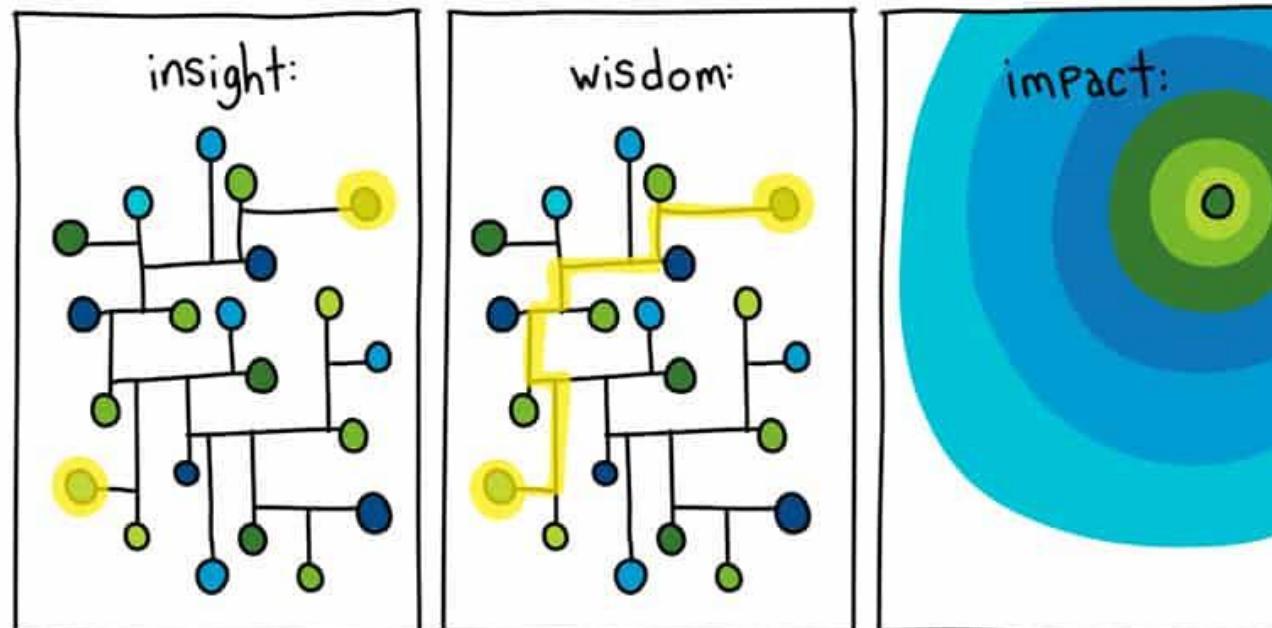
Izvor: Gartner



IOT + AI



Ljudsko

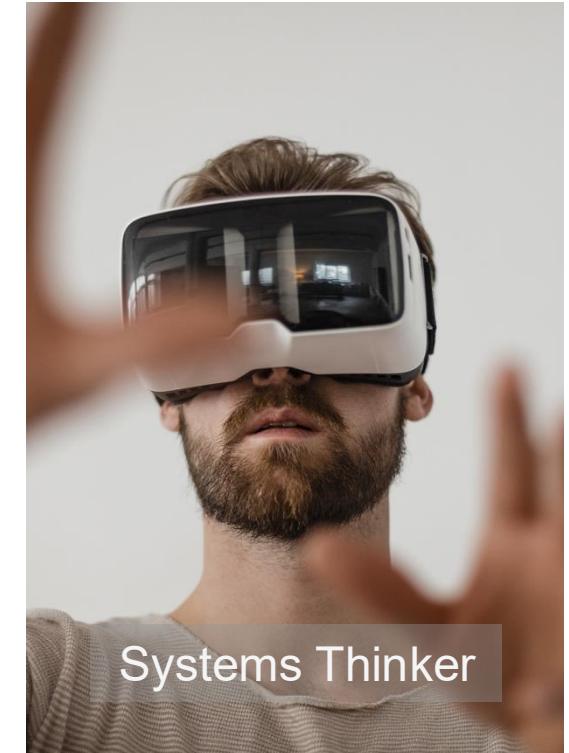


gapingvoid®  
Culture Design Group

@gapingvoid

forvis  
mazars

Povijest nas je naučila da tko upravlja znanjem  
**Zapravo vlada svjetom!**



Who did the biggest world disruption?



The team did.



The team did.

Kontakt:

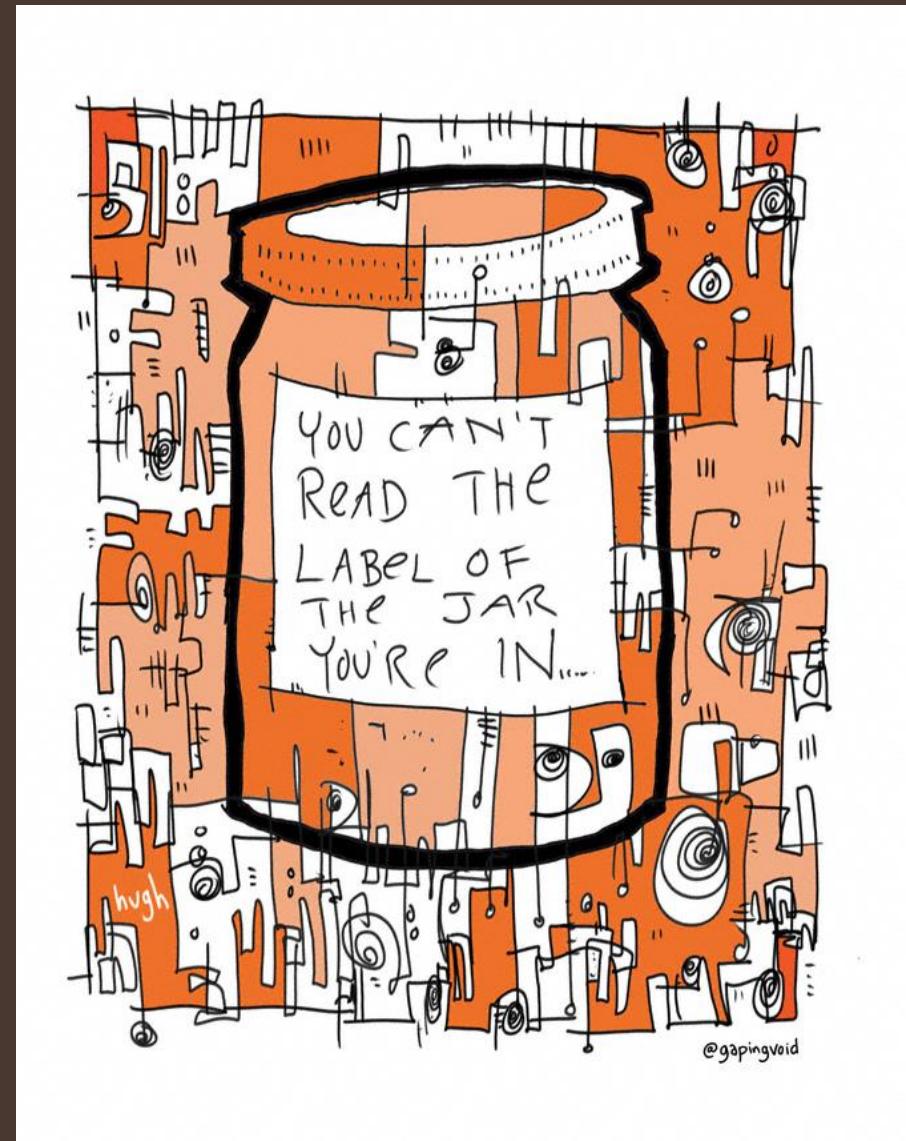
Dr.sc. Drago Cmuk, EMBA  
Partner za digitalno savjetovanje

Forvis Mazars Digital  
Strojarska 20/16.kat  
Zagreb, Croatia

[drago.cmuk@mazars.hr](mailto:drago.cmuk@mazars.hr)

Mazars je međunarodno integrirano partnerstvo, specijalizirano za reviziju, računovodstvo, finansijsko i porezno savjetovanje. Poslujući u više od 90 zemalja i teritorija diljem svijeta, oslanjamo se na stručnost više od 44.000 profesionalaca – 28.000 u Mazarsovom integriranom partnerstvu i 16.000 preko Mazars North America Alliance – kako bismo pomogli klijentima svih veličina u svakoj fazi njihovog razvoja.

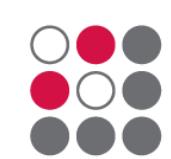
[www.mazars.hr](http://www.mazars.hr)



**FER - Mobilni Internet**

**LPWAN tehnologije**

**Darko Žvan, Zagreb, 3.11.2025.**



# Tko smo i što radimo?

Integriramo proizvode naprednih tehnologija s profesionalnim uslugama i kreiramo  
**CJELOVITA KOMUNIKACIJSKA RJEŠENJA PO MJERI KORISNIKA**

## Iskusni tim

- ▶ 34 godina iskustva **u radiokomunikacijama** i telekomunikacijama

## Eksperti u komunikacijama

- ▶ specijalizirani za projektiranje i integraciju kompleksnih komunikacijskih rješenja
- ▶ pioniri u implementaciji novih i inovativnih tehnologija

## Prepoznati od korisnika

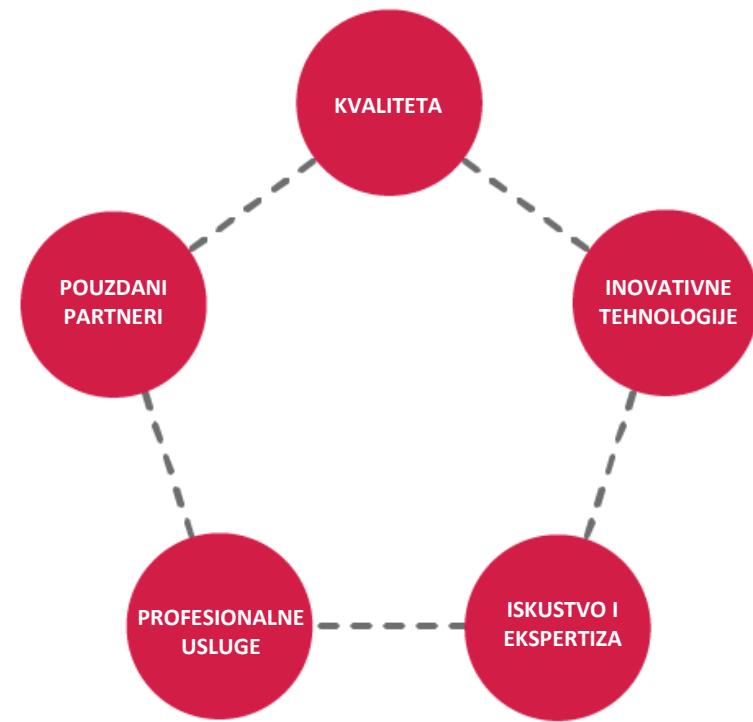
- ▶ jedan od vodećih implementatora telekomunikacijskih rješenja u Hrvatskoj
- ▶ stabilna baza korisnika – dugogodišnja poslovna suradnja s više od 70% korisnika

## Ovlašteni od regulatora

- ▶ ovlašteni od Hrvatske regulatorne agencije - HAKOM

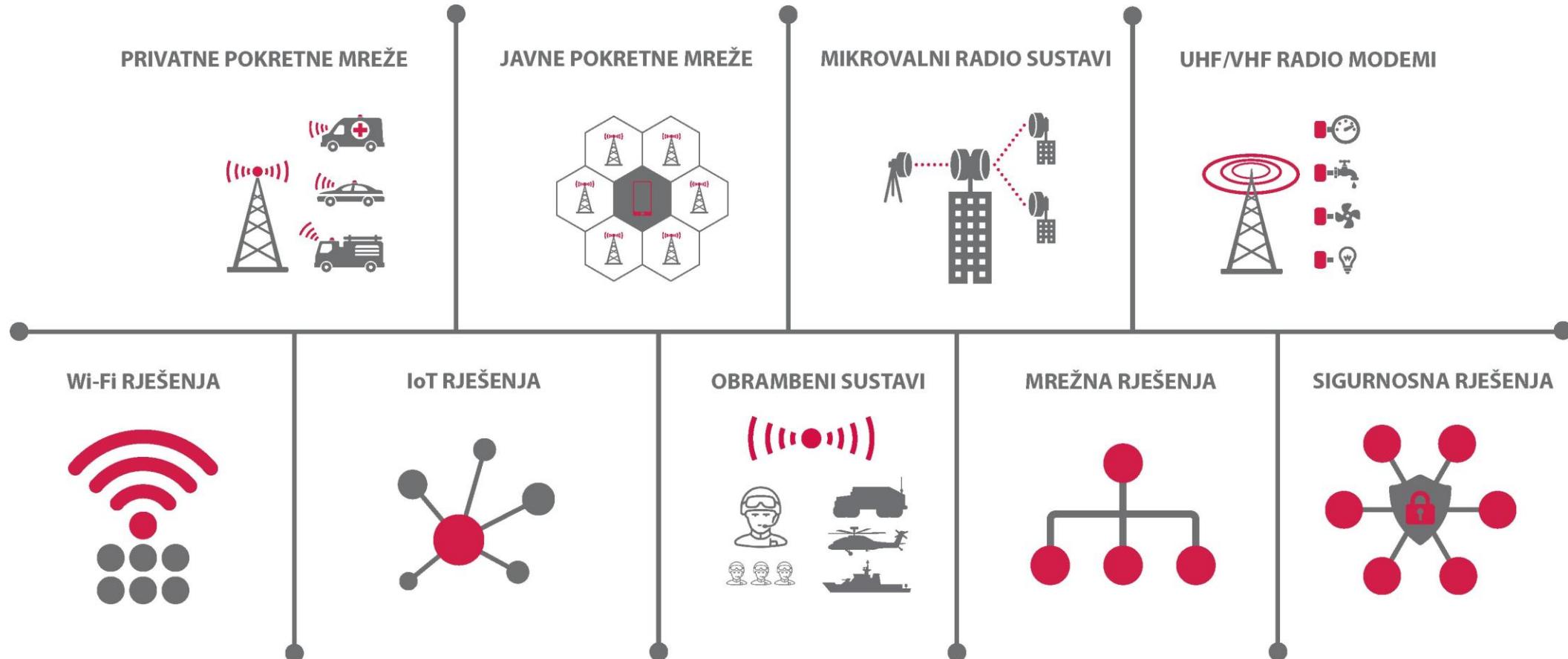
## Kvalitetni i pouzdani

- ▶ ISO 9001 certifikat od 2005.





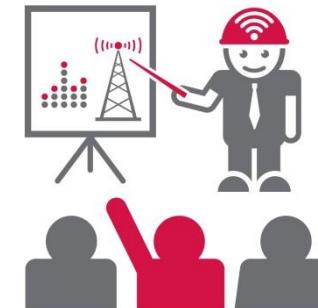
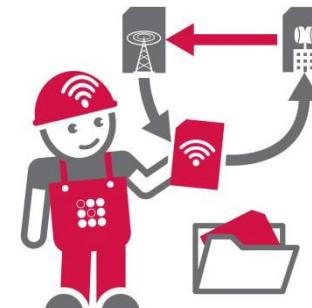
# Naša rješenja





# Professionalne usluge

- ▶ projektiranje i inženjering
- ▶ savjetodavne i edukacijske usluge
- ▶ instalacija i održavanje sustava
- ▶ testiranje, mjerjenje i optimizacija sustava
- ▶ daljinski nadzor mreža
- ▶ upravljanje projektima



# Primjeri projekata

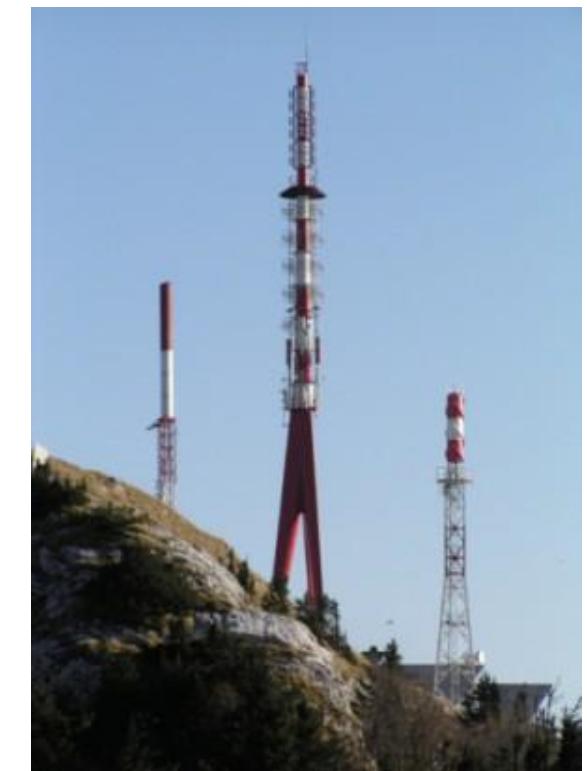
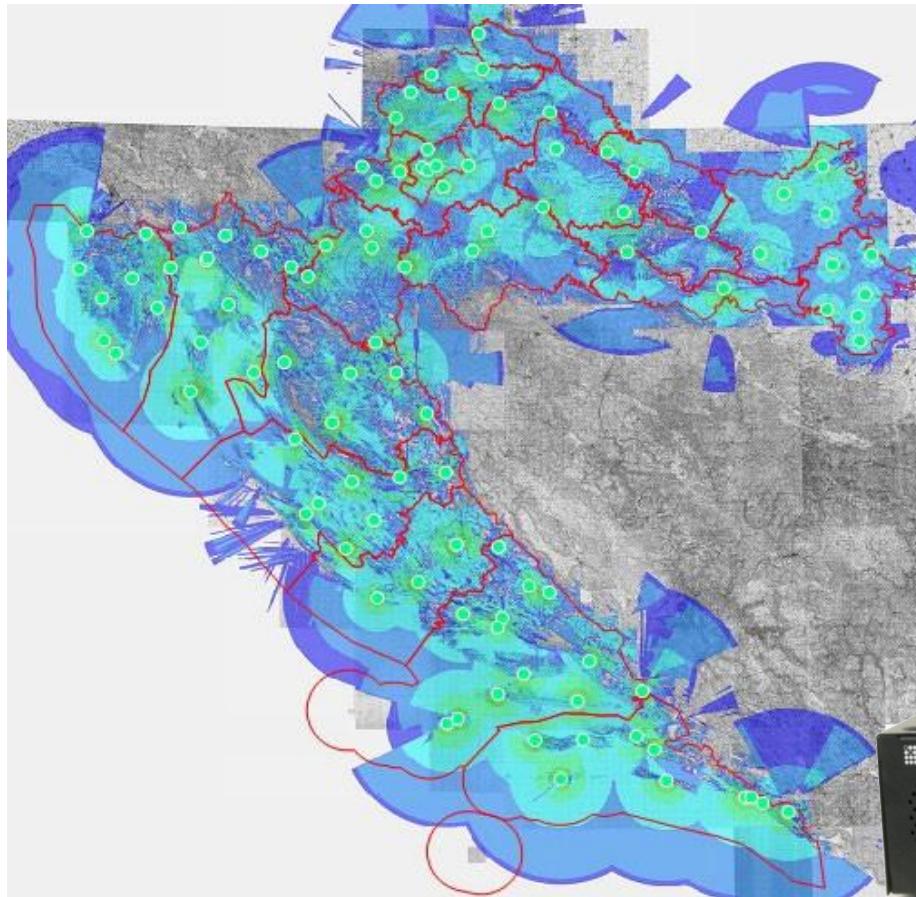


# TETRA



Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske

MUPNet nacionalna TETRA mreža



Referentni projekti

 micro-link

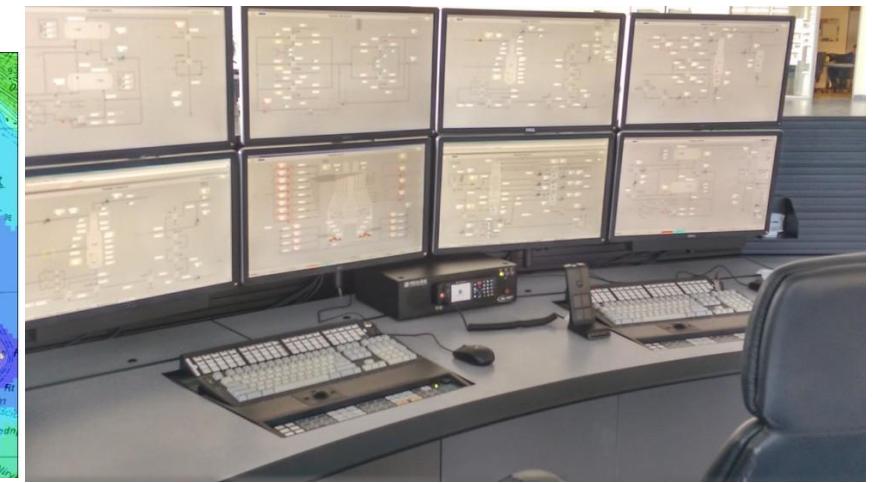
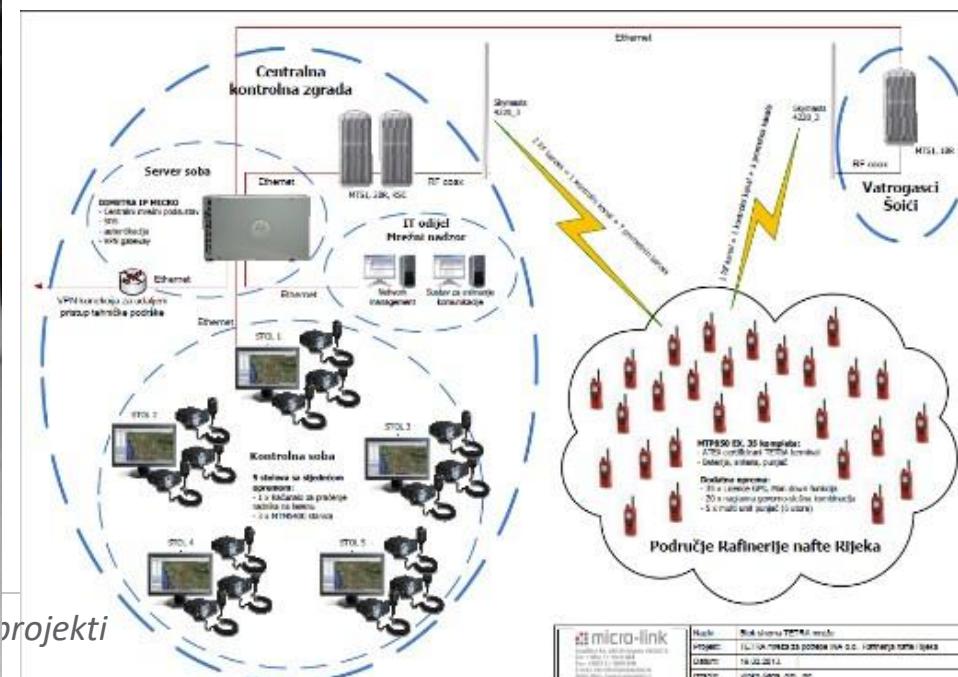
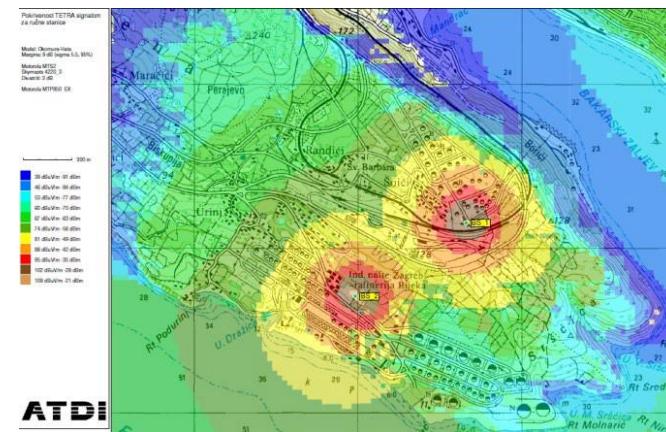


TETRA



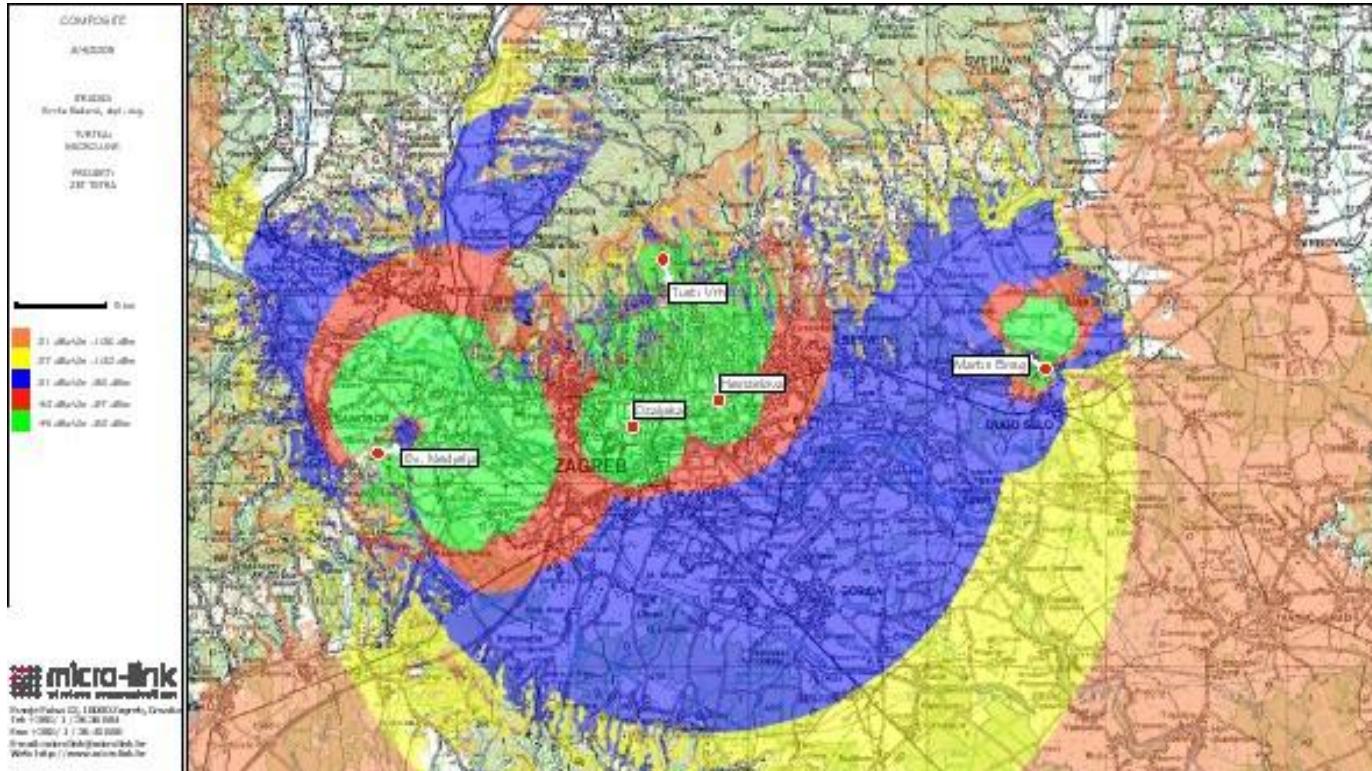
INA-Industrija nafte, d.d.

