

PREGLED TEHNOLOGIJA MOBILNOG ŠIROKOPOJASNOG PRISTUPA I KONVERGENCIJA KA ALL-IP BEŽIČNIM MREŽAMA

Marija Rajković, Ljubica Marković, Mirjana Arsekić-Kraković, Milan Janković
Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge

Sadržaj: Mobilni komunikacioni sistemi su izvršili revoluciju u načinu komunikacije ljudi. S tehnološkim napretkom, uporedo su rasli i zahtevi korisnika. Jedna od osnovnih funkcija mobilnih sistema današnjice jeste mobilni širokopojasni pristup Internetu. Tehnološki razvoj od mobilnih mreža 1G koje su vršile analogni prenos govora, 2G sa prvim prenosom podataka, 3G sa širokopojasnim prisutpcom Internetu, do 4G all-IP mreža, kao i osvrt na bežični svet 5G mreža izvršen je u ovom radu.

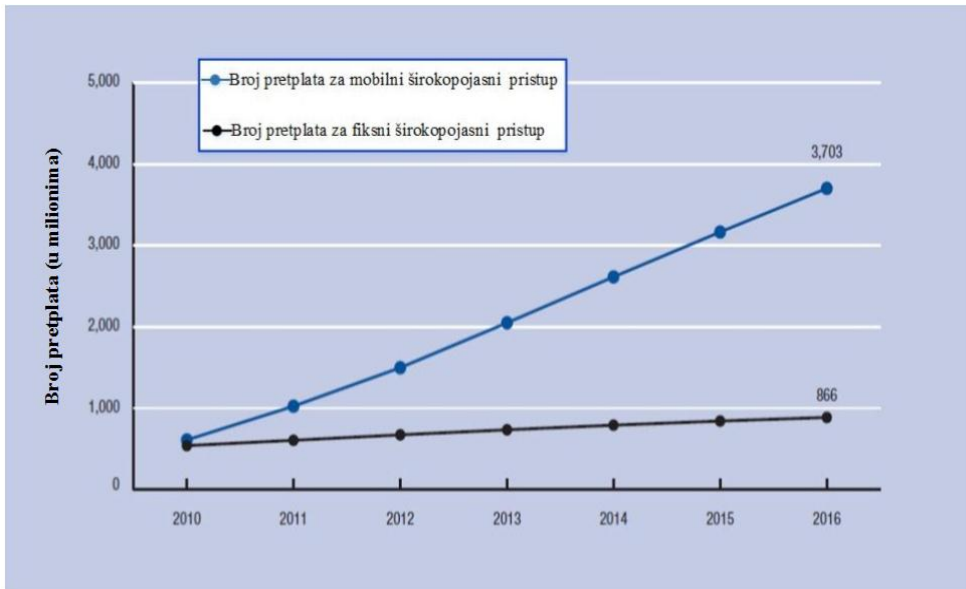
Ključne reči: mobilni širokopojasni pristup, 1G, 2G, 3G, 4G, 5G.

1. Uvod

Mobilni širokopojasni pristup, ili *WWAN (Wireless Wide Area Network)* definiše se kao širokopojasni pristup u ćelijskom okruženju koji obezbeđuje minimalni protok od 256 kbit/s, [1]. On obuhvata širok opseg tehnologija, koje obezbeđuju brži pristup Internetu preko prenosivih uređaja, kao što su mobilni telefoni, tableti, prenosivi ili USB bežični modemi.

Sa više od 6 biliona konekcija širom sveta, mobilna telefonija je postala najveća *ICT (Information and Communication Technology)* tehnologija u istoriji, [2]. Mobilni širokopojasni pristup menja način na koji ljudi širom sveta pristupaju Internetu pa je 2010. godine postao i primarna metoda pristupa Internetu, što može da se vidi sa slike 1.

Gledajući unazad, tehnologije bežičnog pristupa pratile su različite evolucionere putanje, ali sa istim ciljem, velikih performansi u mobilnom okruženju. Evolucija bežičnih tehnologija je dostigla svoju četvrtu generaciju, 4G. 1G je zadovoljila osnovne zahteve prenosa govora, 2G uvodi kapacitet i pokrivenost, dok 3G sa zahtevom prenosa podataka velike brzine ulazi u eru pravog mobilnog širokopojasnog pristupa, koji je dalje razvijan u 4G. 5G mreže će se fokusirati na razvoj korisničkih terminala, koji će imati pristup svim bežičnim tehnologijama istovremeno, i gde će vršiti njihovu kombinaciju radi najboljih performansi.



Izvori: Industry analyst firm forecasts. For mobile broadband subscriptions: HSPA, EV-DO, TD-SCDMA, and LTE subscribers: Wireless Intelligence Database, February 2012; for WiMax: ABI Database, February 2012; for fixed broadband subscriptions: Informa Telecoms&Media(WBIS) database, February 2012.

Napomena: Mobile broadband technologies include EV-DO, HSPA, TD-SCDMA, LTE, WiMax, and their respective evolutions.