Privatna TETRA mreža INA Rafinerija nafte Rijeka

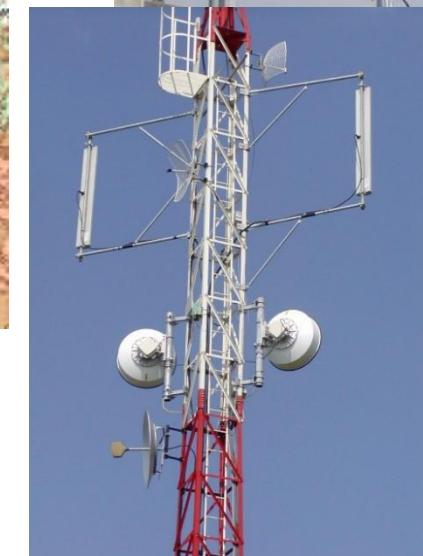




# TETRA / Mikrovalne veze



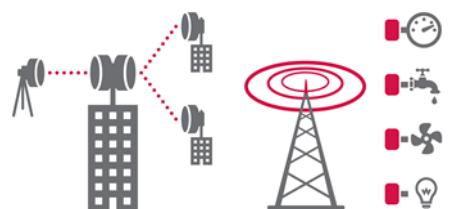
Referentni projekti



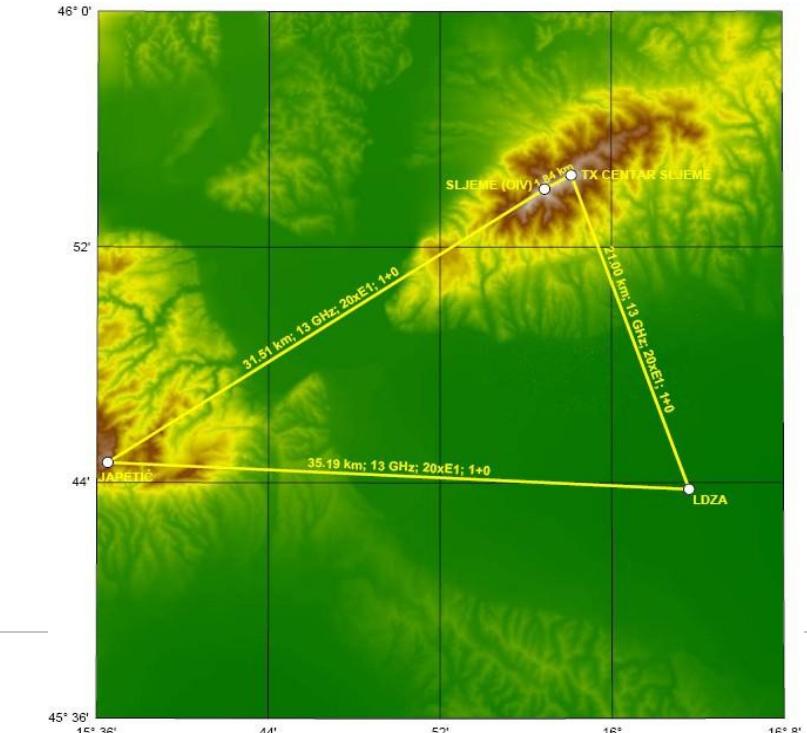
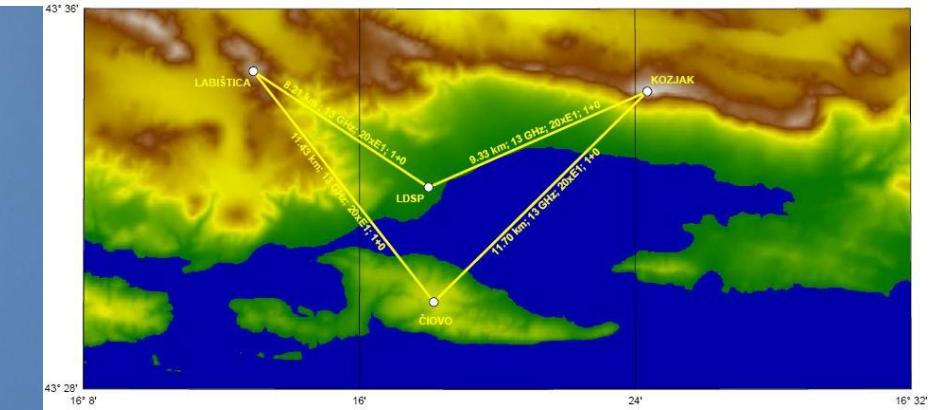


# Licencirane mikrovalne veze / VHF sustav (ground to air)

Hrvatska kontrola zračne plovidbe



Referentni projekti





# Licenciranje MW veze / routeri / VHF analogue bazne stanice / NMS

Plovput d.o.o.



Referentni projekti

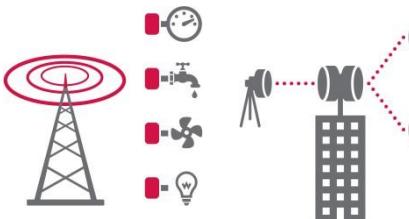


# Licencirane MW veze / routeri / VHF analogne bazne stanice / NMS

Ministarstvo mora prometa i infrastrukture



REPUBLIKA HRVATSKA  
MINISTARSTVO POMORSTVA,  
PROMETA I INFRASTRUKTURE



Referentni projekti

 micro-link



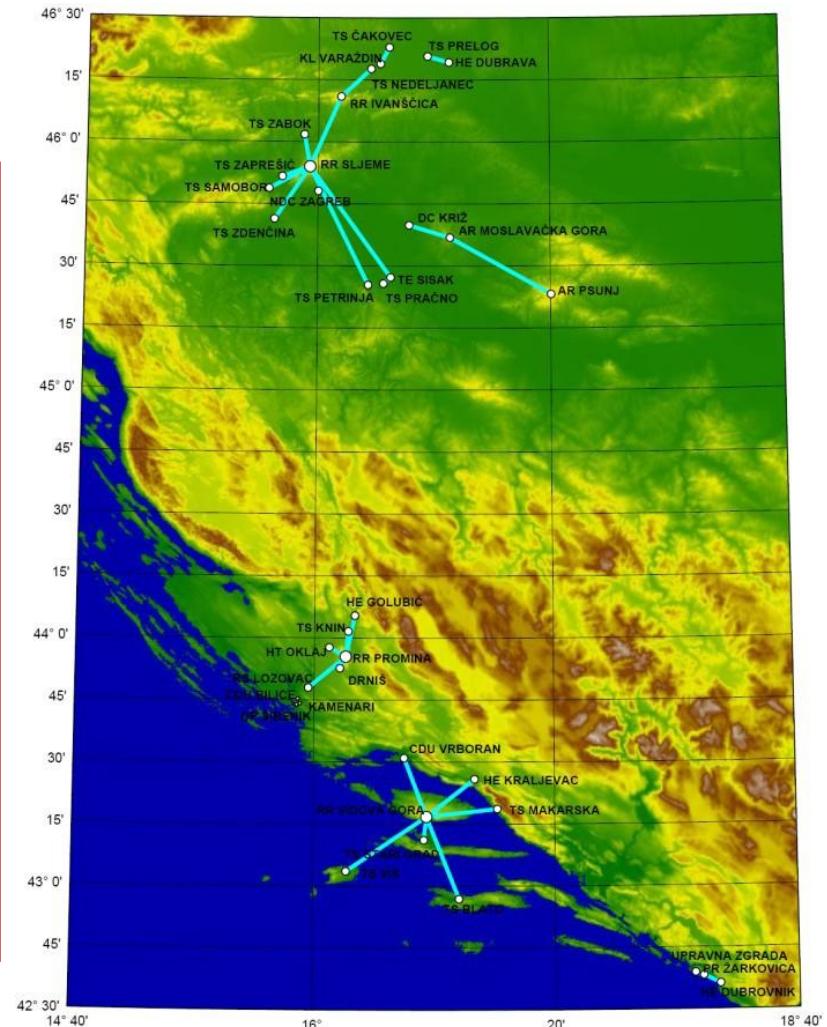
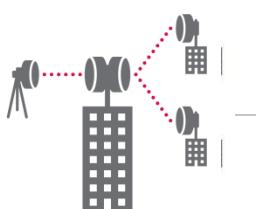
# Licencirani mikrovalni sustavi

Hrvatska elektroprivreda

Podatkovna komunikacijska mreža



Referentni projekti



micro-link

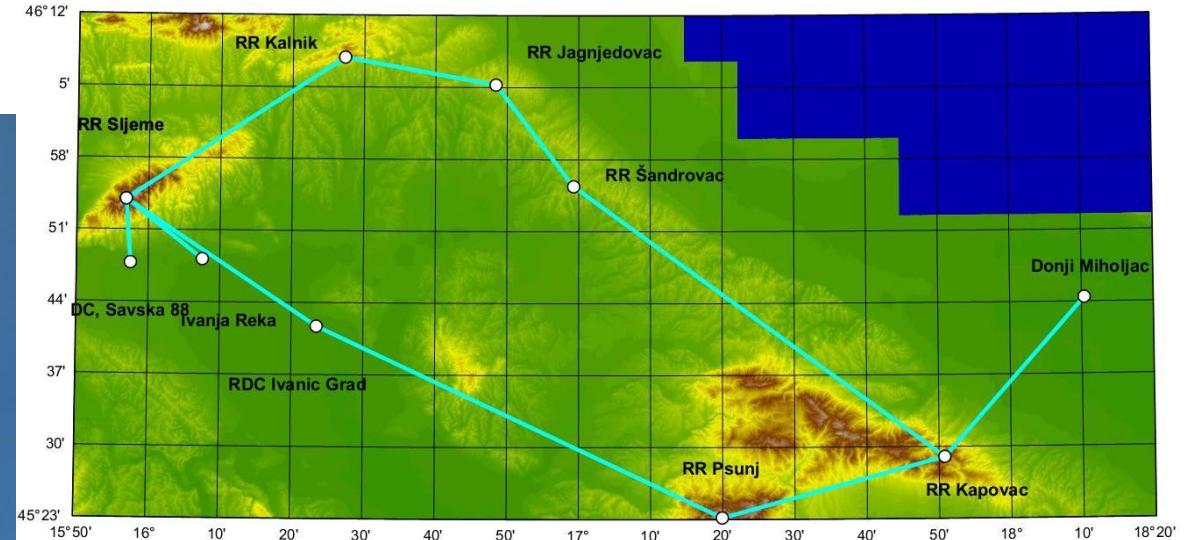
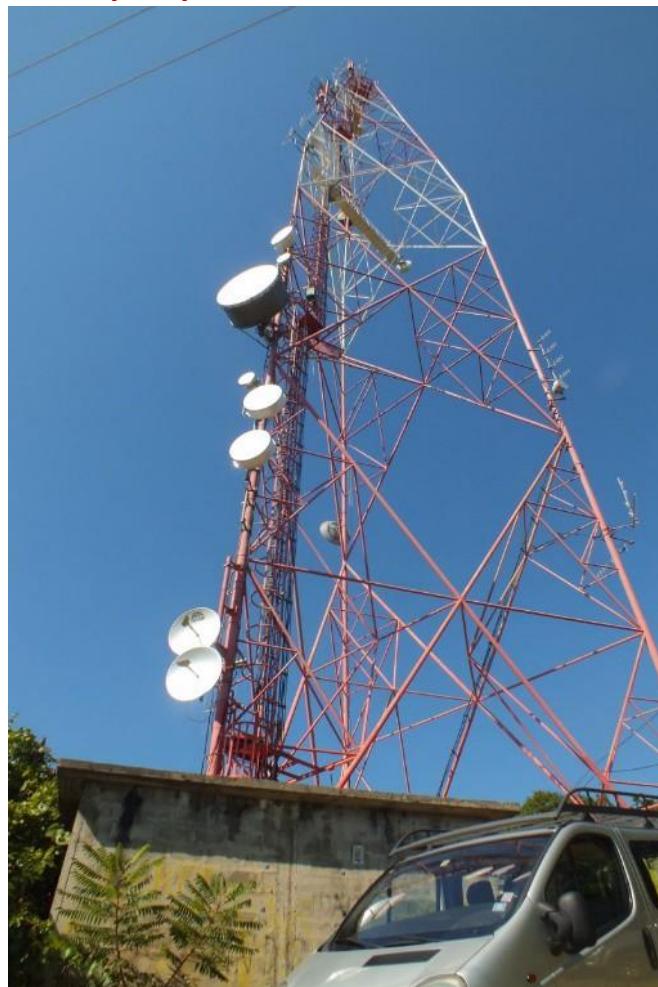
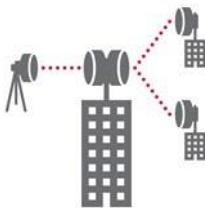


# Licencirani mikrovalni sustavi i UHF modemska mreža

PLINACRO d.o.o.

Nadzor i kontrola SCADA mreže za transport plina

**PLINACRO**  
OPERATOR PLINSKOGA TRANSPORTNOG SUSTAVA



Referentni projekti

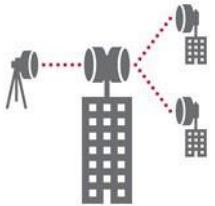
 micro-link



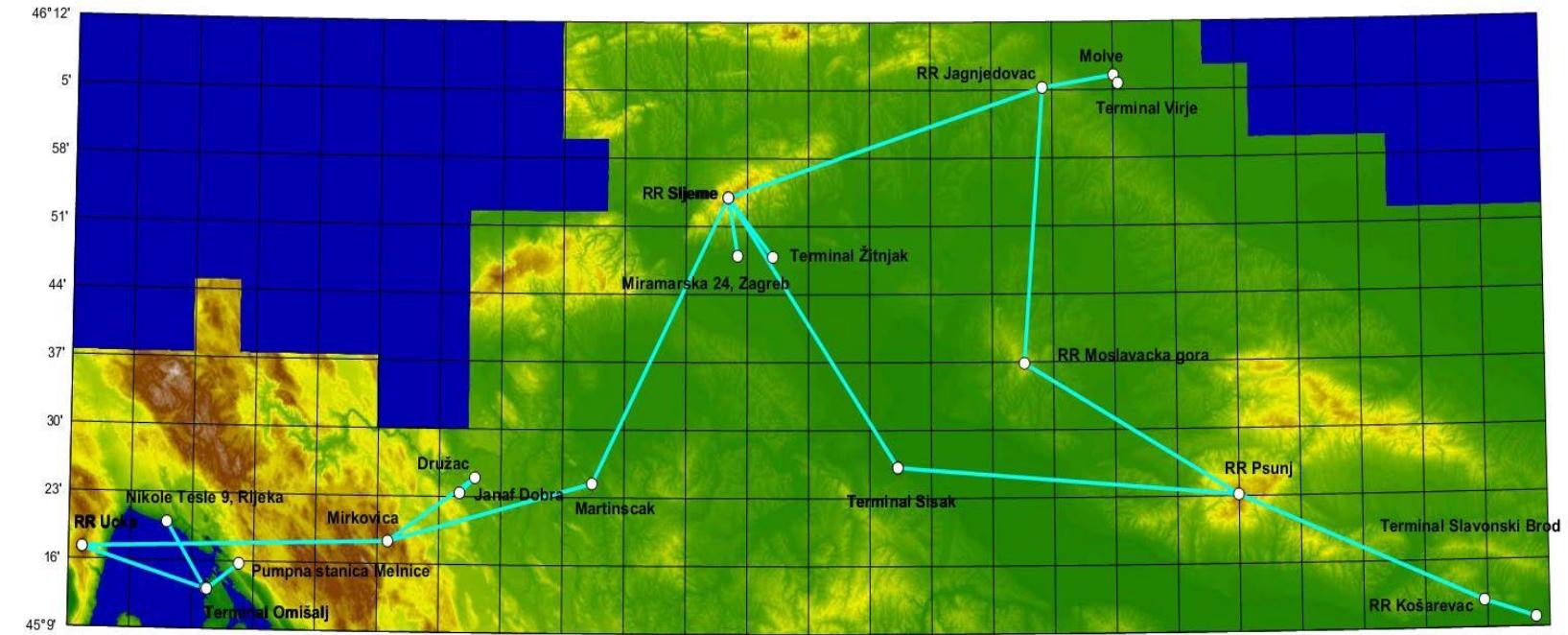
# Licencirani mikrovalni sustavi

JANAF, d.d.

Nadzor i kontrola SCADA mreže za transport nafte



Referentni projekti

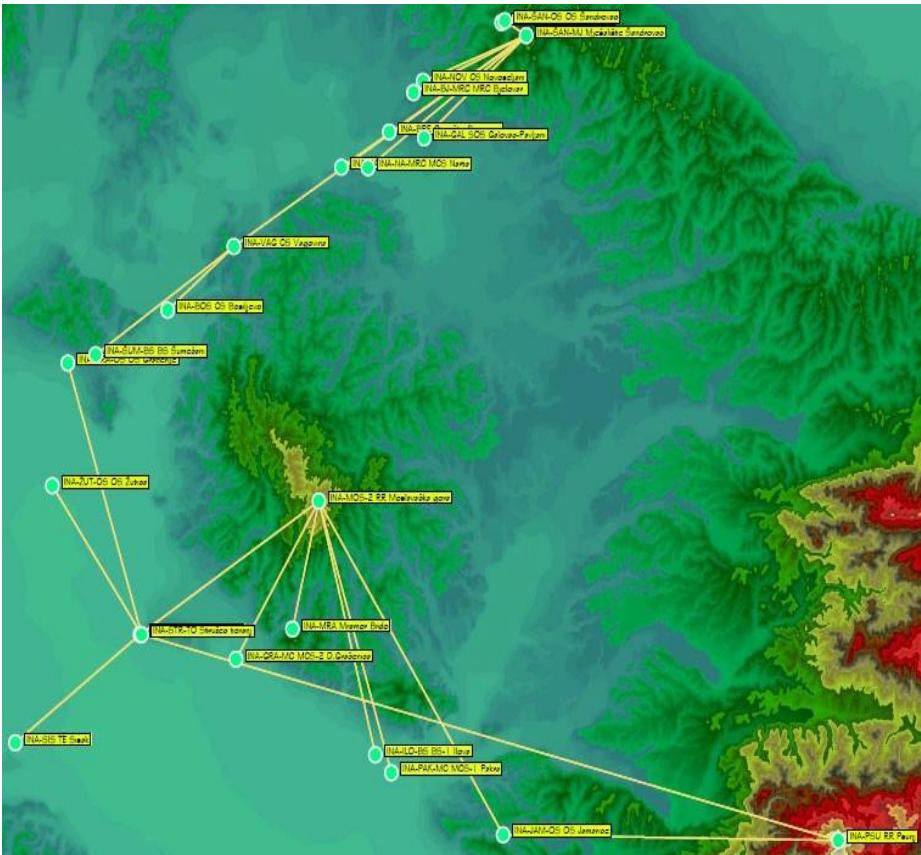




# UHF radio modemi

INA-Industrija nafte, d.d.

## Digitalna radio mreža za udaljeni nadzor naftovoda



## *Referentni projekti*

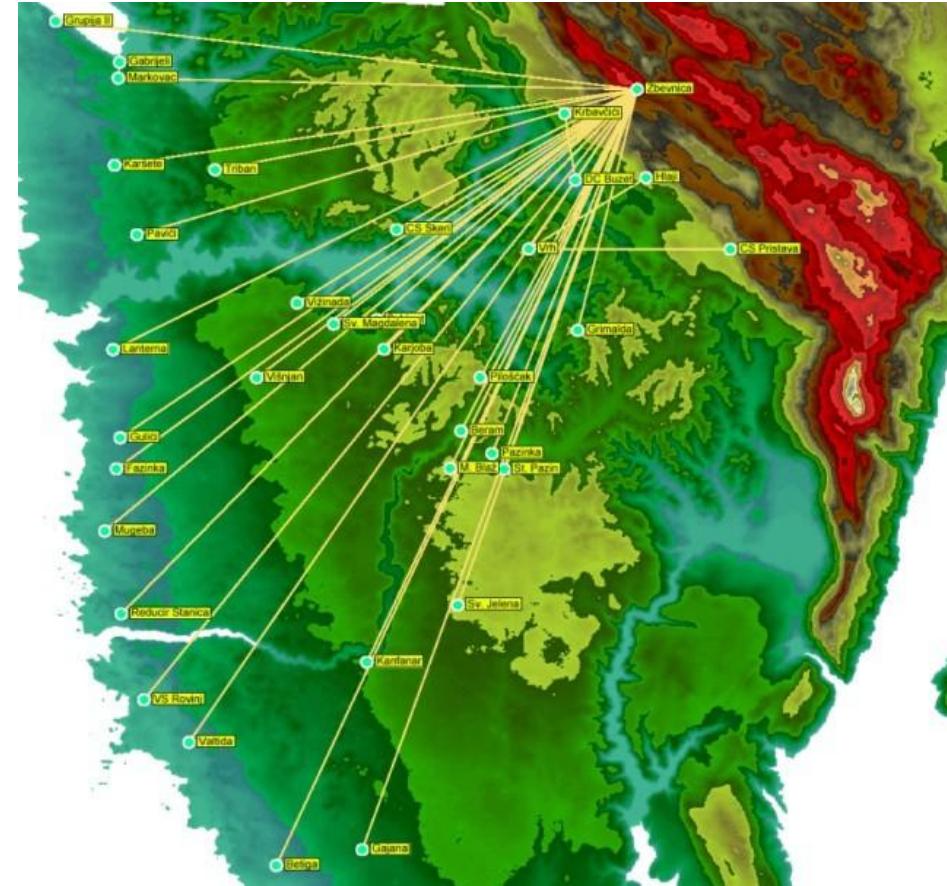




# UHF radio modemi

Istarski Vodovod d.o.o.

Digitalni radio modemi za nadzor sustava vodocrpilišta



Referentni projekti

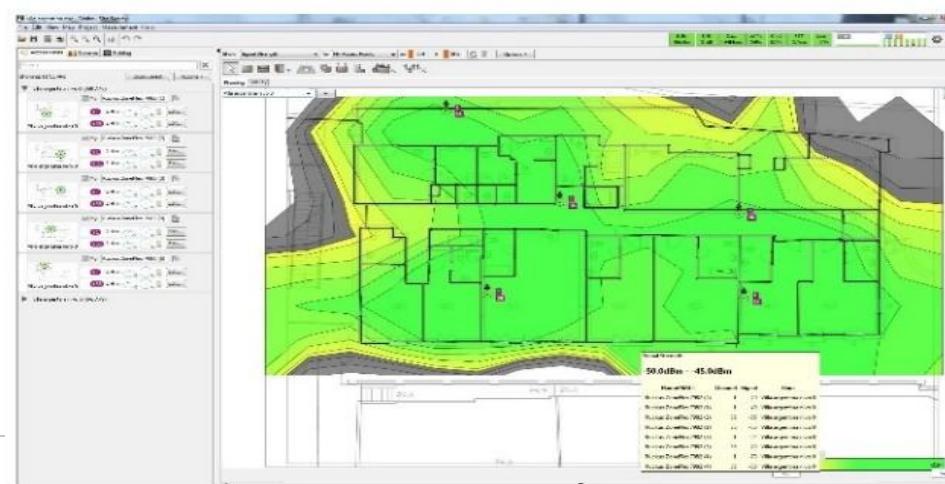
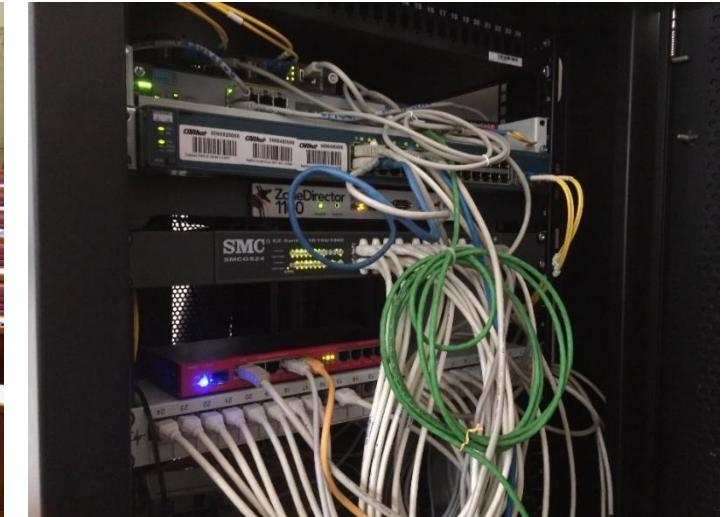


 micro-link



# Profesionalne Wi-Fi mreže

Hrvatski sabor



Referentni projekti



 micro-link



# Profesionalne Wi-Fi mreže

## Hotel Antunović Zagreb

Planiranje i implementacija Wi-Fi mreže



Referentni projekti



# Profesionalne Wi-Fi mreže

## Nacionalni park Plivička jezera

Planiranje i implementacija Wi-Fi mreže



Referentni projekti





# Wi-Fi mreže s velikim brojem klijentskih uređaja



Referentni projekti



**TEDx**



**micro-link**



# IoT sustavi / IoT infrastrukturna oprema i senzori



**OIV** Digitalni signali  
i mreže

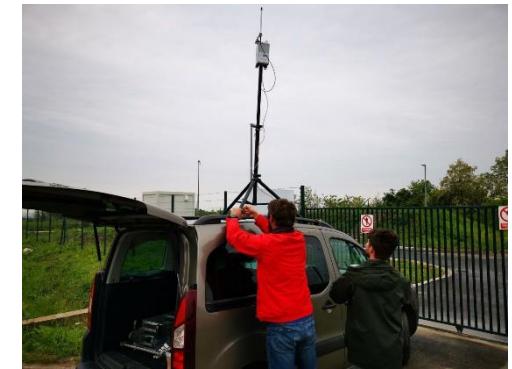
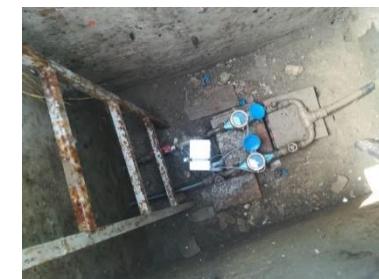


**FER** Fakultet  
elektrotehnike i  
računarstva

REGIONALNA ENERGETSKA AGENCIJA  
NORTH-WEST CROATIA  
SJEVEROZAPADNE HRVATSKE  
REGIONAL ENERGY AGENCY



**VODOVOD OSIJEK**



**LoRaWAN™**

Referentni projekti

**micro-link**

# **Internet stvari (*Internet of Things – IoT*)**

**Izazovi komunikacijske povezivosti**



# Internet stvari – Internet of Things - IoT

- povezivanje fizičkih stvari/objekata putem Interneta
- fizičkim stvarima dodaju se senzori i/ili aktuatori i modul za komunikaciju
- Ciljevi/razlozi:
  - prikupljanje podataka u realnom vremenu
  - daljinski nadzor i/ili upravljanje stvarima
  - povećana efikasnost korištenja resursa
  - automatizacija
  - unaprijeđeno donošenje odluka
  - smanjenje troškova
  - unaprijeđeno iskustvo korisnika
  - povećanje sigurnosti
  - omogućeni novi poslovni modeli





## IoT povijest

- 1. zabilježen koncept umreženih „stvari“:
  - 1982. - automati za Coca Colu na Carnegie Mellon University
- 1. put zabilježen naziv “Internet of Things”
  - 1999. - Kevin Ashton/P&G
- smatra se da je IoT “rođen” između 2008. i 2009. - broj Internetom povezanih stvari premašuje broj povezanih ljudi
  - 2003. odnos Internetom umreženih stvari/ljudi: 0.08
  - 2010. odnos Internetom umreženih stvari/ljudi: 1.84

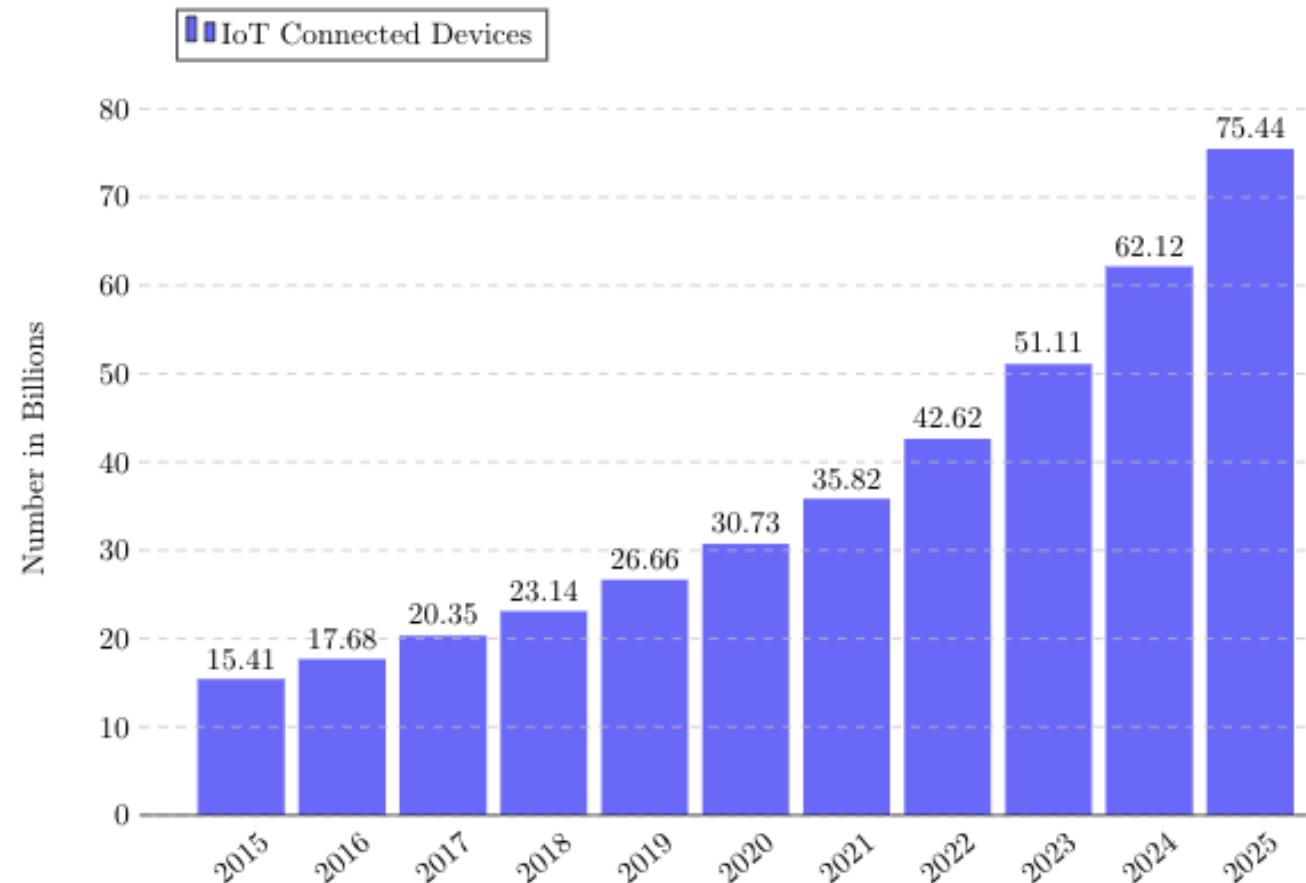




IOT  
INTERNET  
OF THINGS



# IoT – broj povezanih krajnjih uređaja

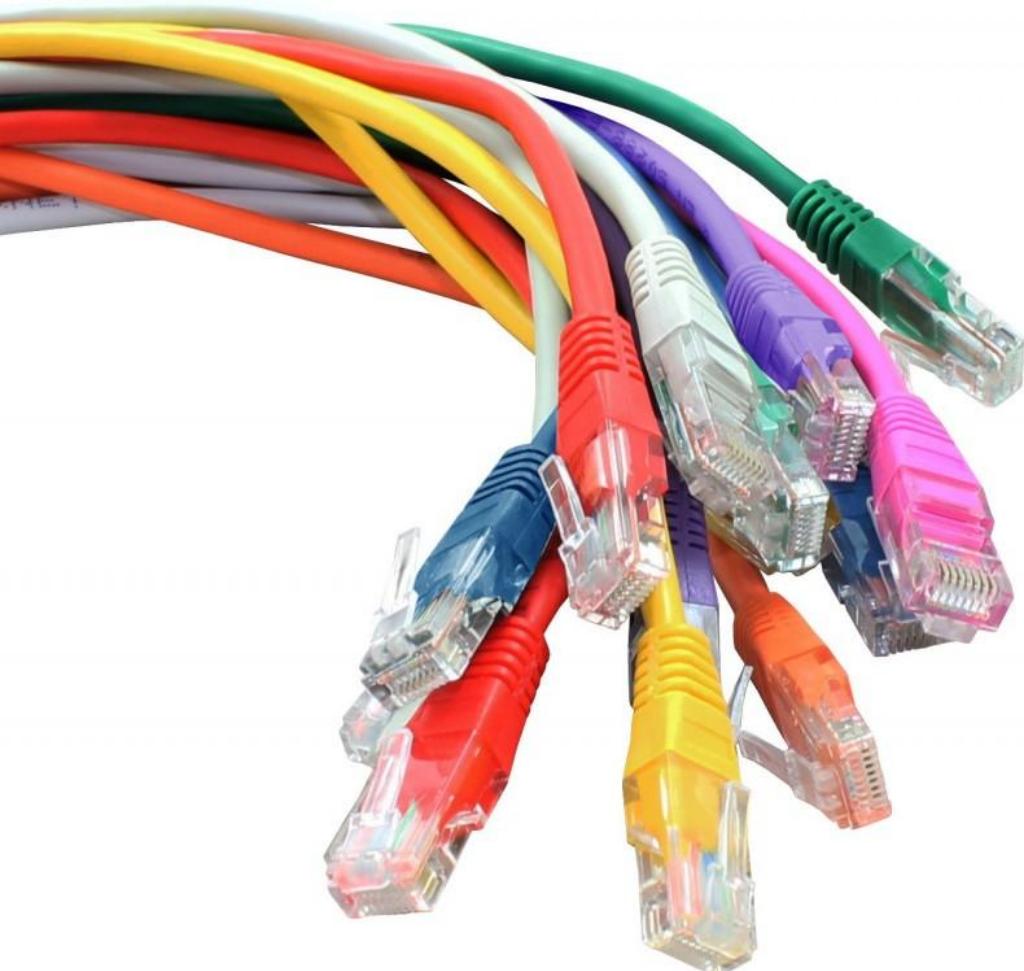


Izvor: Statista



**GLAVNI IZAZOV:**

Kako fizički povezati  
**MILIJARDE**  
uređaja?

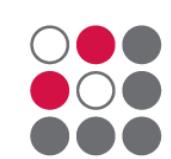


# **Bežične komunikacijske tehnologije za Internet stvari**

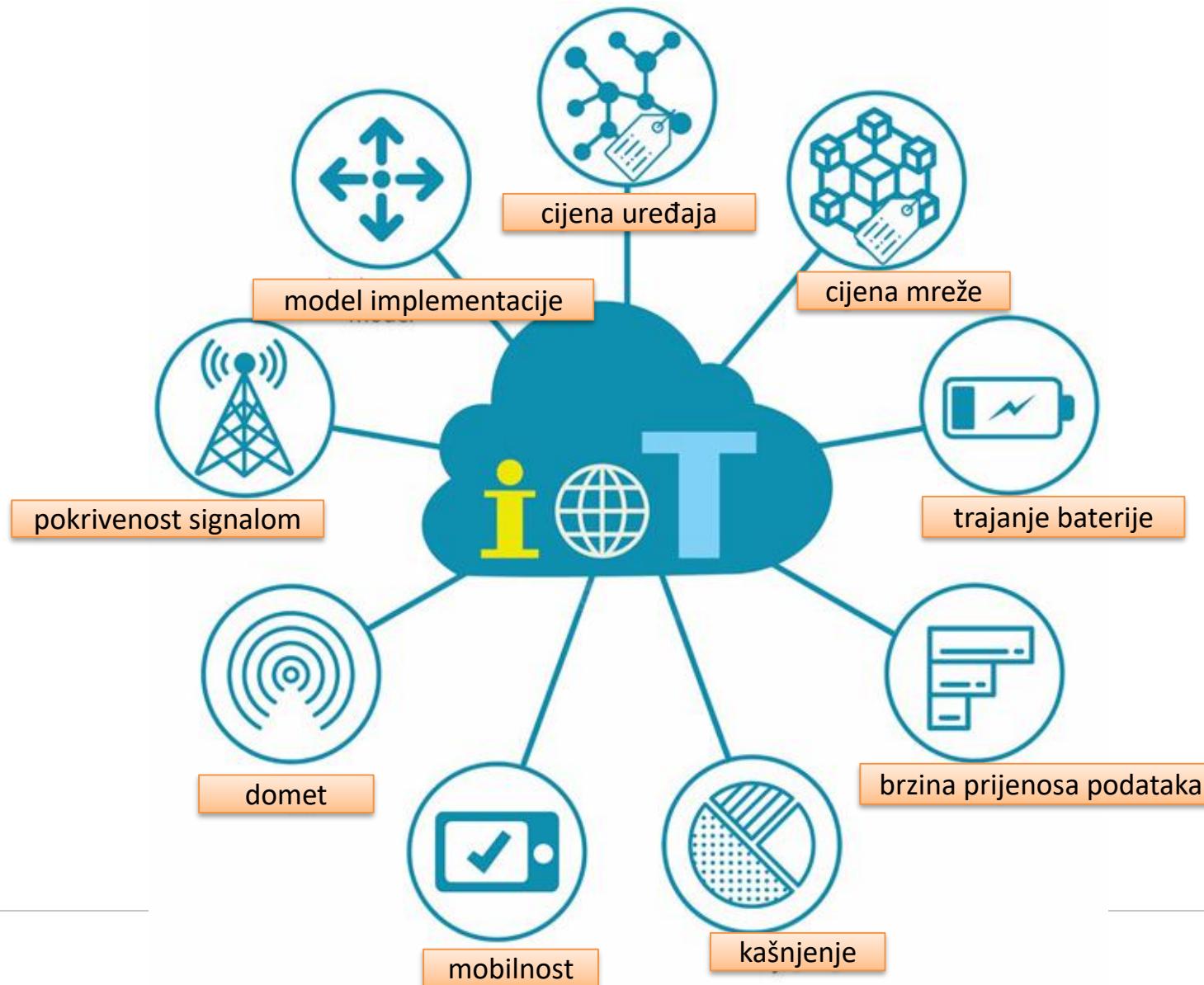


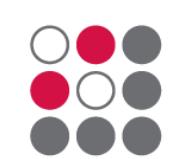
# Ključno je odabrati optimalnu bežičnu tehnologiju



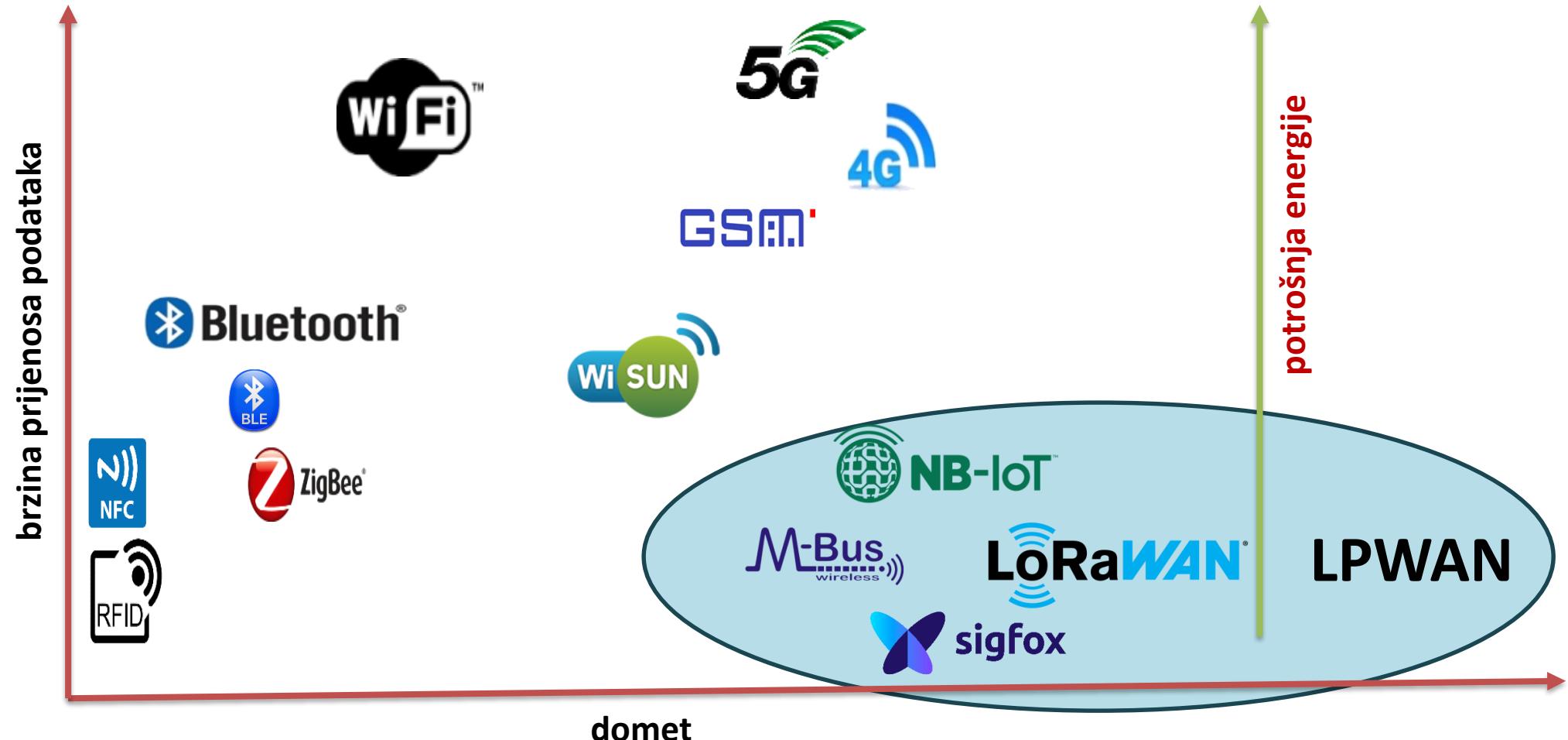


# Izbor tehnologije ovisi o zahtjevima konkretnе primjene/aplikacije





# Izbor tehnologije ovisi o zahtjevima konkretnе primjene/aplikacije





# Što su LPWAN tehnologije

- **L**ow-**P**ower **W**ide-**A**rea **N**etwork (LPWAN)
  - bežične komunikacijske mreže
  - namijenjene prijenosu relativno male količine podataka
  - na relativno velike udaljenosti
  - za povezivanje objekata/stvari/senzora tipično napajanih iz baterijskih izvora



# Primjeri IoT primjena prikladnih za LPWAN mreže

- ▶ U gradovima
  - ▶ upravljanje parkingom za automobile (zauzetost parkirnih mjesta)
  - ▶ upravljanje otpadom (popunjenoš spremnika)
  - ▶ senzori kvalitete zraka, temperature, vlage, buke, požara, poplave
  - ▶ očitanje brojila vode, struje, plina
  - ▶ upravljanje javnom rasvjjetom
  - ▶ nadzor prometa (brojanje)
  - ▶ Itd.
- ▶ U industriji
  - ▶ nadzor strojeva (vibracije, temperature i sl) - prediktivno održavanje
  - ▶ nadzor razine popunjenoš spremnika
  - ▶ praćenje okolinskih parametara u pogonima/skladištima
  - ▶ lociranje i nadzor imovine (alati, strojevi)
  - ▶ detekcija kvarova, zastoja, curenja...
  - ▶ itd



# Primjeri IoT primjena prikladnih za LPWAN mreže

- ▶ U poljoprivredi i stočarstvu
  - ▶ nadzor parametara tla (temperatura, vlaga, PH)
  - ▶ nadzor okolinskih parametara (temperatura, vlaga, vjetar, sunčeva radijacija)
  - ▶ nadzor zdravstvenog stanja stoke (tjelesna temperatura, aktivnost, količina hrane, položaj glave)
  - ▶ upravljanje rasplodnim procesom
  - ▶ geolokacija stoke na pašnjacima
- ▶ U logistici
  - ▶ geolokacija robe tijekom transport
  - ▶ nadzor okolinskih parametara tijekom transporta (temperatura, vlaga)
  - ▶ nadzor uvjeta tijekom transporta (vibracije, prevrtanje robe, udarci)
  - ▶ Itd.

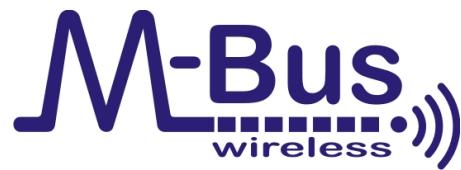


# Osnovni zahtjevi na LPWAN tehnologije

- ▶ dobra radiopropagacijska svojstva koja omogućavaju "duboku pokrivenost" – krajnji uređaji se često nalaze na izuzetno nepovoljnim pozicijama
- ▶ energetska efikasnost - vijek trajanja baterije krajnjeg uređaja od 10 i više godina
- ▶ mogućnost povezivanja jako veliko broja krajnjih uređaja (velika gustoća)
- ▶ skalabilnost
- ▶ relativno niska cijena po krajnjem uređaju
- ▶ pouzdanost
- ▶ podatkovna sigurnost

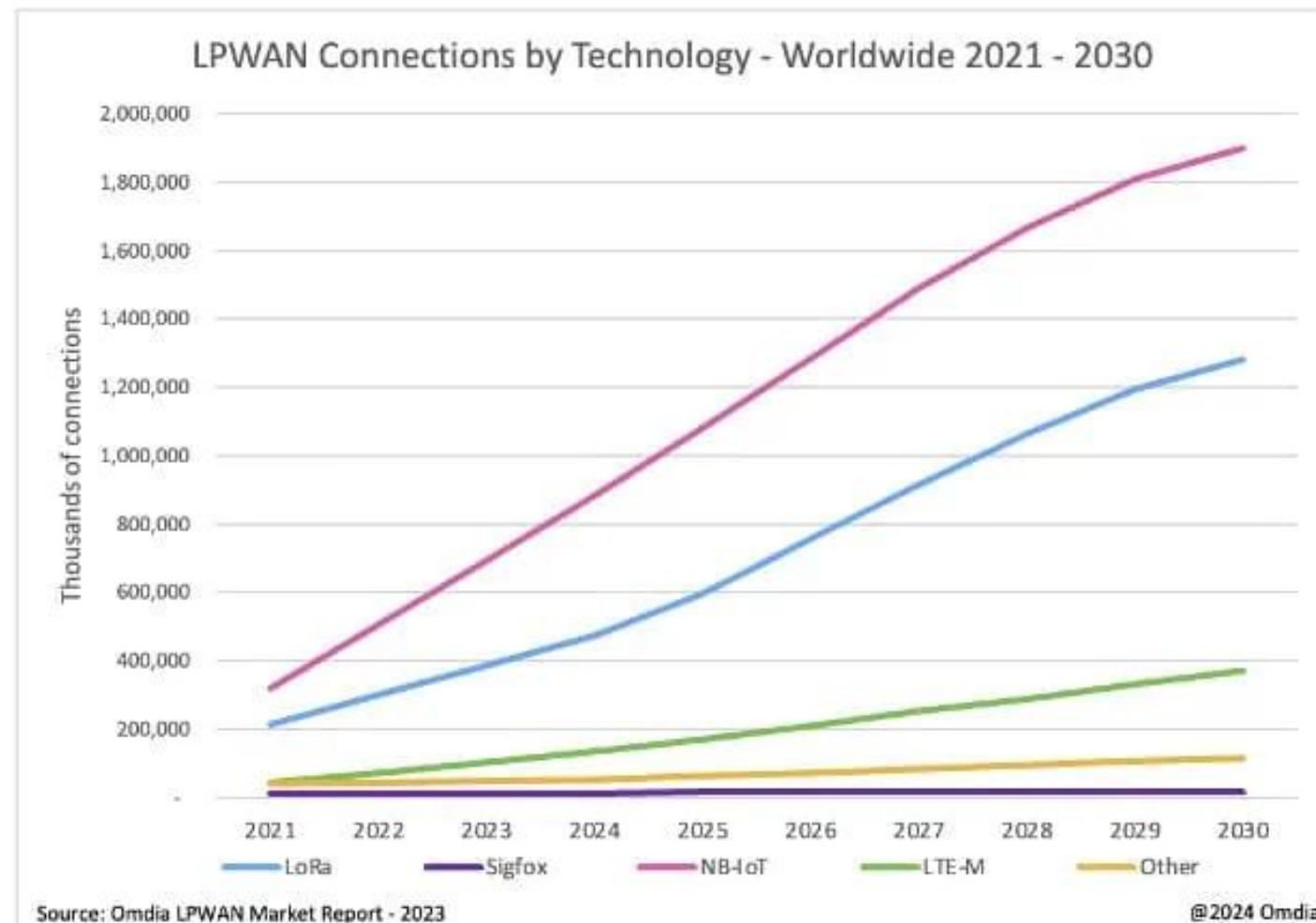


# LPWAN tehnologije





# LPWAN tehnologije







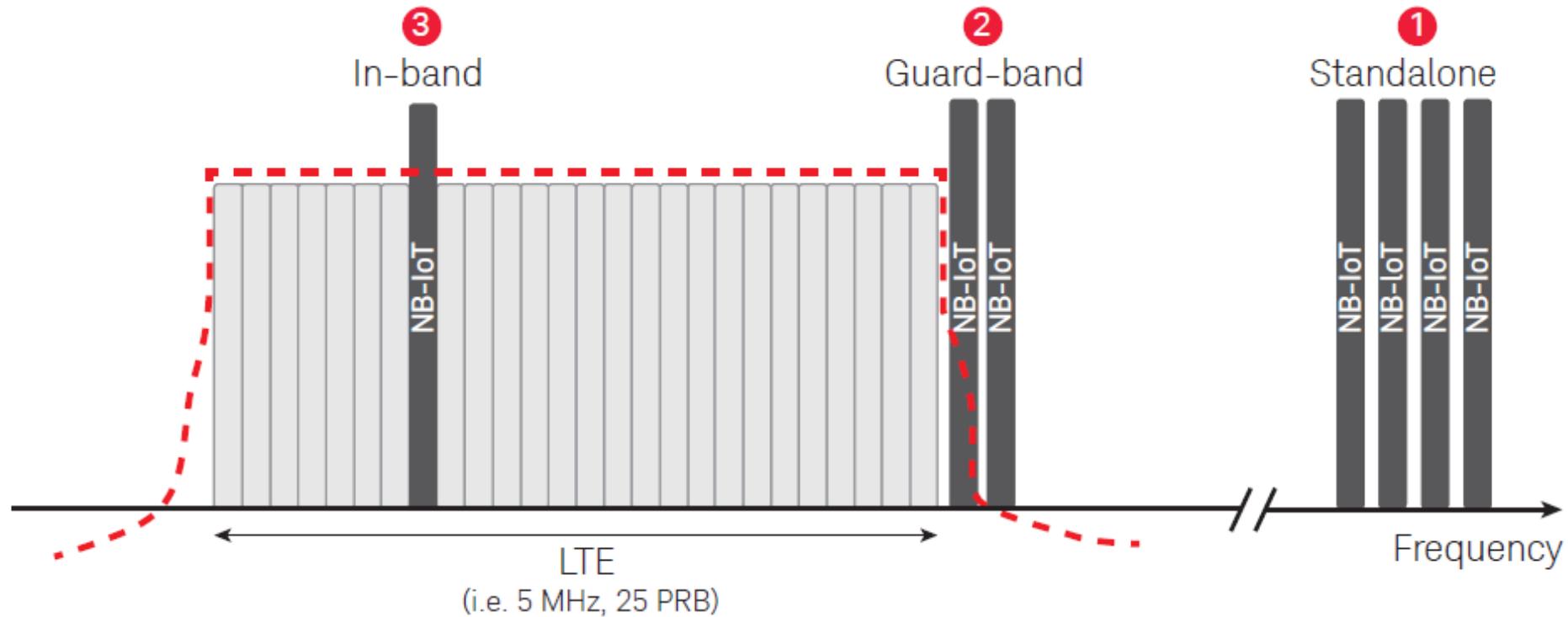
# Narrow Band-IoT



- ▶ 3GPP standard za uskopojasnu IoT povezivost (uz postojeće LTE-Cat-M1 i EC-GPRS)
- ▶ nadogradnja na mobilnu arhitekturu 4. generacije
- ▶ servis se postiže softverskom nadogradnjom postojeće LTE RAN infrastrukture i softverske i hardverske nadogradnje jezgrenog dijela mreže
- ▶ u odnosu na klasični LTE postiže se:
  - ▶ poboljšano pokrivanje u odnosu na LTE (maksimalni gubitak signala: 164dB, GPRS +20dB)
  - ▶ mogućnost masivnog povezivanja uređaja
  - ▶ niža složenost i cijena uređaja
  - ▶ manja potrošnja energije
- ▶ koristi se GSM/LTE licencirani spektar
  - ▶ samostalni rad (stand alone operation)
  - ▶ rad u zaštićenom pojusu (guard band operation)
  - ▶ rad u opsegu (in-band operation)
- ▶ ne postoji ograničenje radnog ciklusa – pogodno za aplikacije s potrebom češće komunikacije

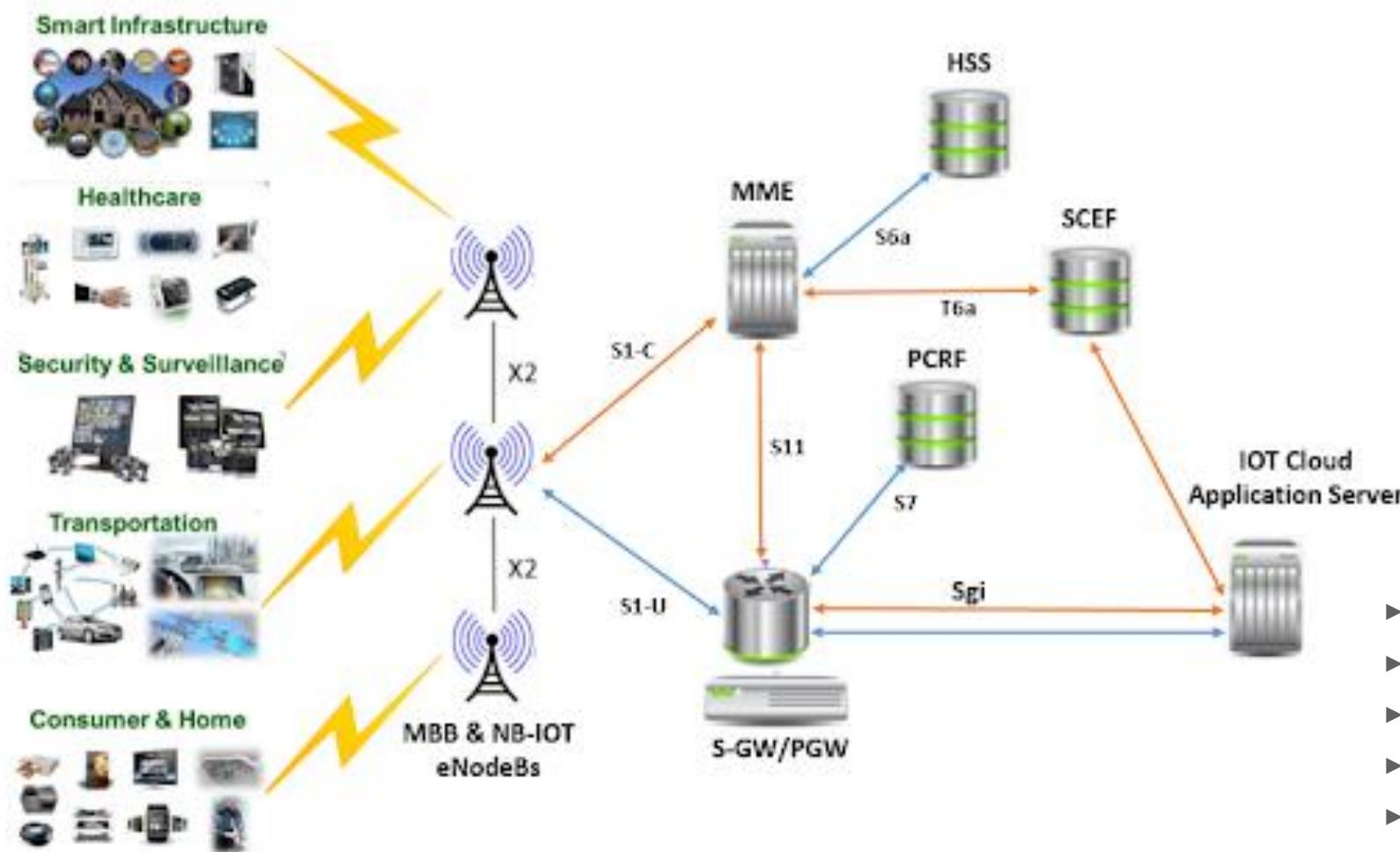


# NB-IoT načini rada





# NB-IoT arhitektura mreže



- ▶ MME - Mobility Management Entity
- ▶ S-GW - Serving Gateway
- ▶ PGW – Packet Gateway
- ▶ PCRF – Policy and Charging Rule Function
- ▶ SCEF – Service Capabilities Exposure Function
- ▶ HSS – Home Subscriber Server



# Narrow Band-IoT



- ▶ kanal širine 180kHz (jedan LTE fizički blok resursa – PRB)
- ▶ QPSK modulacija
  - ▶ OFDM u silaznoj vezi
  - ▶ SC-FDMA u uzlaznoj vez
- ▶ brzina prijenosa, DL - UL:
  - ▶ Cat-NB1: 26kbit/s - 64kbit/s
  - ▶ Cat-NB2: 127kbit/s - 159kbit/s
- ▶ maksimalna veličina poruke: 1600 okteta
- ▶ maksimalna izlazna snaga: 0.2 W
- ▶ latencija: manja od 10 sec
- ▶ autentikacija i enkripcija: DA, naslijeđeno od LTE
- ▶ geolokacijske usluge: NE
- ▶ mobilnost između ćelija: NE (ili vrlo ograničeno)
- ▶ privatne mreže: NE
- ▶ multivendor



LPWAN

 micro-link



# LoRa & LoRaWAN



## Lo<sub>n</sub>g Ra<sub>n</sub>ge

- bežična tehnologija za komunikaciju na velikim udaljenostima
- definira fizički komunikacijski sloj / modulaciju
- odlikuje ju izvrsna propagacija signal i penetracija u zatvorene prostore
- izuzetno energetski efikasna komunikacija



## LoRaWAN

- *standardizirani media access control* (MAC) protocol za mreže velikog dometa
- osigurava povezivanje velikog broja senzora/objekata u mreži
- definira siguran i pouzdan protokol podataka između svakog senzora i mrežnog servera
- najraširenija LPWAN tehnologija u svijetu



# LoRaWAN



- ▶ LoRaWAN je LPWAN tehnologija standardizirana od Lora Aliance udruge
- ▶ tehnologija pogodna za izgradnju:
  - ▶ privatnih mreža
  - ▶ otvorenih mreža (npr. na otvorenoj TTN platformi)
  - ▶ javnih mreža (pružatelji usluge: npr. Odašiljači i veze d.o.o.)
- ▶ frekvencijski opsezi – nelicencirani ISM: EU - 868 MHz (dostupno 8 kanala po 125 kHz)
- ▶ ETSI ograničenja:
  - ▶ izlazna snaga: maks. 14 dBm
  - ▶ radni ciklus (duty cycle): 1%
- ▶ geolokacija: DA (TDOA)
- ▶ mobilnost između čelija: DA



# LoRa Alliance

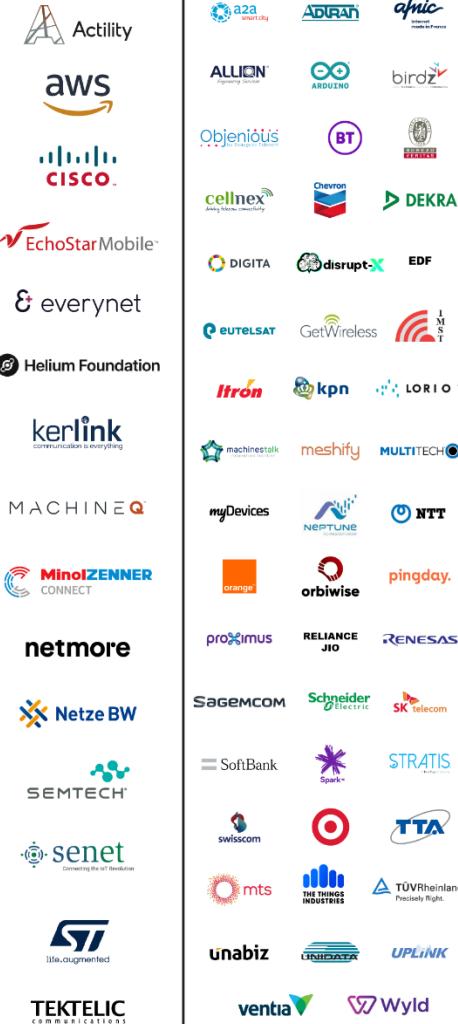


- **Globalna, otvorena, neprofitna udruga osnovana 2015.**
- **Razvoj i održavanje LoRaWAN® standarda**
  - Potvrđen od ITU-a kao priznati međunarodni standard
- **Edukacija tržišta o LoRaWAN tehnologiji, najnovijim unarednjima i razvoju**
- **Razvoj i održavanje LoRa Alliance certifikacijskog programa**



# LoRa Alliance®

## SPONSORS



## CONTRIBUTORS



## ADOPTERS

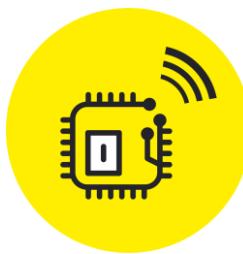
## INSTITUTIONAL



Updated as of September 1, 2023



# LoRa Alliance® ekosustav – cjelovita IoT rješenja



Čipovi



Moduli



Krajnji  
uređaji



Pristupnici  
(gateways)



Mrežni serveri



Mrežni  
operatori



Cloud  
Platforme/  
Upravljanje  
podacima



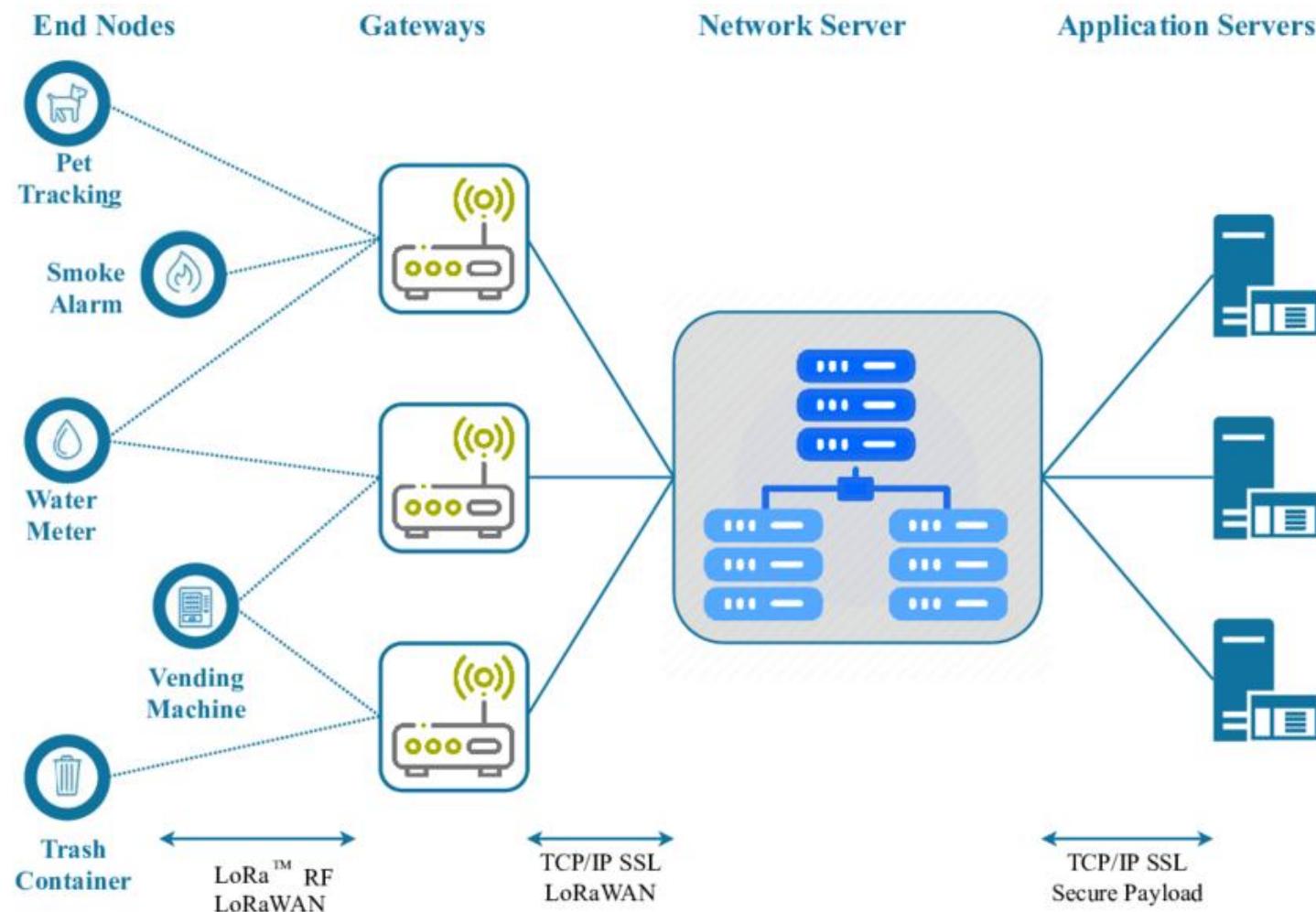
Rješenja



Sistem  
integratori

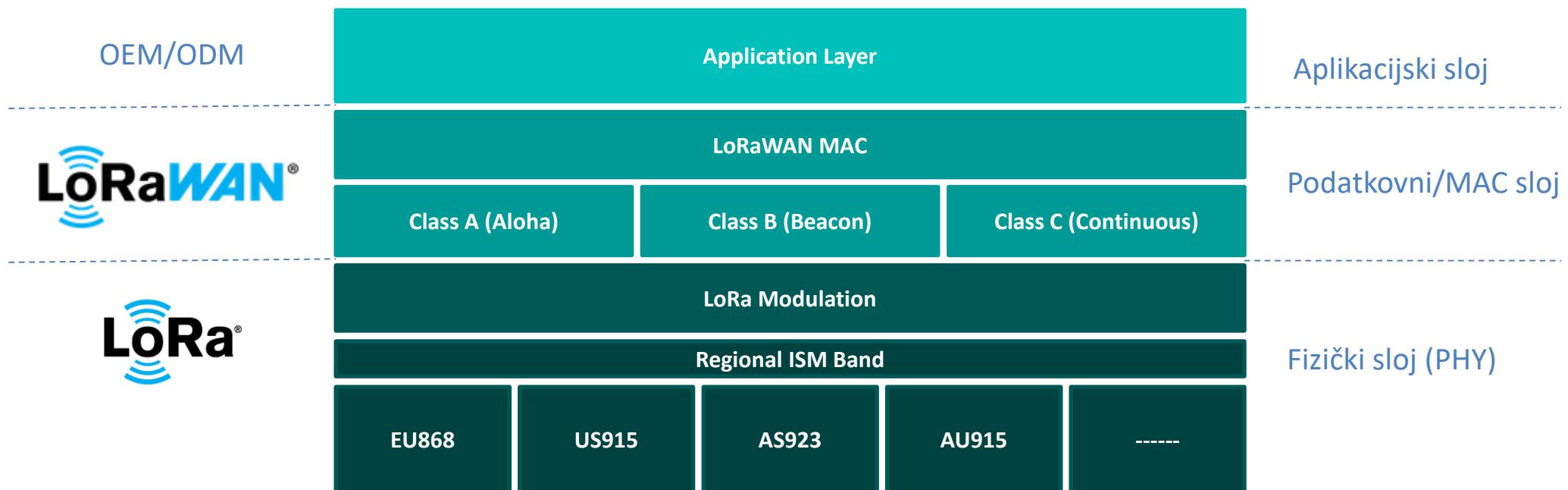


# LoRaWAN – osnovna arhitektura mreže



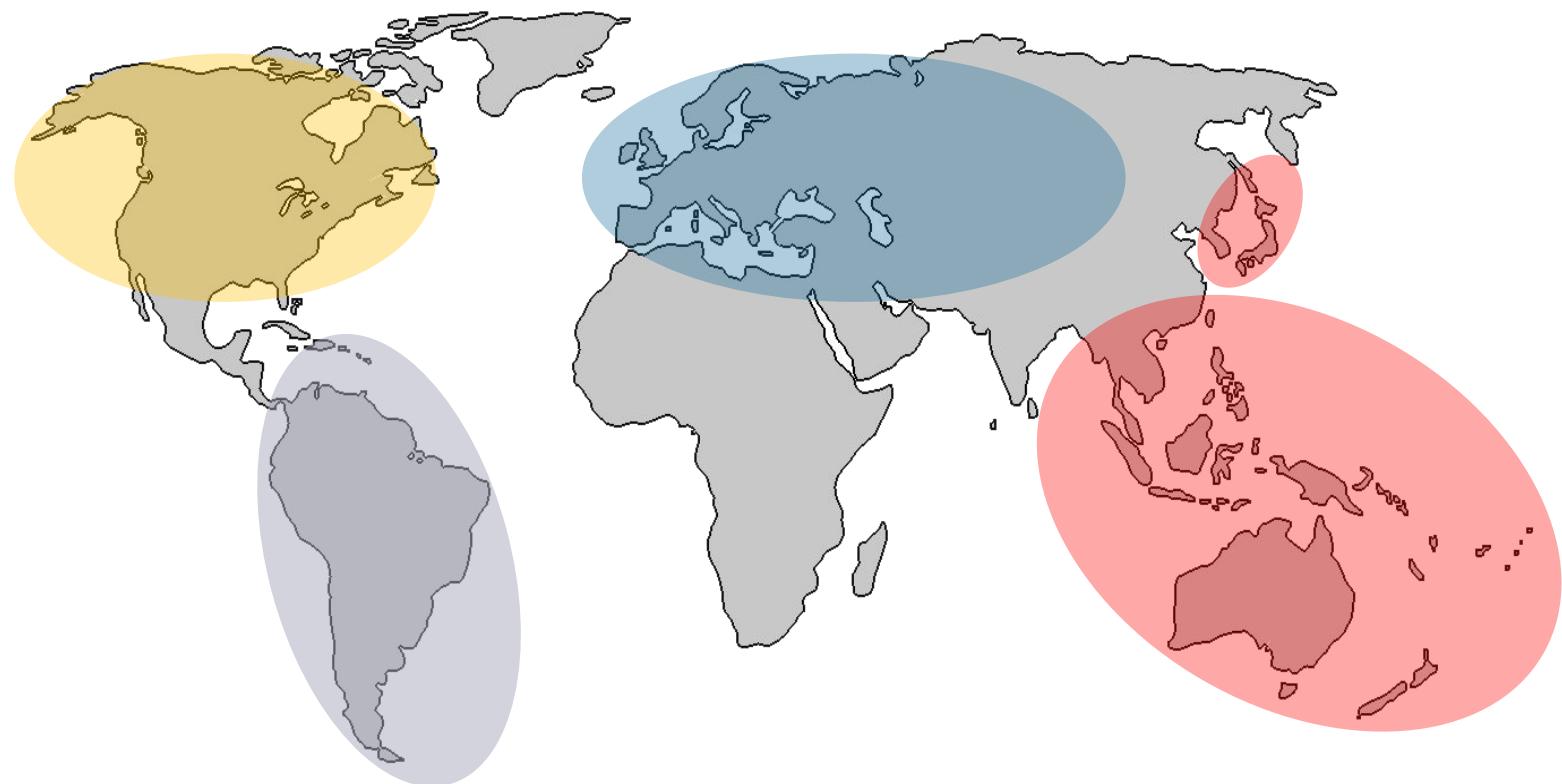


# LoRaWAN standard





# LoRaWAN – frekvencije u svijetu



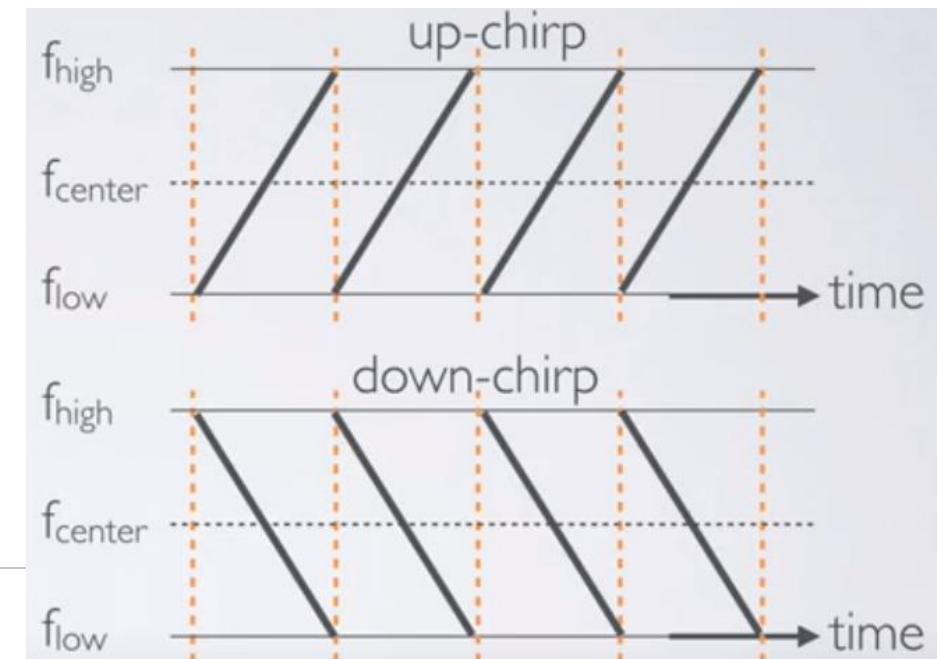
- 868 MHz
- 915 MHz
- 923 MHz
- 923 MHz / 915 MHz HW



# LoRa modulacija

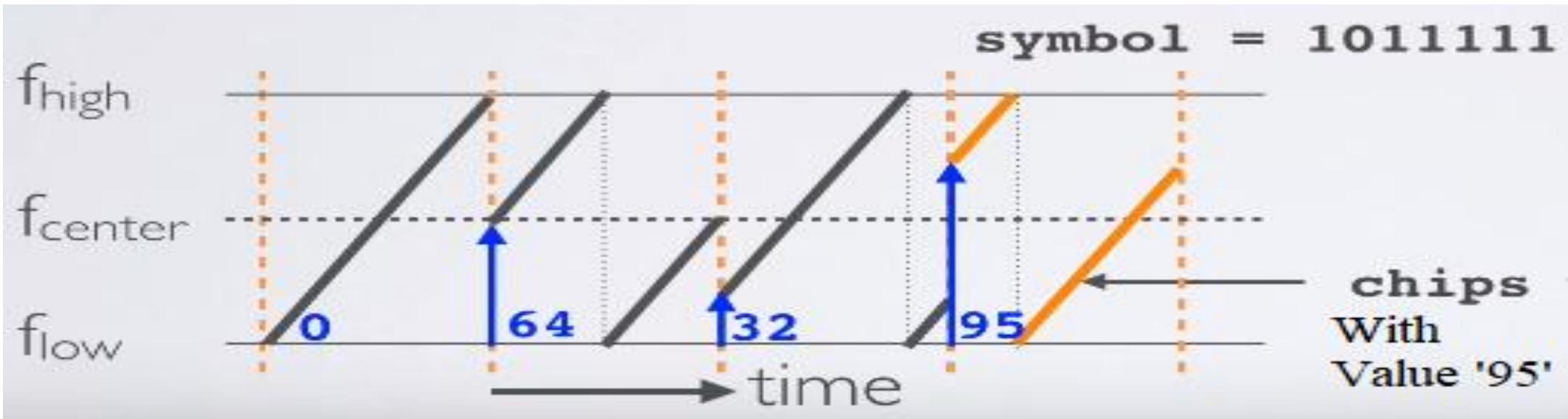


- ▶ podržane širina pojasa: 125kHz, 250kHz i 500kHz
- ▶ Lora modulacija: CSS (Chirp Spread Spectrum)
- ▶ CSS je razvijen još 1940ih godina, te je bila u primjeni za vojne svrhe:
  - ▶ otpornost na interferencije
  - ▶ komunikacija na velike udaljenosti
- ▶ LoRa je prva komercijalna primjena CSS modulacije
- ▶ CSS je tehnika raširenog spektra koja za kodiranje informacije koristi linearne frekvencijski modulirane **chirp** impulse
- ▶ Chirp - Compressed High Intensity Radar Pulse
- ▶ Chirp predstavlja ton u kojem se frekvencija nosioca:
  - ▶ povećava od minimalne do maksimalne: UP-CHIRP
  - ▶ smanjuje od maksimalne do minimalne: DOWN-CHIRP





# LoRa

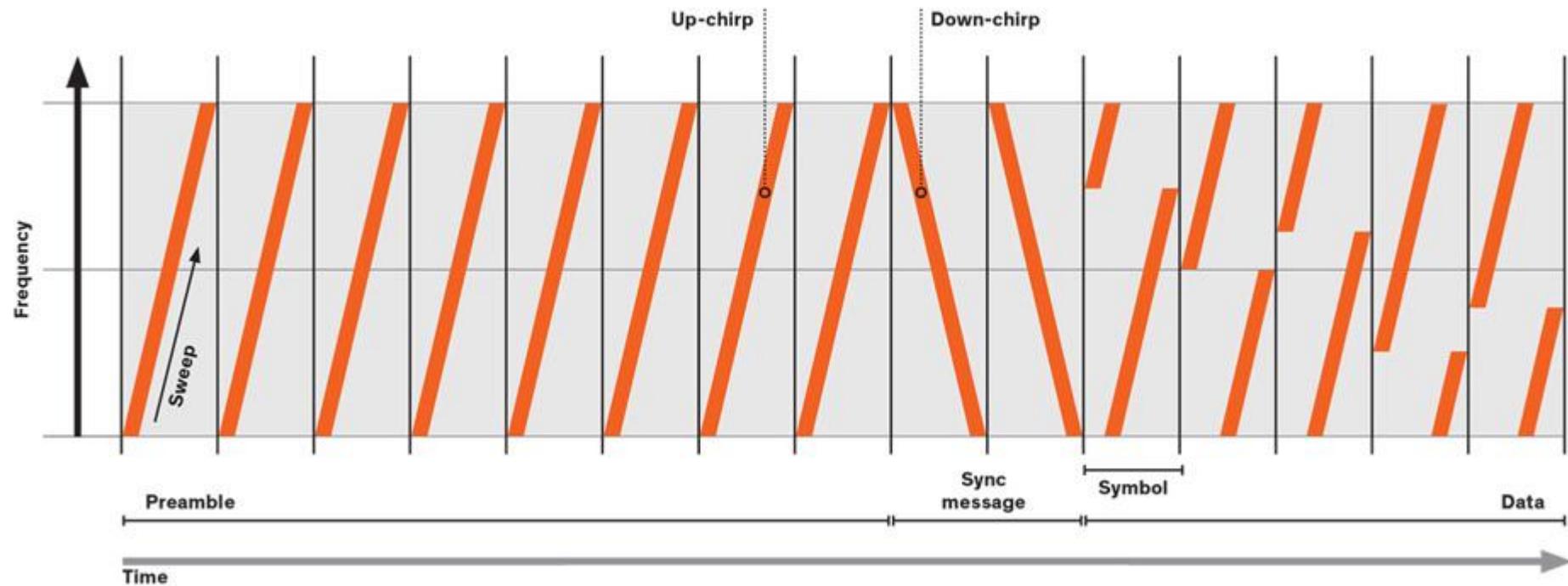


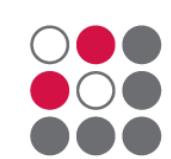
PRIMJER:

- želimo prenijeti simbol vrijednosti 1011111 (decimalno: 95)
- broj bitova koje enkodiramo na jedan simbol je 7
- Spreading Factor = 7
- Simbol ima  $2^{SF}$  vrijednosti.
- Za SF= 7 imamo raspon od 0 do 127

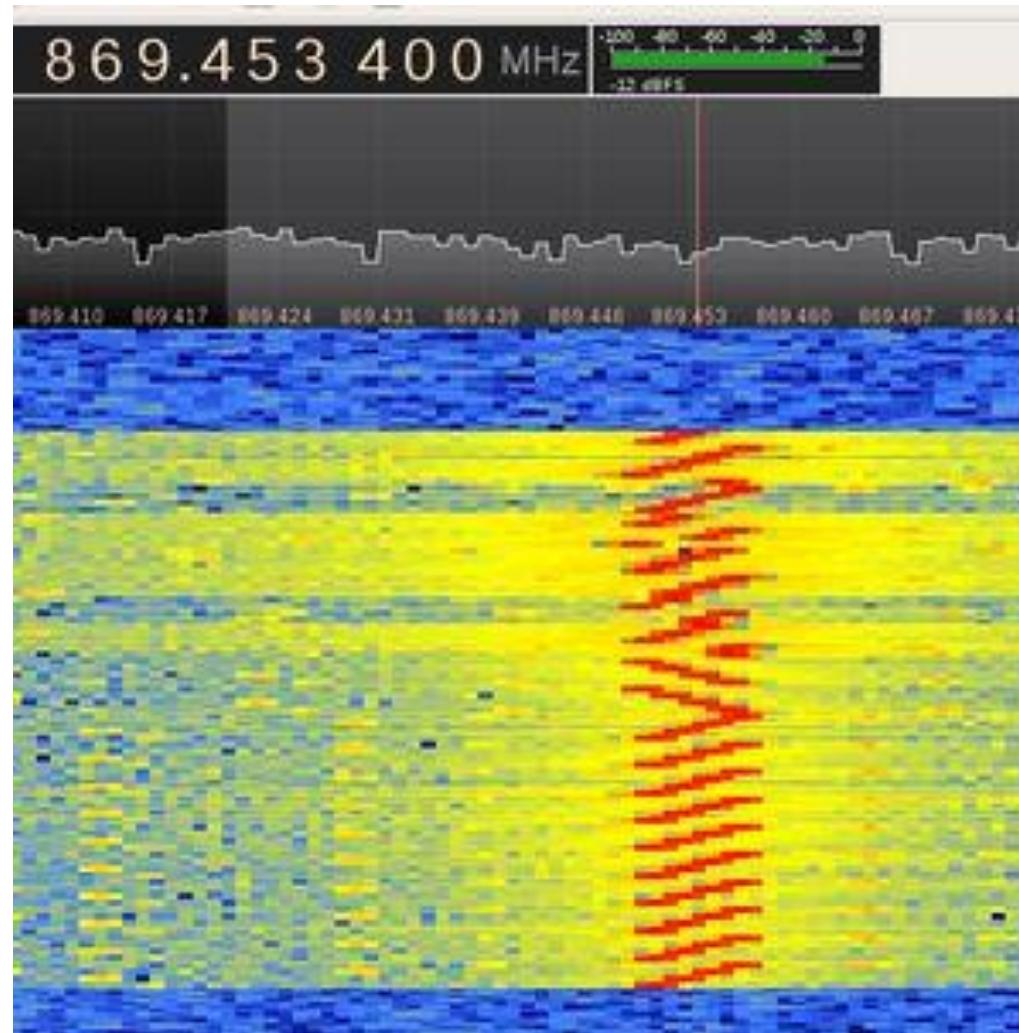


# LoRa



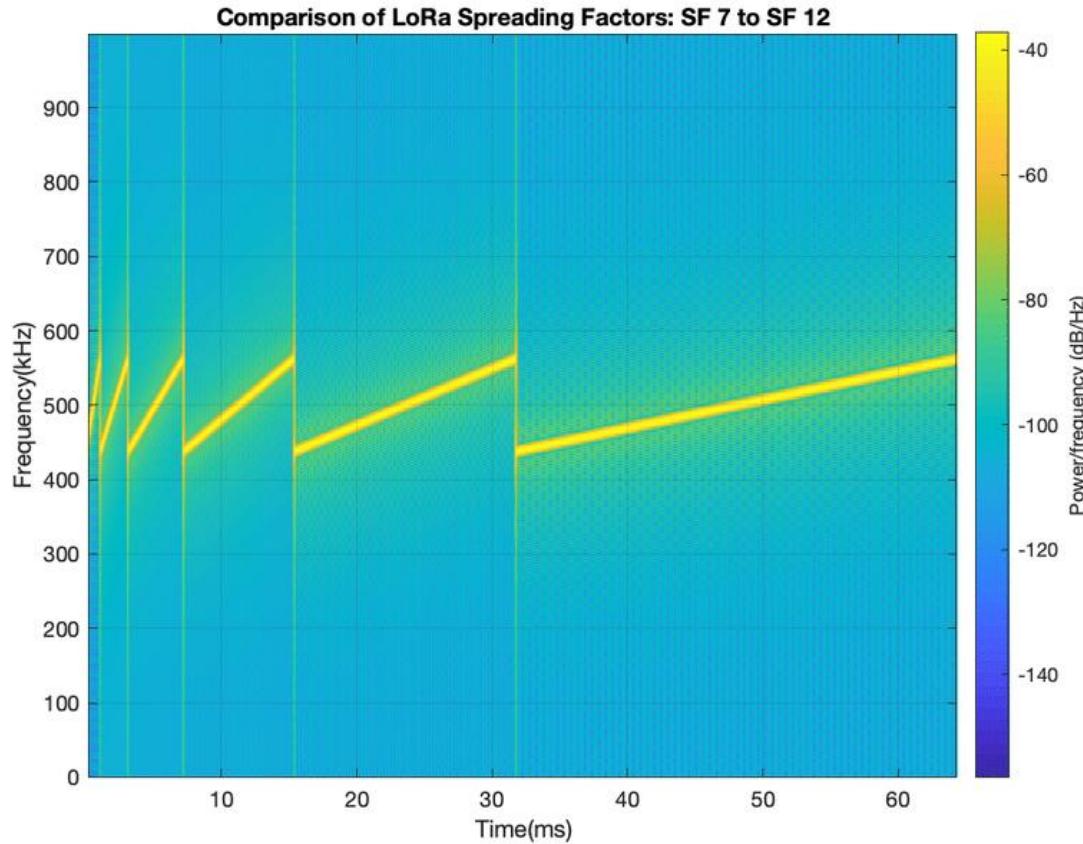


# LoRa signal





# LoRa – faktori raspršenja



- ▶ Faktor raspršivnja (spreading faktor) definira vrijeme trajanja chirpa
- ▶ Svaki inkrement u faktoru udvostručuje vrijeme potrebno za prijenos jednog simbola
- ▶ LoRa podržava 6 različitih faktora raspršenja (od SF7 do SF12)
  - ▶ SF7 – najkraće raspršenje - najveća brzina prijenosa
  - ▶ SF12 – najduže raspršenje – najrobustnija komunikacija



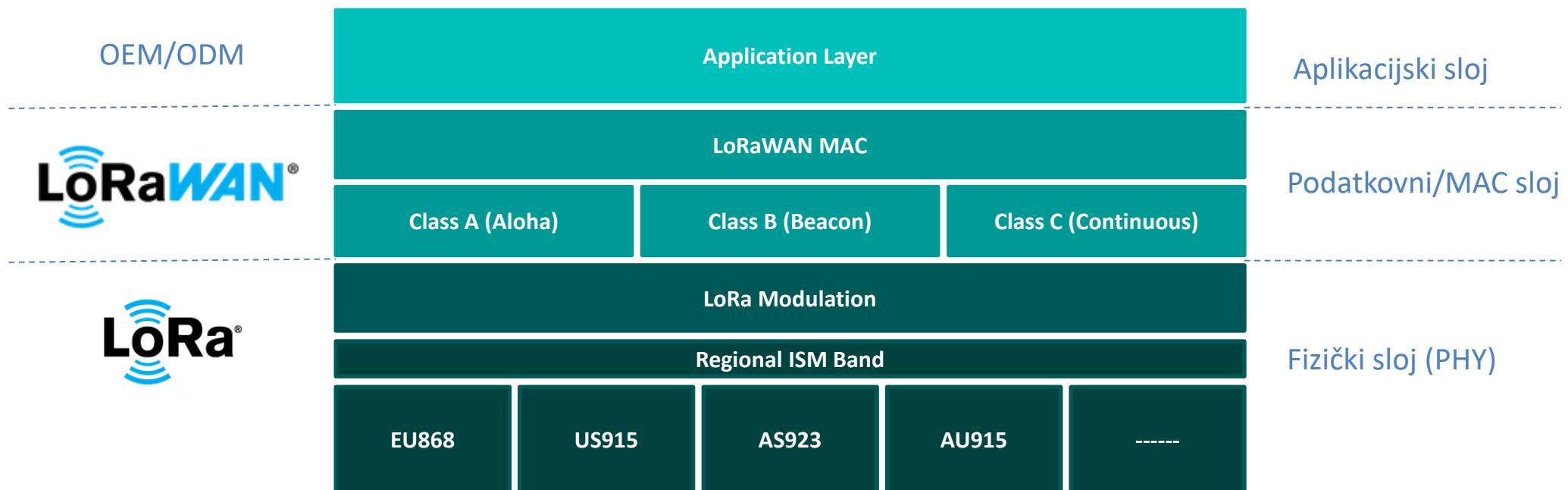
# LoRa – faktori raspršenja



Spreading factor	Chips/Symbol	SNR Limit	Time on air (10 byte packet)	Bit Rate
7	128	-7.5	56 ms	5469 bps
8	256	-10	103	3125
9	512	-12.5	205	1758
10	1024	-15	371	977
11	2048	-17.5	741	537
12	4096	-20	1483	293



# LoRaWAN standard





# LoRaWAN – klase uređaja



## Klasa A

- svaki **krajnji uređaj** nakon predaje prelazi u dva kratka perioda prijama
- svo ostalo vrijeme u dubokom mirovanju

## Klasa B

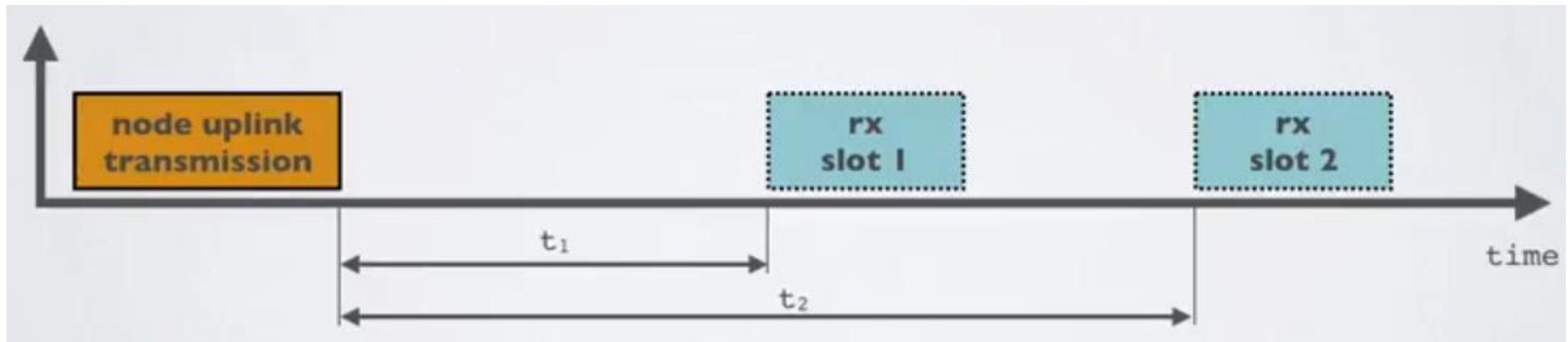
- dvosmjerna komunikacija s planiranim periodima prijama
- povremeni *beacon*
- **server** može inicirati predaju u fiksno određenim intervalima

## Klasa C

- dvosmjerna komunikacija
- **server** može inicirati predaju u bilo kojem trenutku
- **krajnji uređaj** je cijelo vrijeme u prijamu (osim ako nije u predaji)

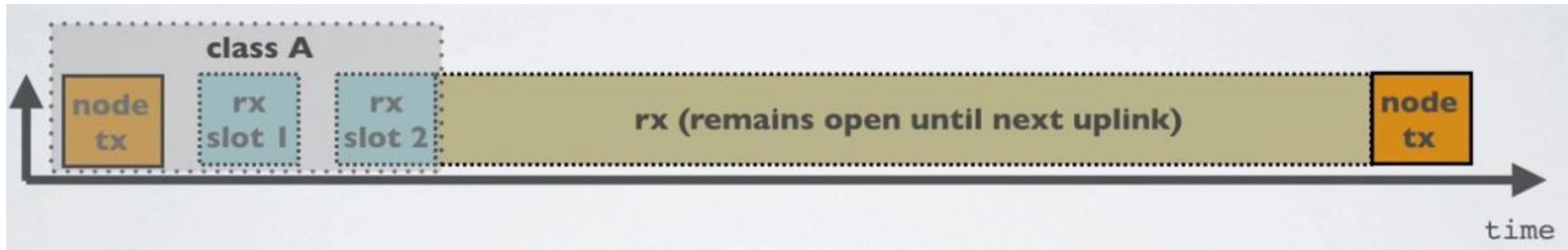


# LoRaWAN – klasa A





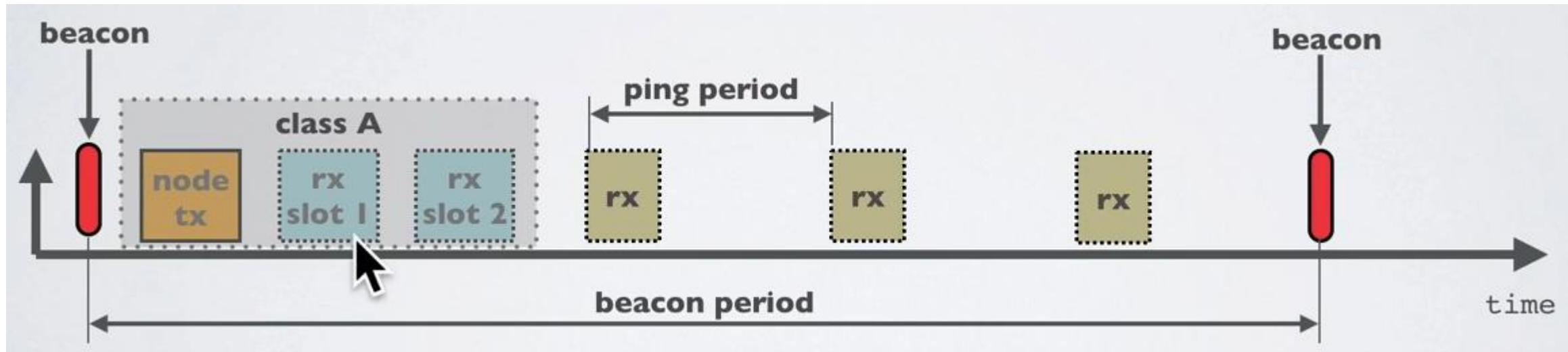
# LoRaWAN – klasa C



- GW šalje sinktonizacijski signal (beacon) svakih 128 sekundi
- Vrijeme između 2 sink. signala dijeli se u PING intervale



# LoRaWAN – klasa B

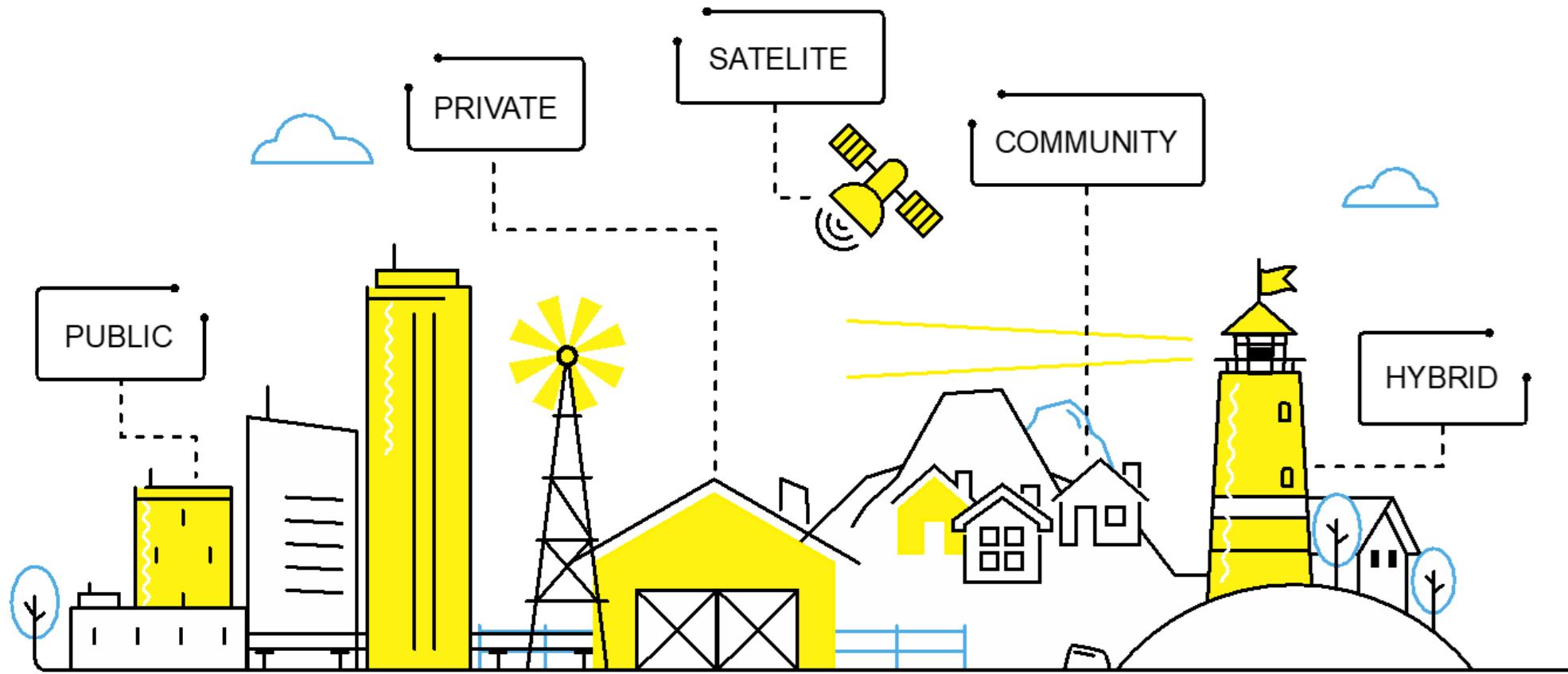


- GW šalje sinkronizacijski signal (beacon) svakih 128 sekundi
- vrijeme između 2 BEACONA dijeli se u PING intervale
- Na početki svakog PING intervala uređaj otvara RX



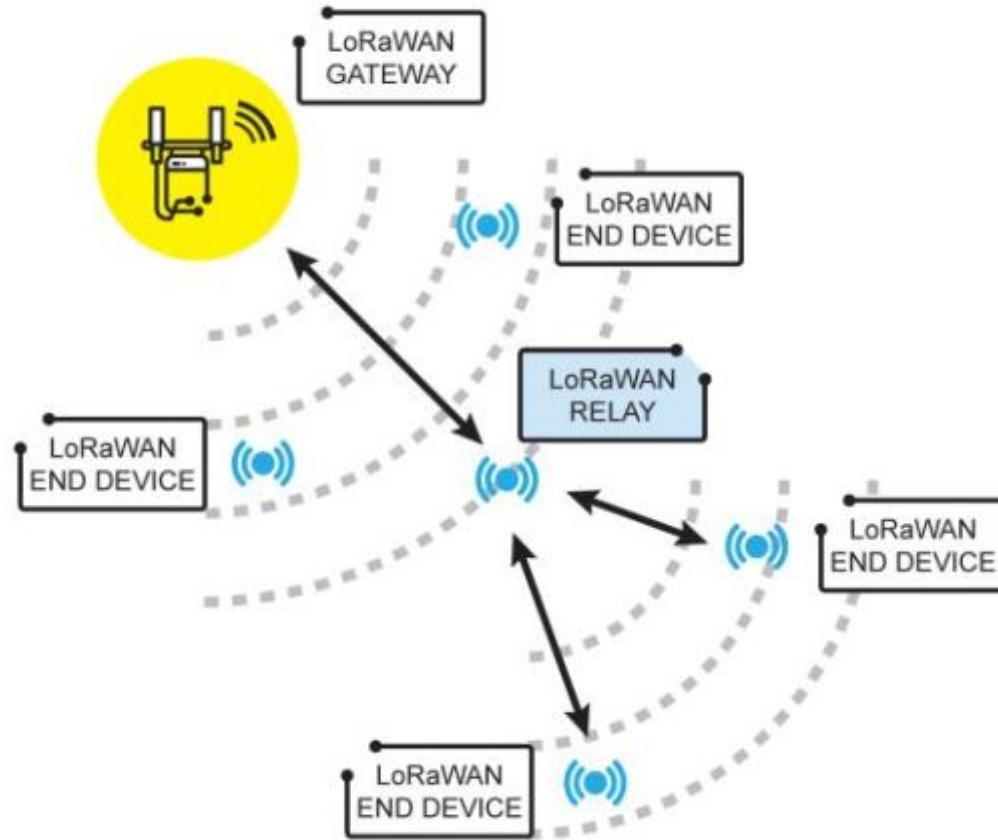
# Jedina LPWAN tehnologija s fleksibilnim opcijama implementacije

## LoRaWAN® FLEXIBLE NETWORK OPTIONS

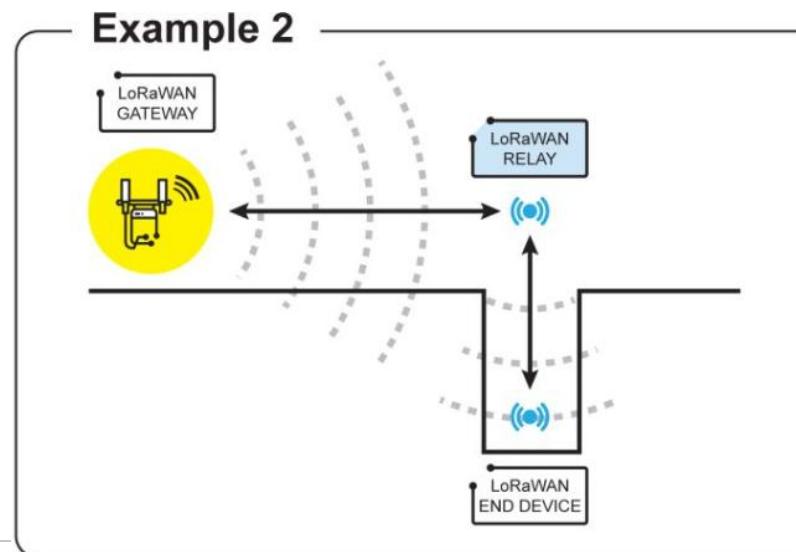
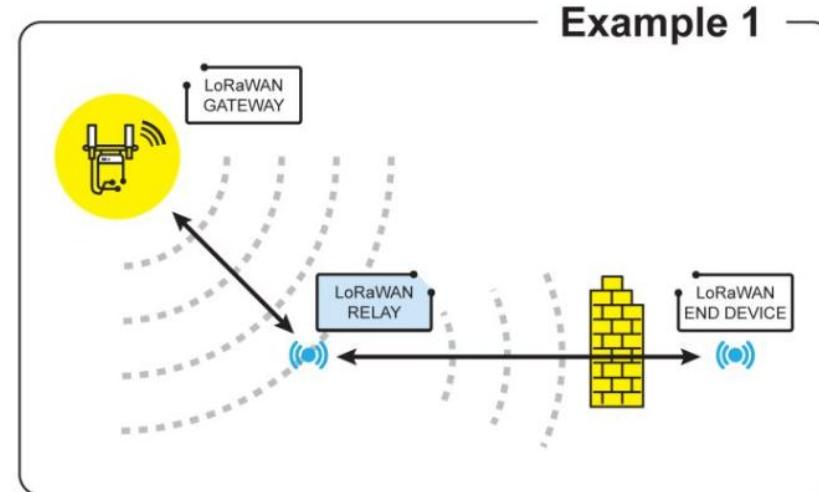




# LoRaWAN RELAY – proširenje područja pokrivanja mreže



- ▶ LoRa Alliance standardizirano rješenje (TS011-1.0.0)
- ▶ Baterijski napajani uređaji
- ▶ WOR protokol
- ▶ Uobičajeno podržavaju povezivanje 15-ak krajnjih uređaja





# LoRaWAN satelitske veze

## KAKO RADE?

- Jeftini, baterijski napajani uređaji spajaju se izravno na satelitsku mrežu
- LoRaWAN uređaji šalju male pakete podataka prema satelitima (cubesats) u niskoj orbiti zemlje
- Višestruki prolasci orbitom u toku dana
- Satelit prikuplja poruke s uređaja i prosljeđuje podatke kada prelazi iznad zemaljske stanice

## ŠTO OMOGUČAVAJU?

- Pokrivanje udaljenih područja koje je teško dohvati (npr. naftnih bušotina na moru)
- Globalni roaming
- Smanjenje rizika i unaprjeđenje sigurnosti na opasnim i nedostupnim lokacijama
  - Uobičajene aplikacije, npr:
  - praćenje stoke
  - održavanje infrastrukture
  - navodnjavanje usjeva
  - rudarstvo
  - nafta i plin



FLEET



Simple. Affordable. Transformative





# Glavni izazovi budućnosti LoRaWAN mreža

- ▶ S porastom broja uređaja, upravljanje prometom i održavanje kvalitete usluge (QoS) postaje sve izazovnije
- ▶ Ograničeni frekvencijski spektar
  - ▶ kolizije u uzlaznoj vezi, do većeg izražaja dolaze regulatorna ograničenja radnog ciklusa
  - ▶ Interferencije s drugim mrežama, sustavima u ISM frekvencijskom opsegu
- ▶ Povećana kompleksnost upravljanja mrežom i uređajima
  - ▶ veliki broj pristupnika
  - ▶ veliki broj različitih krajnjih uređaja
  - ▶ veliki broj različitih aplikacijskih servera
- ▶ Problem interoperabilnost između različitih sustava
- ▶ Osiguravanje podatkovne sigurnosti
  - ▶ veliki broj različitih uređaja (prvenstveno optimiranih za nisku potrošnju) koji dugi niz godina prikupljaju i šalju podatke s terena – spremnost na buduće prijetnje

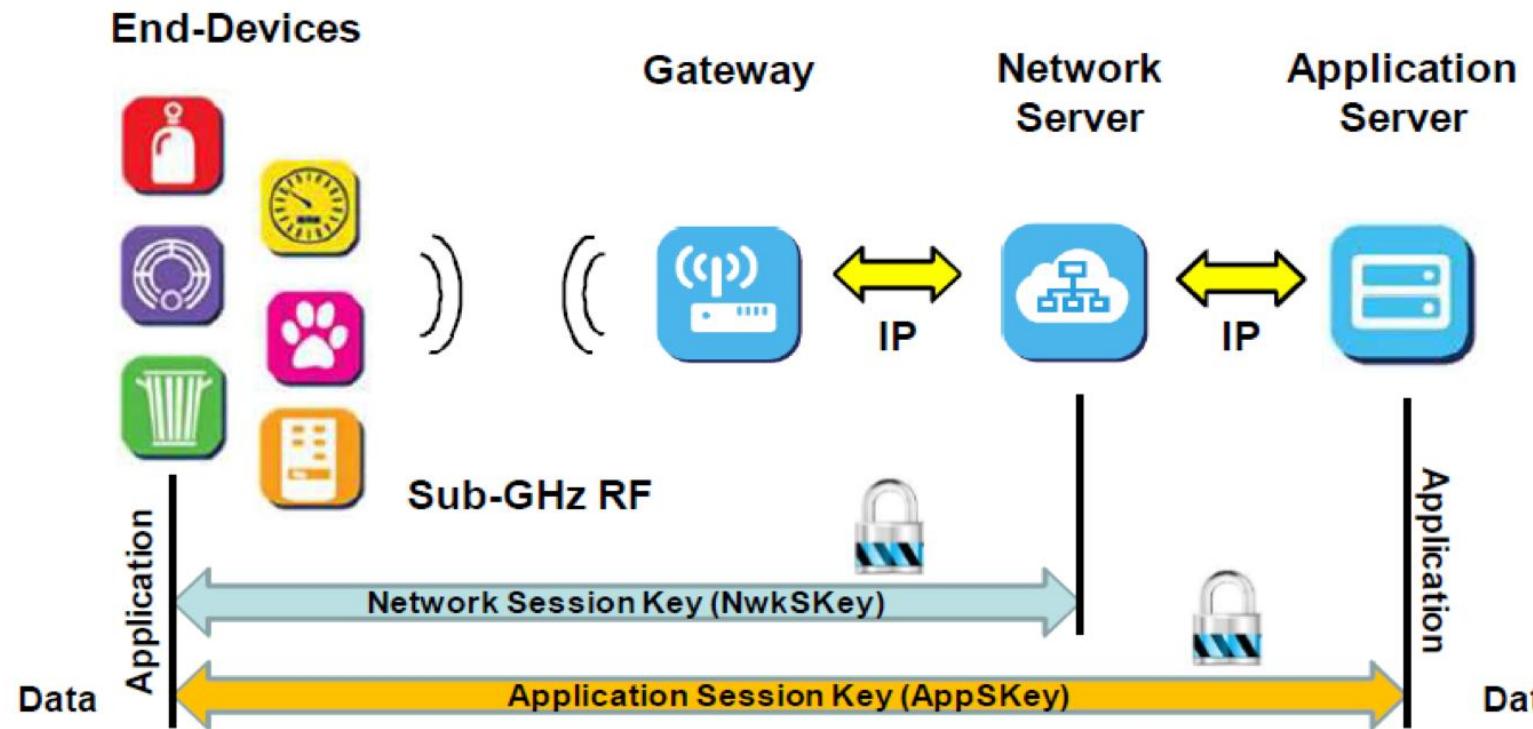


# Sigurnosni aspekti LoRaWAN tehnologije

- ▶ LoRaWAN IoT mreže
  - ▶ Jako velik broj krajnjih uređaja u mreži
  - ▶ Optimizirani za nisku energetsku potrošnju – a ne za napredne/složene sigurnosne tehnike
  - ▶ Kontinuirano dodavanje novih uređaja u mrežu
    - ▶ Različite generacije hardvera i/ili firmvera
    - ▶ Različiti modeli uređaja
    - ▶ Različite vrste uređaja (različite aplikacije, potrebe)
  - ▶ Uređaji predviđeni za rad od 15+ godina bez fizičkog održavanja
  - ▶ Privatne/javne/hibridne mreže
- ▶ Prijetnje:
  - ▶ Neovlašteni presretanje i prislушкиvanje podataka koji se prenose te njihovo dešifriranje
  - ▶ Replay napadi – presretanje i ponovno slanje poruke kako bi prevarili sustav
  - ▶ DoS napad – napadač preplavi mrežu velikim brojem poruka kako bi zagušio kanal I onemogućio legitimnu komunikaciju
  - ▶ Napad na ključeve – pokušaj kompromitacije NwkSKey I AppSKey ključeva za dekripciju i autentifikaciju



# Sigurnosni aspekti LoRaWAN tehnologije – nastavak 1



- ▶ mrežni sesijski ključ (Network Session Key – NwkSkey): 128-bitni ključ između krajnjeg uređaja i mrežnog poslužitelja
- ▶ sesijski ključ aplikacije (Application Session Key - AppSKey): 128-bitni sesijski ključ na razini aplikacije



# Sigurnosni rješenja i dobre prakse

- ▶ Koristiti sve sigurnosne značajke ugrađene u LoRaWAN standard
  - ▶ AES 128 enkripcija – sva komunikacija enkriptirana za osiguranu povjerljivost i integritet podataka
  - ▶ Odvojeni ključevi – NwkSKey za mrežnu sigurnost i APPSKey za enkripciju podataka
  - ▶ Brojači okvira (Frame counters) – zaštita protiv replay napada
- ▶ Implementirati sigurno upravljanje ključevima
  - ▶ Jedinstveni ključ za svaki uređaj
  - ▶ Dinamičko generiranje ključeva (OTAA)
  - ▶ Redovito rotirati ključeve
- ▶ Jačanje sigurnosti na razini uređaja (HSM, tamper-proof)
- ▶ Sigurnost pristupnika (gatewaya)
  - ▶ Provjera autentičnosti prije spajanja na LNS
  - ▶ VPN veza između LNS-a i pristupnika
- ▶ Sigurne nadogradnje firmware-a
  - ▶ OTA s autentifikacijom i enkripcijom
  - ▶ Validacija nadogradnje – kontrolni zbrojevi i kriprografski potpisi
- ▶ Redovite penetracijske provjere i usklađenost
- ▶ Edukacija i obuka
- ▶ Planiranje odgovora na incidente



# Diferencijatori i prednosti LoRaWAN tehnologije



## FLEKSIBILNE OPCIJE IMPLEMENTACIJE

Javne, privatne ili hibridne mreže

CAPEX ili OPEX modeli

Jednostavna i brza uspostava usluge

Relay funkcionalnost (repetitor)



## NADOGRADNJA FIRMWAREA PREKO ZRAKA

Slanje nadogradnje firmwarea na višestruke uređaje istovremeno

Brza prilagodba funkcionalnosti ili sigurnosna nadogradnja

Optimizirani troškovi



## GEOLOKACIJA

Kao funkcionalnost mreže

Dostupna u unutarnjim i vanjskim prostorima

Visoka preciznost

Ne utječe na veličinu uređaja, cijenu ili trajanje baterije

Bez potrebe za specifičnim geolokacijskim sklopoljvjem



## SIGURNOST

Dvostruki sigurnosni sloj:

- Od uređaja do mrežnog servera za autentifikaciju i integritet na radio vezi
- Od uređaja do krajnje aplikacije (end to end) za sigurnost/povjerljivost podataka na javnoj ili dijeljenoj mreži

AES 128-bit enkripcija



## ENERGETSKA EFIKASNOST

10 - 20+ godina vijek trajanja baterije

Višestruke klase uređaja

Optimizacija potrošnje energije [prema konkretnoj primjeni/aplikaciji]



## POVEZIVOST U PODRUČJIMA BEZ TELEKOM INFRASTRUKTURE

Skalabilni kapacitet

Dvosmjerna komunikacija

Roaming omogućava globalnu pokretljivost

Private mreže

15+ kilometara



## DUBOKO POKRIVANJE/ PENETRACIJA

Sposobnost penetracije kroz betonske, metalne zidove/prepreke

Doseg do podruma, okana dizala, vodovodnih zdenaca...

Dobre performanse u različitim okruženjima: urbano, ruralno, brdovito, otežani industrijski uvjeti itd.

# Primjeri uspješnih IoT projekata



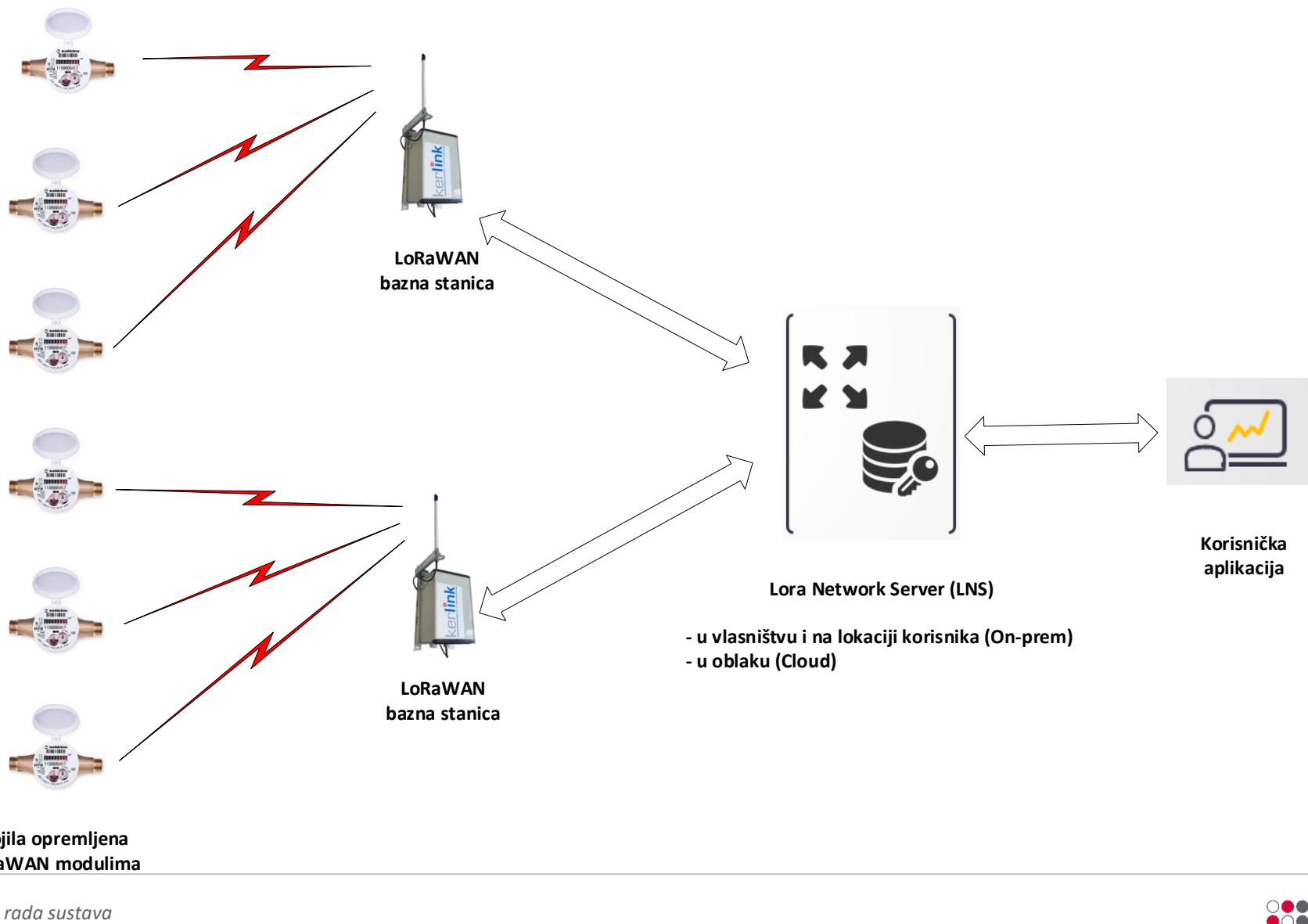
05. 02. 2020.

# PILOT PROJEKT DALJINSKOG OČITAVANJE VODOMJERA





# Arhitektura LoRaWAN sustava za daljinsko očitanje vodomjera





## Područje REALIZACIJE PILOT PROJEKTA

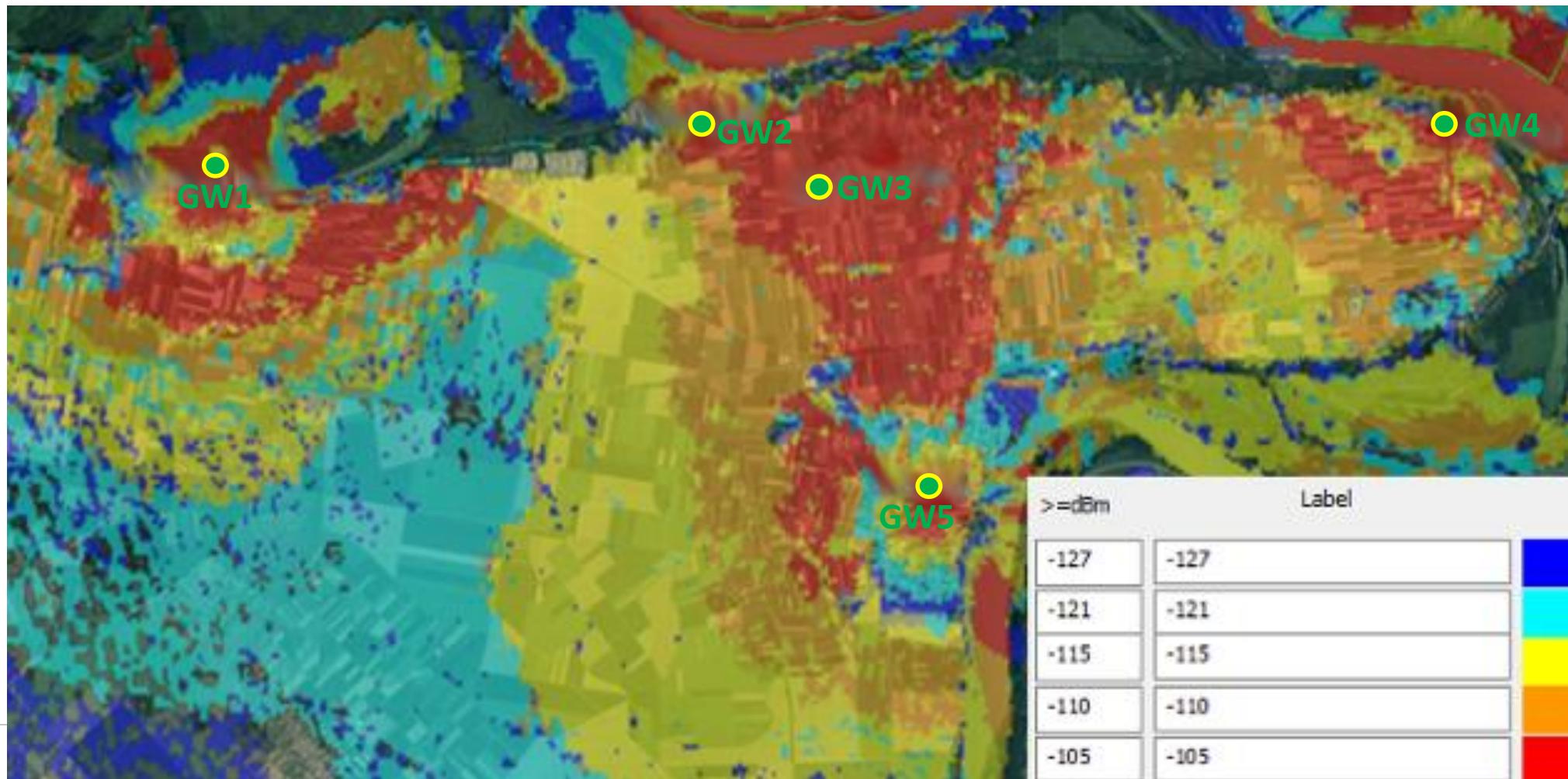
- RURALNO PODRUČJE
- OKO 3800 KORISNIKA



Općina Trpinja

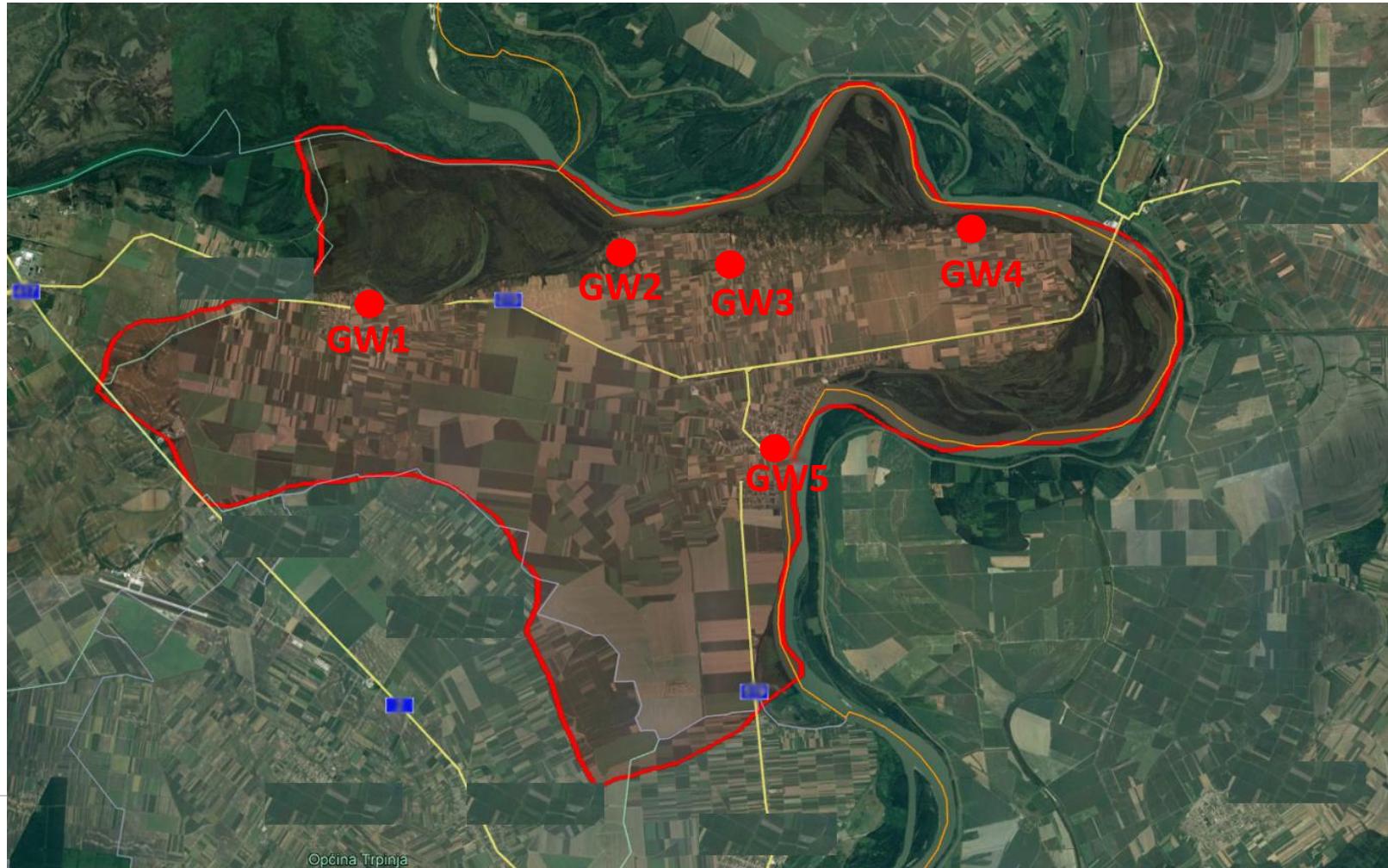


## PREDIKTIVNI PRORAČUN Pokrivanje LoRaWAN signalom – KOMPOZITNI PRIKAZ





## ODABRANE LOKACIJE GW-a



Općina Trpinja

micro-link



# LoRaWAN Gateways

Unutarnja instalacija  
Lokalne aplikacije  
Proširenje pokrivanja



Wirnet iFemtocell

Vanjska instalacija  
Privatne mreže



Wirnet iStation

Vanjska instalacija  
Javne mreže  
Omni. pokrivanje  
Geolokacija



Wirnet iBTS compact

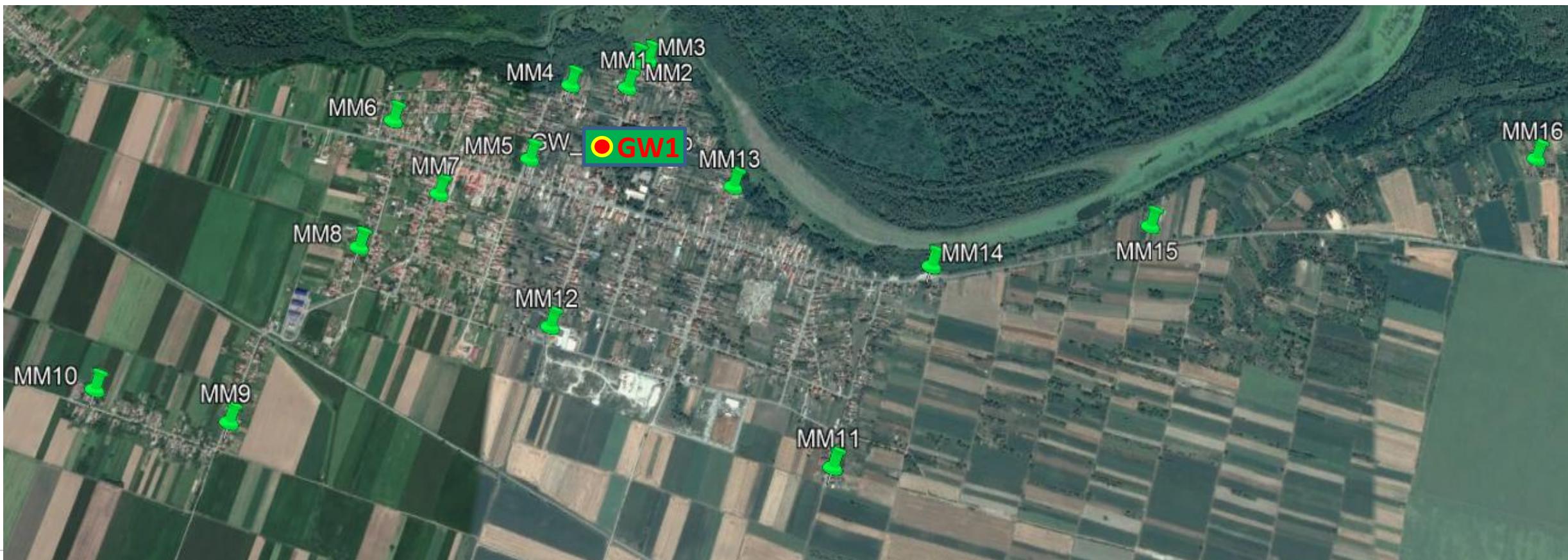
Vanjska instalacija  
Javne mreže  
Sektorsko pokrivanje  
Skalabilnost  
Geolokacija  
Full-duplex

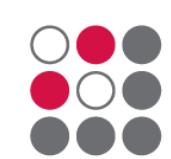


Wirnet iBTS



## REZULTATI OČITANJA S MJERNIH MJESTA





# Krajnji uređaji (moduli) za LoRaWAN očitanje brojila



Pulsni LoRaWAN čitači  
(za brojila s magnetnom iglom)



Pulsni LoRaWAN čitači  
u clip-on izvedbi  
(za specifična brojila)



Brojila s integriranim  
LoRaWAN modulom



## INSTALACIJA MODULA i PUŠTANJE SUSTAVA U PROBNI RAD





## PRAĆENJE REZULTATA USPJEŠNOSTI KROZ VRIJEME I PRIKAZ U APLIKACIJI

LORAWAN WATER METERING DEMO

Search for...

Ivo Krajinovic

Dashboard for: Maddalena - 7076FF3102021954

POTROŠNJA: 23,5 m<sup>3</sup> BATERIJA: 8364 days PORUKE: Ukupno poruka: 319 Zadnja poruka: 3.9.2019. 11:29:05 ALARMS: No Alarm

Godišnji prikaz

1 | 2010\_Bird | HEPDS-055/20 | PML-19-3527

Graf potrošnje za 8. mjesec << Prev - Next >>

Spreading factor

Last 10 Volume Messages

- 3.9.2019. 11:29:05 : History : 23500
- 3.9.2019. 11:25:31 : History : 23500
- 3.9.2019. 2:06:44 : History : 23500
- 2.9.2019. 17:56:50 : History : 23100
- 2.9.2019. 14:36:42 : History : 23100
- 2.9.2019. 14:33:08 : History : 23100
- 2.9.2019. 10:06:03 : History : 23100

Informacije o klijentu

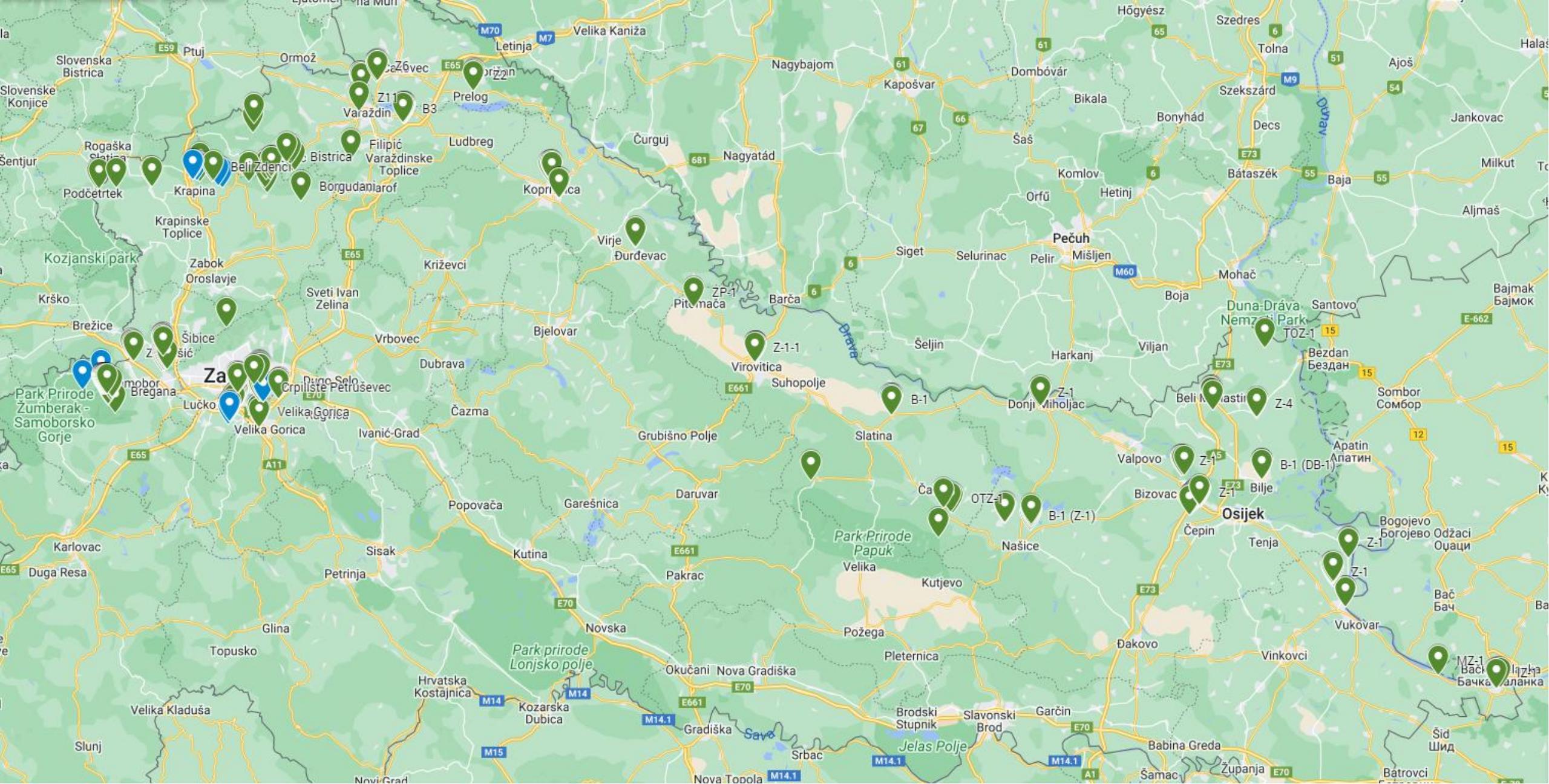
Client: No Client

Description



# Hrvatske vode: Ugradnja mjernih uređaja na vodozahvatima







# Projekt Hrvatskih voda

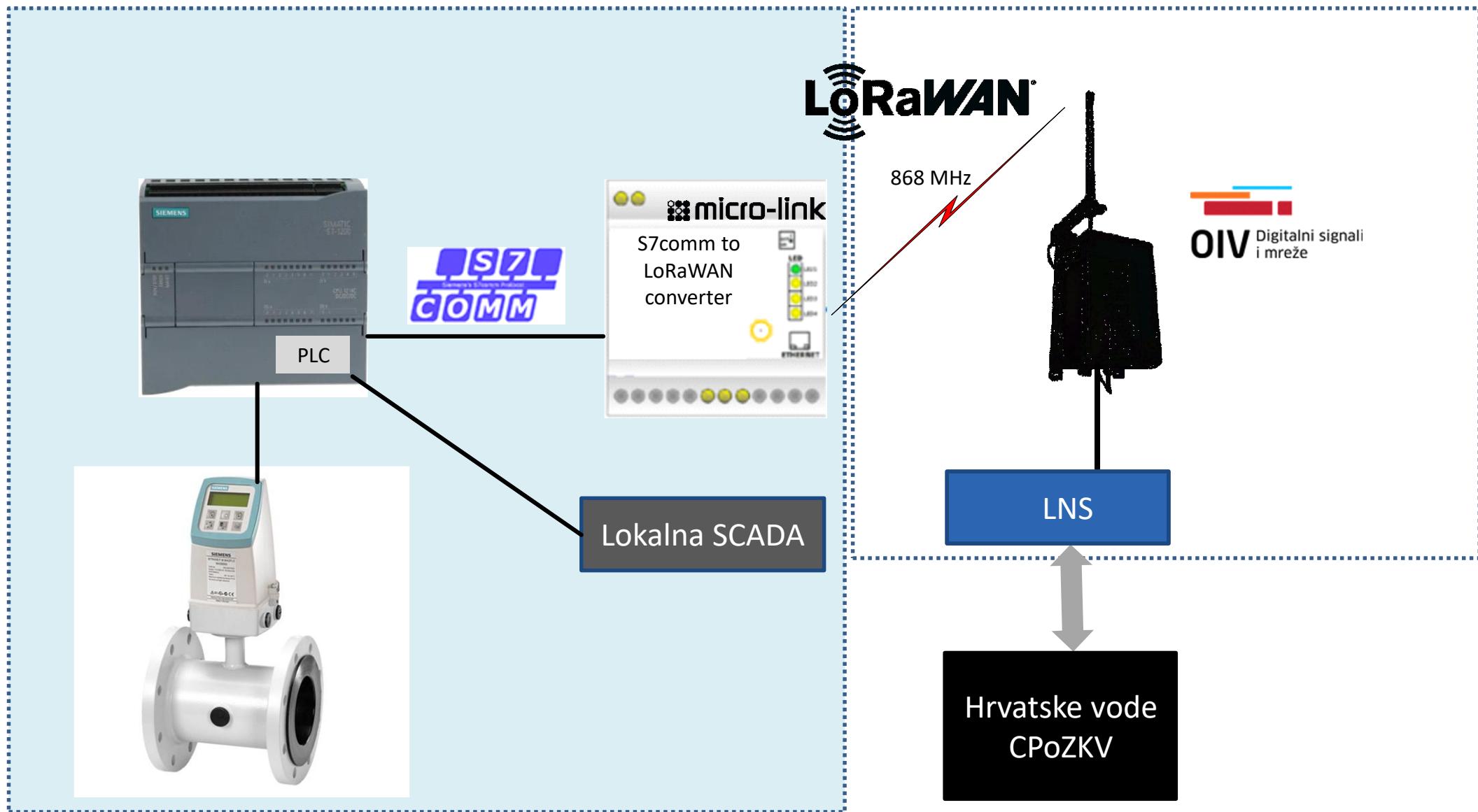
## Ugradnja mjernih uređaja na vodozahvatima

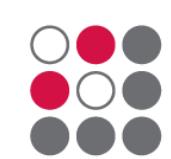


### Telemetrijski dio projekta:

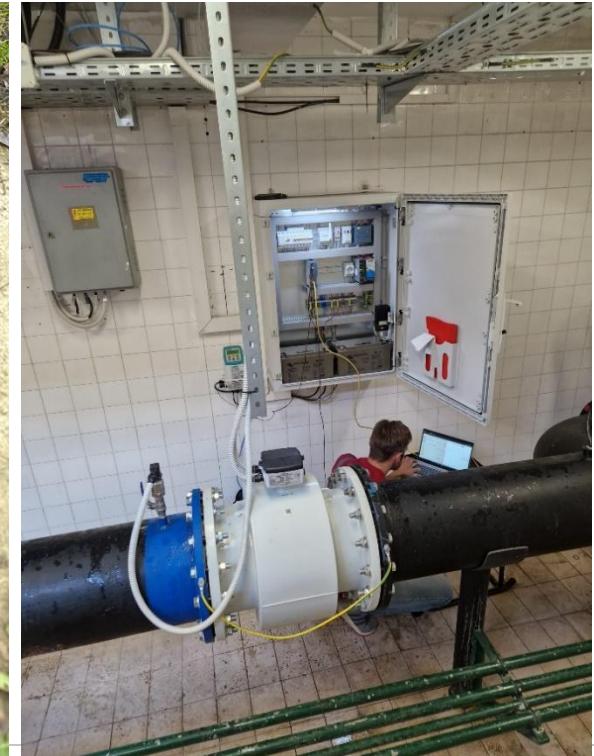
- očitanje i prijenos podataka s mjerača protoka
  - nabava, isporuka, montaža opreme i puštanje u rad telemetrijske opreme za prijenos mjernih podataka protoka
  - integracija sustava - podaci se isporučuju direktno na centralnu platformu HR Voda (CPoZKV) u zadanom formatu
- povezivanje nove telemetrijske opreme sa postojećim sustavima daljinskog nadzora i upravljanja kod svakog vodovoda (SCADA)

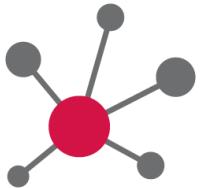
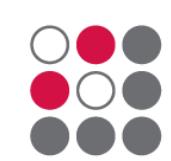






## Kako su izgledali radovi:





## Kako su izgledali radovi:





## Kako se love signali na terenu:





## CPoZKV platforma Hrvatskih voda::

The screenshot shows a dashboard titled "CPoZKV platforma Hrvatskih voda::". On the left, there's a sidebar with "Micro-link Korisnik" and "Kontrolna ploča" sections, and a dropdown menu for "Izvještaji". The main area displays a grid of 12 cards, each representing a reservoir with its name, current water level, and update timestamp. The cards are color-coded by location: ŠIBICE (orange), Ivinčićak (red), STRMEC (blue), VELIKA GORICA (orange), PETRUŠEVEC (yellow), MALA MLAKA (light blue), ZAPRUDE (teal), and two additional cards for MALA MLAKA (light blue) and STRMEC (blue) at the bottom.

Vodotok	Dostupno voda (m <sup>3</sup> )	Uvjerenje	Datum i vrijeme
ŠIBICE - B-1,B-3,B-4 (zb)	1.527.231,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 00:17:03
Ivinčićak - Bunar B5 -VZ	32.165,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 07:18:48
STRMEC - SB-4 -ZG-65	184.049,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 00:18:01
VELIKA GORICA - B5 -ZG-64	625.412,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 00:10:54
STRMEC - SB-8 -ZG-69	376.868,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 00:12:28
STRMEC - SB-5 -ZG-66	6.239,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 07:29:53
MALA MLAKA - B10 -ZG	539.920,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 08:27:47
ZAPRUDE - BZ-1 -ZG-58	877.311,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 08:29:08
MALA MLAKA - B2 -ZG-	722.859,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 00:03:58
STRMEC - SB-7 -ZG-68	316.469,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 08:23:35
PETRUŠEVEC - PB-6 -ZG	597.572,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 08:21:09
MALA MLAKA - B29 -ZG	220.552,00 m <sup>3</sup>	+	5. srp 2023. 08:57:05



## CPoZKV platforma Hrvatskih voda::

Screenshot of the CPoZKV platform for Croatian Water Management showing a measurement detail page.

**Mjerenje:**  
Naziv mjerenja: ŠIBICE - B-1,B-3,B-4 (zbirni mjerat) -ZG-75 - Mjerenje - [m<sup>3</sup>]  
Tip mjerenja: Zbiravatelja voda [m<sup>3</sup>]  
Mjerenje usvojeno: KolGra voda  
Kod mjerenja: Brojac  
Prilazom mjerena jedinica: Kubni metar [m<sup>3</sup>]  
ID: 1075 MEASUREMENT

**Detalji:**  
Tip: Automatsko mjeranje.  
Uredaj:

- Naziv: ŠIBICE - B-1,B-3,B-4 (zbirni mjerat) -ZG-75
- Uredaj je omogućen.
- Protokol: HOLOSYS
- Aktiva.

Mjerenje omogućeno.

Prikazano: 1  
Status alarme: 0  
Vrijednost prethodnog obavljenog izmjeritka: 1.527.221,01 [m<sup>3</sup>]  
Vrijeme zadje: utvrdio: 5. srp 2023, 08:38:00  
Prethodna obavljena vrijednost: 1.527.221,00 [m<sup>3</sup>]  
Prethodni podatak u: 5. srp 2023, 08:02:03  
Opis JVU: Vodospoljba i odvodnje Zaprešić d.o.o. Zaprešić JS: ZAPREŠIĆ Načelik ŠIBICE

**Prethodni mjesec (po dan)**

Bar chart showing daily water volume measurements for ŠIBICE - B-1,B-3,B-4 (zbirni mjerat) -ZG-75 [m<sup>3</sup>] over the previous month. The Y-axis represents Volume [m<sup>3</sup>] from 0 to 200k. The X-axis shows dates from 1.Iun to 29.Iun. Most days show a value around 150k, with a notable peak around 180k on June 17th.

Datum	Vrijednost [m <sup>3</sup> ]
1.Iun	~150
2.Iun	~150
3.Iun	~150
4.Iun	~150
5.Iun	~150
6.Iun	~150
7.Iun	~150
8.Iun	~150
9.Iun	~150
10.Iun	~150
11.Iun	~150
12.Iun	~150
13.Iun	~150
14.Iun	~150
15.Iun	~150
16.Iun	~150
17.Iun	~180
18.Iun	~150
19.Iun	~150
20.Iun	~150
21.Iun	~150
22.Iun	~150
23.Iun	~150
24.Iun	~150
25.Iun	~150
26.Iun	~150
27.Iun	~150
28.Iun	~150
29.Iun	~150

**Mjerenje:**  
ŠIBICE - B-1,B-3,B-4 (zbirni mjerat) -ZG-75 [m<sup>3</sup>]  
**Statistika:**  
Ukupno: 423.056,45  
Povratak: 16.101,66  
Medijan: 16.371,25  
Makimum: 18.502,86  
Minimum: 10.207,29

**Povezano:**  
Mjerenje iz log uredaj:  
Nove mjerene

**Alarms:**

Naziv	Vrsta konfiguracije	Kriterij okidanja	Stanje alarme	Započeo	Završio	Stanje obavijesti	Opcije
Ne postoji zapis							

# SMART CITY PROJEKT DUGO SELO



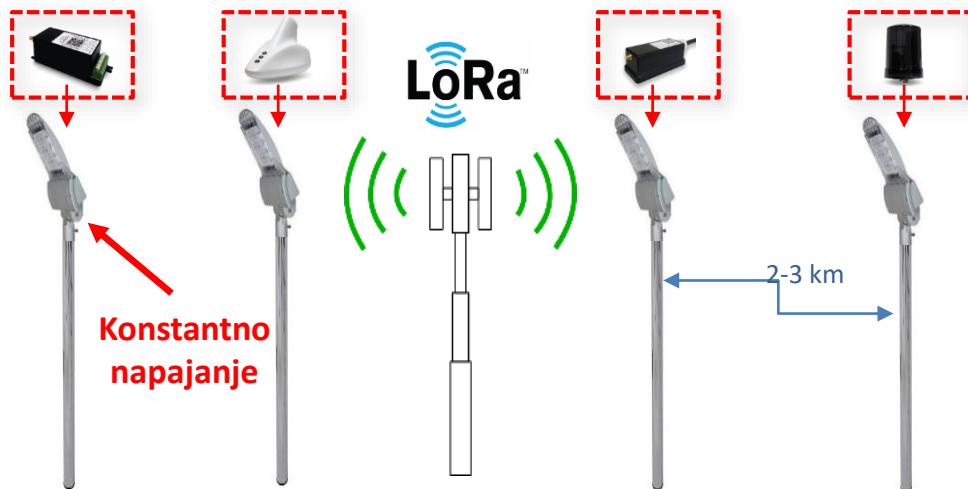


## OPSEG PROJEKTA:

- Zamjena postojećih svjetiljki javne rasvjete novim LED svjetiljkama
- Uspostavljanje gradske LoRaWAN mreže na području grada
- Upravljanje i nadzor javne rasvjete putem LoRaWAN kontrolera
- Implementacija gradske WiFi mreže na stupovima javne rasvjete
- Izgradnja mikrovalni veza za povezivanje WiFi AP-ova visokim podatkovnim kapacitetom
- Osiguravanje infrastrukture za buduću izgradnju sustava video nadzora (stupovi s konstantnim napajanjem i podatkovnim vezama)



# Upravljanje rasvjetom



- LoRaWAN mreža omogućava nadzor i upravljenje javnom rasvjetom putem aplikacije
  - optimalno korištenje rasvjete, uštede energije
  - informacija u realnom vremenu o događajima u cijeloj mreži
- LoRaWAN kontroler integriran u rasvjetna tijela
  - veliko područje pokrivanja, dvosmjeran prijenos kontrolnih i upravljačkih podataka od/do centralne lokacije
  - konstantno 24 satno napajanje na stupu rasvjete



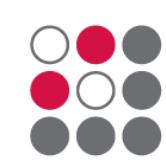
DUGO SELO



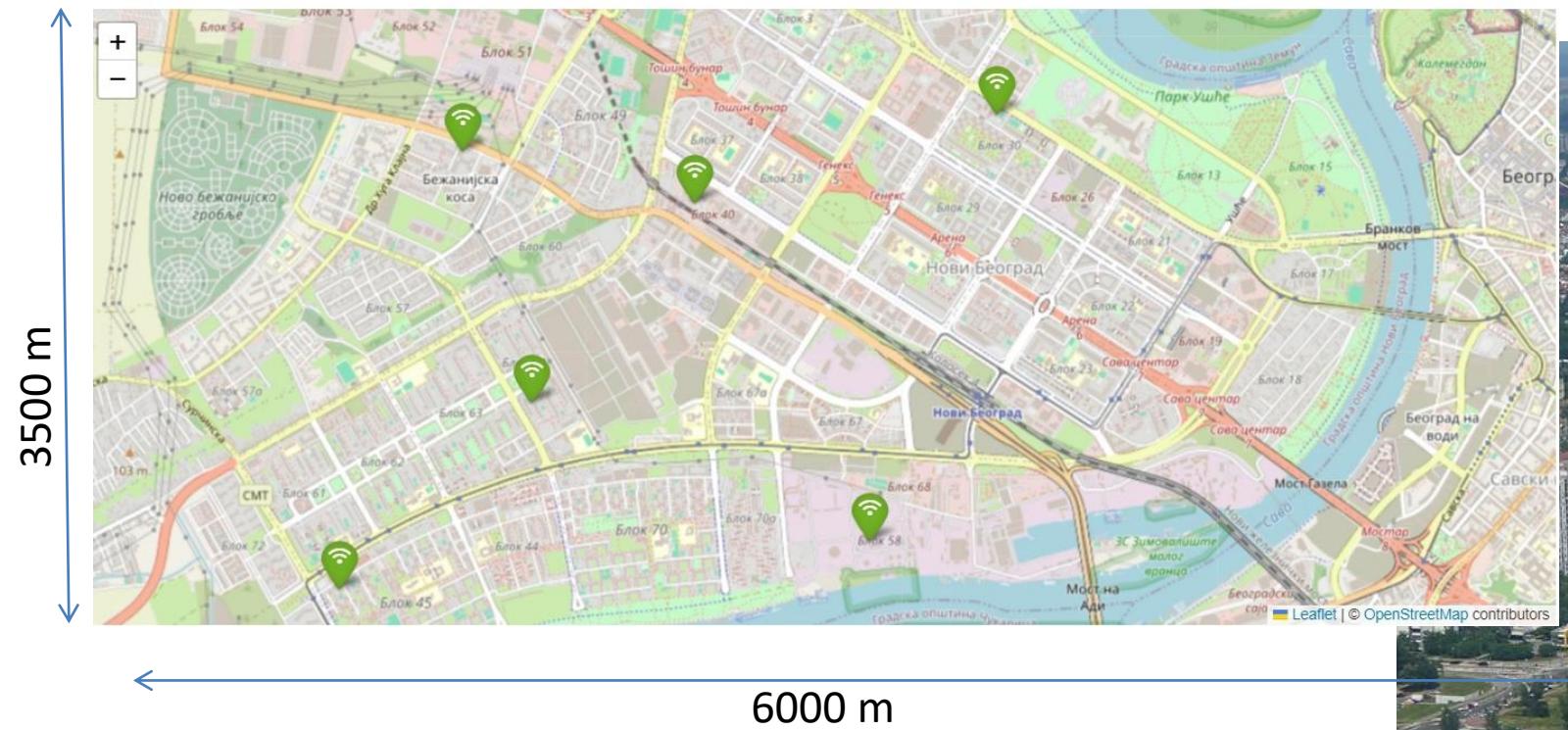
# PROJEKT BEOGRADSKE ELEKTRANE



- Beogradske elektrane je tvrtka za isporuku toplinske energije u gradu Beogradu
- BE u mreži ima preko 9000 kalorimetara
- dio kalorimetara se očitava ručno, a dio putem GPRS veze
- vrlo loša pokrivenost GPRS signalom u toplinskim stanicama (podrumi i prizemlja stambenih zgrada)
- projektom je predviđeno povezivanje trenutno nepovezanih kalorimetara, ali i zamjena GPRS modema s LoRaWAN komunikacijskim modulima
- pokrivanje je ostvareno sa 5 Kerlink iBTS compact GW-a
- LNS: Kerlink Wanesy Management Center – kao virtualka u data centru korisnika (On-Prem instalacija)
- prva faza obuhvaća 300 lokacija u centralnom dijelu Beograda
- kalorimetri komuniciraju putem M-BUS protokola
- zbog specifičnih zahtjeva Micro-Link je za potrebe projekta razvio vlastiti M-BUS na LoRaWAN konverter



# Novi Beograd (phase 1)



Filter 

## Data Up

Date	Device address	FPort	FCntUp	FCntDown	ADR	Class B	Pushed	Frequency	RSSI	SNR	DataRate	Gateway	Radio ID	Channel	Modulation	Fine timestamp	Delayed
2020/10/19 11:50:34	8700203A	5	0	0	True	False	Yes	867.1 MHz	-115 dBm	-1.8 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	0	0	LORA	-	No
2020/10/19 11:34:20	87002037	5	0	0	True	False	Yes	867.1 MHz	-114 dBm	-1.5 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	0	0	LORA	-	No
2020/10/19 11:18:14	87002035	5	0	0	True	False	Yes	867.1 MHz	-115 dBm	-0.2 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	0	0	LORA	-	No
2020/10/19 11:01:52	87002032	5	0	0	True	False	Yes	868.1 MHz	-117 dBm	-9 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	261	5	LORA	-	No
2020/10/19 10:45:46	87002030	5	0	0	True	False	Yes	867.5 MHz	-113 dBm	-5 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	2	2	LORA	-	No
2020/10/19 10:29:40	8700202D	5	0	0	True	False	Yes	868.3 MHz	-115 dBm	-6 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	262	6	LORA	-	No
2020/10/19 10:13:34	8700202B	5	0	0	True	False	Yes	867.7 MHz	-115 dBm	-6 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	3	3	LORA	-	No
2020/10/19 09:57:28	87002029	5	0	0	True	False	Yes	867.9 MHz	-113 dBm	-4.2 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	4	4	LORA	-	No
2020/10/19 09:41:14	87002027	5	0	0	True	False	Yes	867.1 MHz	-114 dBm	0.5 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	0	0	LORA	-	No
2020/10/19 09:08:41	87002023	5	0	0	True	False	Yes	867.3 MHz	-115 dBm	-10.8 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	1	1	LORA	-	No
2020/10/19 08:52:28	87002021	5	0	0	True	False	Yes	867.9 MHz	-114 dBm	-5.2 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	4	4	LORA	-	No
2020/10/19 08:36:13	8700201E	5	0	0	True	False	Yes	867.9 MHz	-114 dBm	-4.5 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	4	4	LORA	-	No
2020/10/19 08:19:51	8700201C	5	0	0	True	False	Yes	867.7 MHz	-113 dBm	-7.5 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	3	3	LORA	-	No
2020/10/19 08:03:45	8700201A	5	0	0	True	False	Yes	868.3 MHz	-114 dBm	-7 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	262	6	LORA	-	No
2020/10/19 07:47:20	87002010	5	0	0	True	False	Yes	867.9 MHz	-112 dBm	-12.2 dB	SF12BW125	7076FF005605049F	1	1	LORA	-	No



LNS

867.1 MHz	-114 dBm	0.5 dB	SF12BW125	<a href="#">7076FF005605049F</a>
867.3 MHz	-115 dBm	-10.8 dB	SF12BW125	<a href="#">7076FF005605049F</a>
867.9 MHz	-114 dBm	-5.2 dB	SF12BW125	<a href="#">7076FF005605049F</a>
867.9 MHz	-114 dBm	-4.5 dB	SF12BW125	<a href="#">7076FF005605049F</a>
867.7 MHz	-113 dBm	-7.5 dB	SF12BW125	<a href="#">7076FF005605049F</a>
868.3 MHz	-114 dBm	-7 dB	SF12BW125	<a href="#">7076FF005605049F</a>

# OČITANJA

The screenshot shows a web browser window with the title "Callorimeter data" and the URL "localhost:8080". The page is titled "micro-link" and displays a table of data. The data is organized into columns: ID, Date, Volume, Energy, Power, and Temperature. The table has 10 rows, each representing a different reading. The data is as follows:

ID	Date	Volume	Energy	Power	Temperature
0004A30B00F0CD61	18.10.2020. 17:00:58	6190045	1152347	1820	Forward Temp: 59 Return Temp: 38
0004A30B00F0CD61	18.10.2020. 16:45:57	6189858	1152302	1814	Forward Temp: 59 Return Temp: 38
0004A30B00F0B0F7	18.10.2020. 16:33:13	4974975	833259	1708	Forward Temp: 55 Return Temp: 39
0004A30B00F0CD61	18.10.2020. 16:30:55	6189671	1152256	1775	Forward Temp: 58 Return Temp: 37
0004A30B00F0CD61	18.10.2020. 15:00:53	6188542	1152022	1503	Forward Temp: 54 Return Temp: 37
0004A30B00F0B0F7	18.10.2020. 14:48:06	4973302	833230	1633	Forward Temp: 54 Return Temp: 39
0004A30B00F0CD61	18.10.2020. 14:45:53	6188353	1151984	1518	Forward Temp: 55 Return Temp: 37
0004A30B00F0B0F7	18.10.2020. 14:33:05	4973063	833226	1656	Forward Temp: 54 Return Temp: 39
0004A30B00F0B0F7	17.10.2020. 19:46:52	4960794	832985	1257	Forward Temp: 59 Return Temp: 40
0004A30B00F0CD61	17.10.2020. 19:44:33	6175957	1149299	1150	Forward Temp: 58 Return Temp: 41

**Energija: kWh**  
**Volumen: 0.1 x m<sup>3</sup>**  
**Temperatura: °C**  
**Snaga: 0.1 x kWh**  
**Protok: 0.001 x m<sup>3</sup>/h**

# PROJEKT NADZOR KVALITETE ZRAKA U DRNIŠU





- ▶ privatna LoRaWAN mreža u vlasništvu grada
- ▶ mreža namijenjena za razne Smartcity aplikacije
  - ▶ kvaliteta zraka
  - ▶ pametna rasvjeta
  - ▶ upravljanje energentima – očitanje brojila
  - ▶ upravljanje otpadom
  - ▶ mjerjenje buke
- ▶ mjereni parametri kvalitete zraka:
  - ▶ Temperatura (C)
  - ▶ Vлага (%)
  - ▶ Tlak (kPa)
  - ▶ Ozon- O<sub>3</sub> (ppm)
  - ▶ Sumporov dioksid – SO<sub>2</sub> (ppm)
  - ▶ Dušikov dioksid - NO<sub>2</sub> (ppm)
  - ▶ Ugljikov monoksid – CO (ppm)
  - ▶ Lebdeće čestice <1µm – PM1 (µg/m<sup>3</sup>)
  - ▶ Lebdeće čestice <2.5µm – PM2.5 (µg/m<sup>3</sup>)
  - ▶ Lebdeće čestice <10µm – PM10 (µg/m<sup>3</sup>)

# PROJEKT PAMETNIH CESTOVNIH BRANIKA





## What are SMART GUARDRAILS?

- ▶ What problems are we addressing?
- ▶ How do we do it?
- ▶ What were our main challenges?



# What problem are we addressing?



- ▶ Roads with limited traffic and no remote monitoring (video)
- ▶ Scenic, twisty roads very popular among motorcyclists
- ▶ High risk of single vehicle accidents and collisions with guardrails
- ▶ Black spots - known critical sections
- ▶ If motorcyclist is unable to call for help himself, long time can pass before other road users notice and report accident
- ▶ In case of injury it is of critical importance that medical help is provided as soon as possible – transport to trauma center within 60 min - golden hour



# What problem are we addressing?



Accident, Takalice 31.07.2021.





# What are SMART GUARDRAILS?

- ▶ Guardrails that **automatically**, in **real time**, send information to the control center if a collision with the guardrails occurred
- ▶ including all available data about time, intensity and **exact location**



# How to detect collision?



- ▶ Impact sensors can be mounted on guardrails
- ▶ Sensors can detect impact/shock by measuring acceleration
- ▶ Depending on Impact intensity, one or more sensors will detect Impact and send information to control center
- ▶ Sensors can also measuring tilt and report if structure permanently changed orientation/angel



# Technical challenges



- ▶ How to transmit data from sensors to control center?
  - ▶ No adequate communication infrastructure available
  - ▶ No power supply available
  - ▶ Cost limitations
- ▶ Reliable real-time communication is critical for this application



# LoRaWAN Base station



- ▶ LoRaWAN gateway
- ▶ Expected range up to 5 – 15 km radius (depends on terrain and radio propagation conditions)
- ▶ Fully off grid solution – Solar & Wind powered only with batteries
- ▶ 4G link to LoRa Network Server
- ▶ Remote live monitoring of gateway and power supply system





# LoRaWAN Sensors for Impact detection and tilt detection



- ▶ Battery powered only
- ▶ Replaceable batteries
- ▶ > 5 years battery life expectancy
- ▶ OTA configurable
- ▶ 3 axes accelerometer sensor
  - ▶ -16g to + 16g adjustable trigger level
- ▶ Tilt sensor
- ▶ Temperature sensor
- ▶ -20 to +55C operating temperature

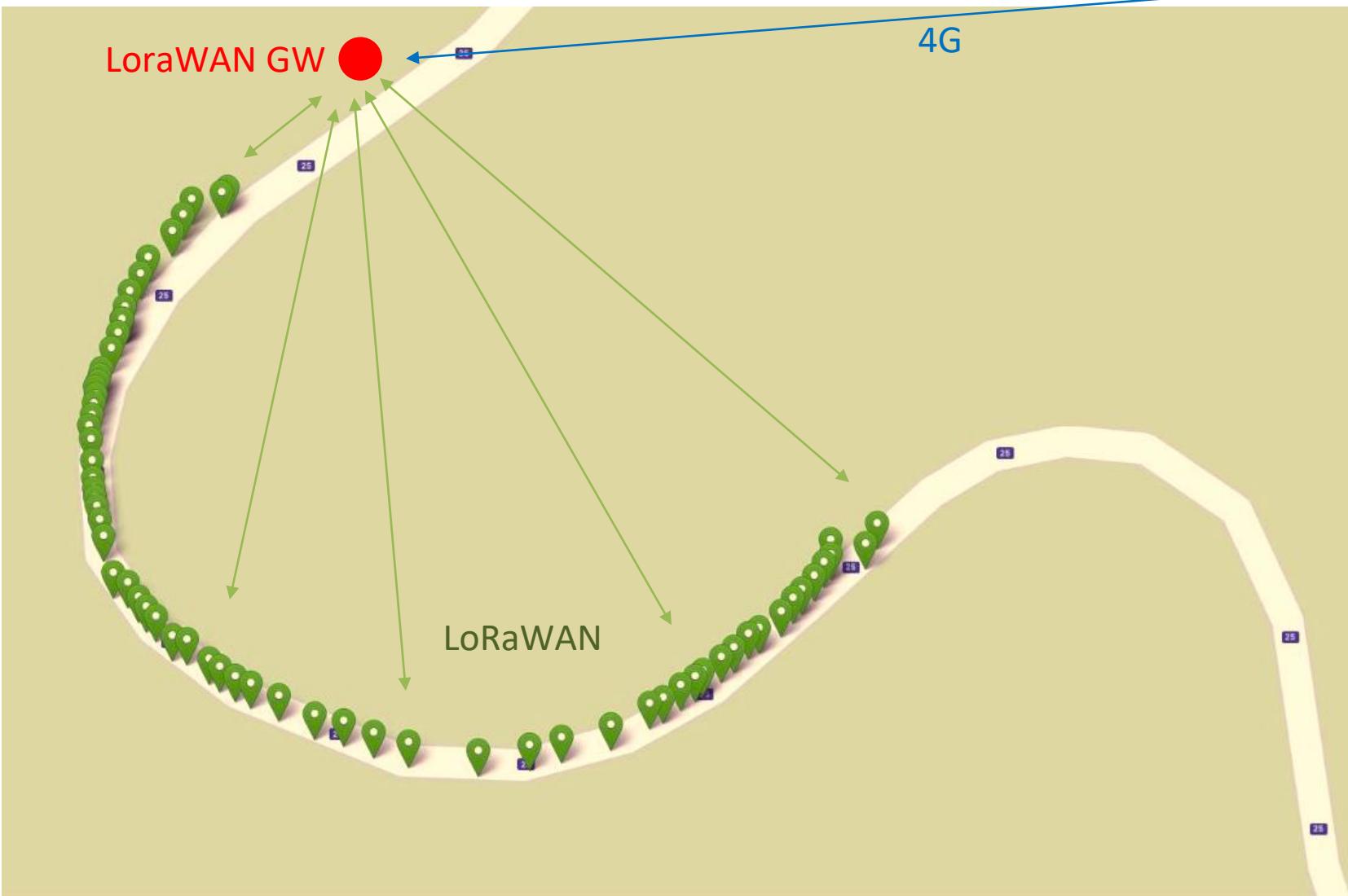


# Project – D25 – location Takalice





# Project – D25 – location Takalice



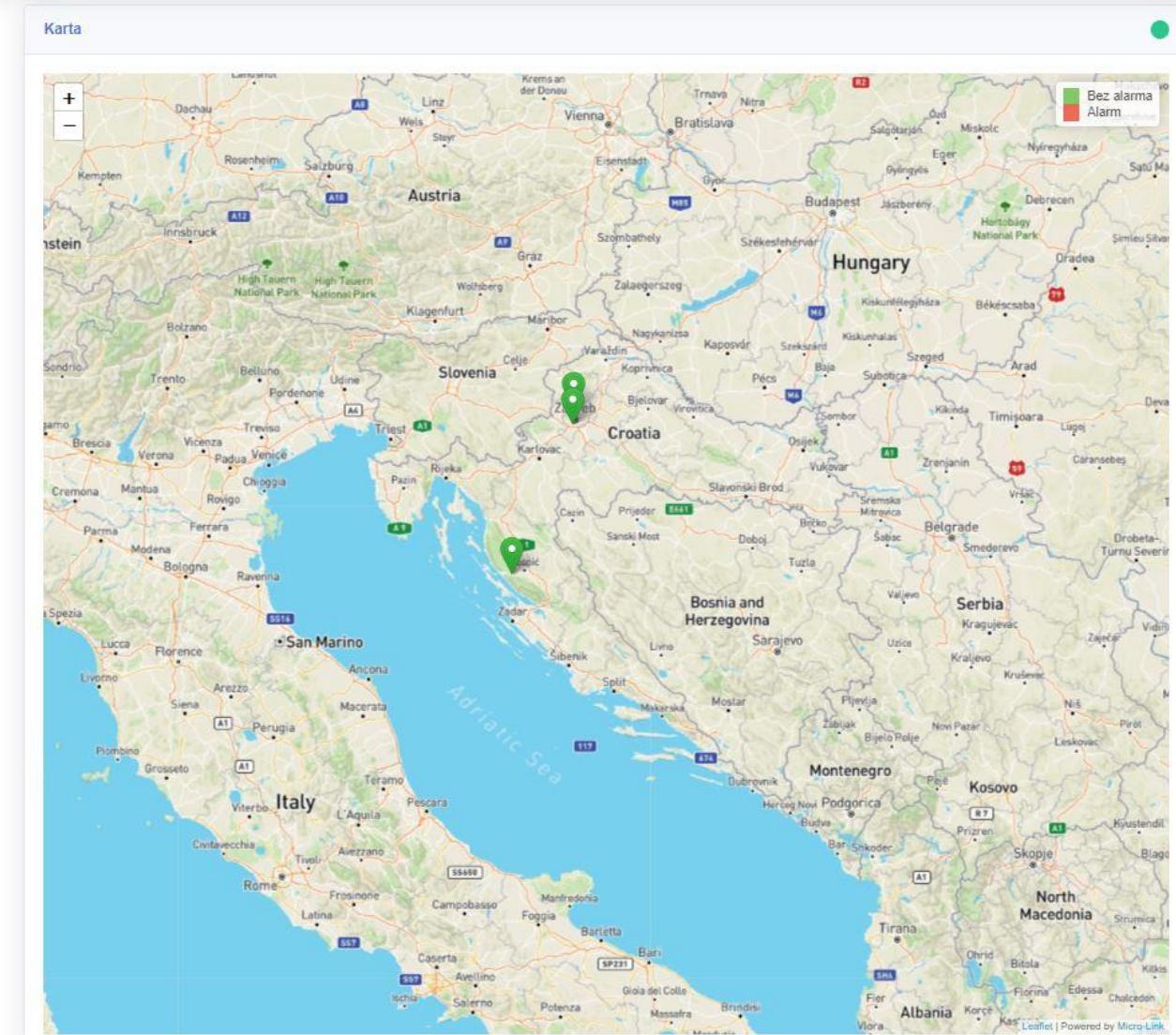
- ▶ 280m of guardrail
- ▶ 68 impact sensors
  - ▶ LoRaWAN
  - ▶ Battery powered
  - ▶ Plastic housing for protection - vandalism
- ▶ 4 m resolution/distance between sensors
- ▶ 1 LoRaWAN GW
  - ▶ Solar/Wind powered
  - ▶ 4G backhaul
- ▶ User application at control center
- ▶ E-mail/mobile alerting system



# Smart Guardrail monitoring platform



Karta Uređaji Alarms Događaji Lokacije Administracija Admin Admin





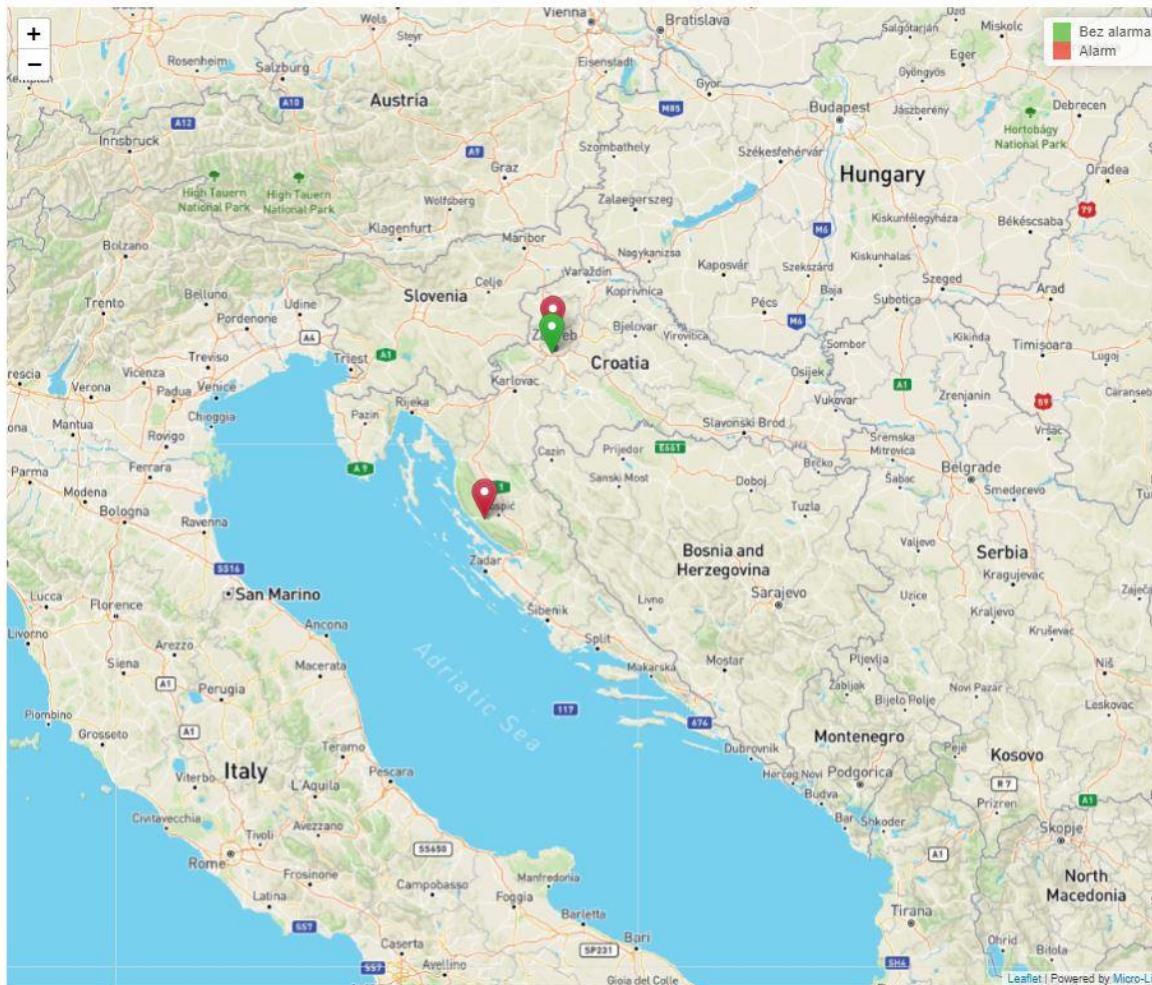
# Smart Guardrail monitoring platform



Karta Uređaji Alarmi Dogadaji Lokacije Administracija Admin Admin



Karta



Vrijeme

2.9.2022. 13:31:39

Lokacija

Takalice

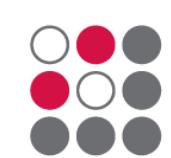
**Detalji Potvrde**

2.9.2022. 13:31:24

Sljeme

**Detalji Zatvaranja**

Leaflet | Powered by Micro-Link



# Smart Guardrail monitoring platform



Karta Uređaji Alarms Događaji Lokacije Administracija Admin Admin micro-link

Home / Događaji / Popis događaja

Aktivni Potvrđeni Zatvoreni Svi

Motor Pretraži

Događaji po stranici

Trenutno prikazano 5 od 5 događaja

Pretraga događaja:  Pretraži

Id	Vrijeme događaja	Potvrda	Vrijeme potvrde	Zatvaranje	Vrijeme zatvaranja	Broj alarma	Lokacija	
6	2.9.2022. 15:31:39					1	Takalice	<button>Detalji</button>
5	2.9.2022. 15:31:24	Admin Admin	2.9.2022. 15:33:31			1	Sjeme	<button>Detalji</button>
4	31.8.2022. 15:11:16	Admin Admin	31.8.2022. 15:14:36	Admin Admin	31.8.2022. 15:26:35	1	Takalice	<button>Detalji</button>
3	31.8.2022. 14:57:54	Admin Admin	31.8.2022. 15:45:28	Admin Admin	2.9.2022. 15:22:40	1	Takalice	<button>Detalji</button>
2	31.8.2022. 14:57:29	Admin Admin	2.9.2022. 15:22:14	Admin Admin	2.9.2022. 15:22:34	1	Takalice	<button>Detalji</button>

Stranica 1 / 1



# Smart Guardrail monitoring platform

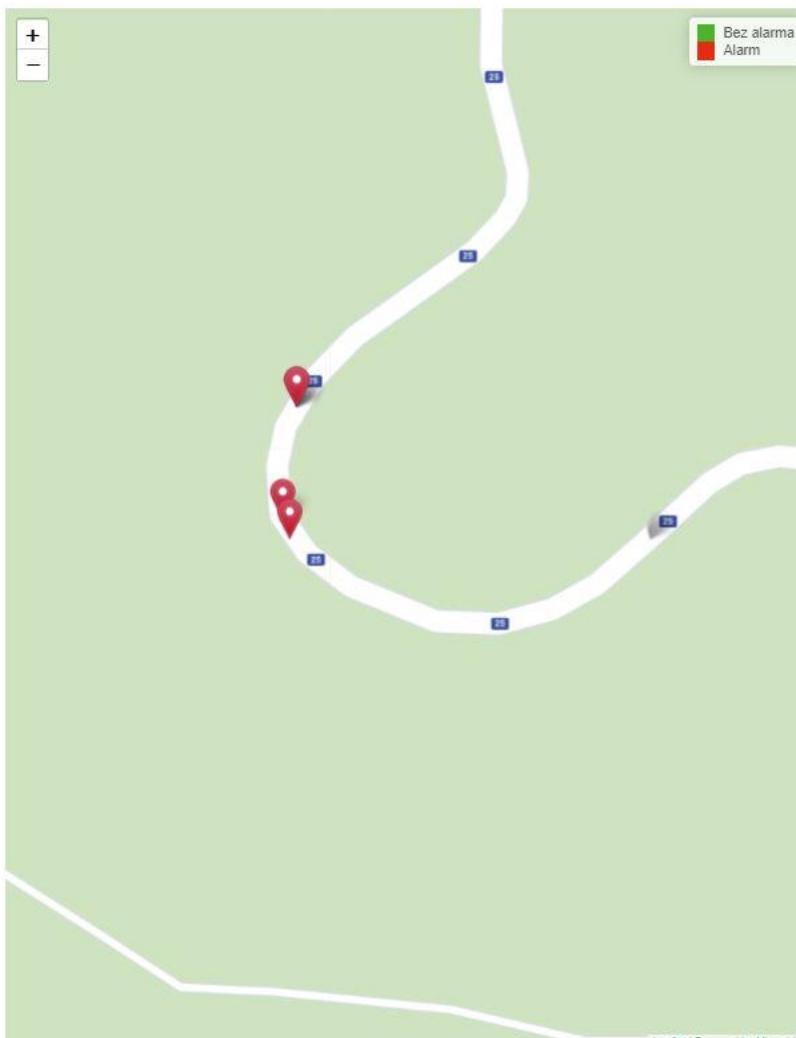


Karta Uređaji Alarmi Događaji Lokacije Administracija Admin Admin



Home / Potvrda događaja

Karta



Potvrda događaja

Id	11	Vrijeme događaja	5.9.2022. 11:03:39
Broj alarma	3	Lokacija	Takalice

Potvrdi

Tagovi

Medo na



Dodaj

Log

Admin Admin [Komentar](#) @ 5.9.2022. 11:06:58

Poslana ophodnja!

Komentirajte ovdje...

Pošalji

micro-link



# Smart Guardrail monitoring platform



Karta Uređaji Alarmi Događaji Lokacije Administracija Admin Admin



Home / Alarmi / Popis alarma

Aktivni Svi Potvrđeno Info

Datum i vrijeme	Naziv	Temperatura	Baterija	Gx	Gy	Gz	Tip
5.9.2022. 11:00:53	mv-003	27 °C	3.47 V	5481	926	961	Alarm
5.9.2022. 11:00:41	mv-002	27 °C	3.48 V	1145	244	5640	Alarm
5.9.2022. 11:00:28	mv-001	27 °C	3.48 V	390	5206	846	Alarm

# Hvala na pažnji!

darko.zvan@microlink.hr

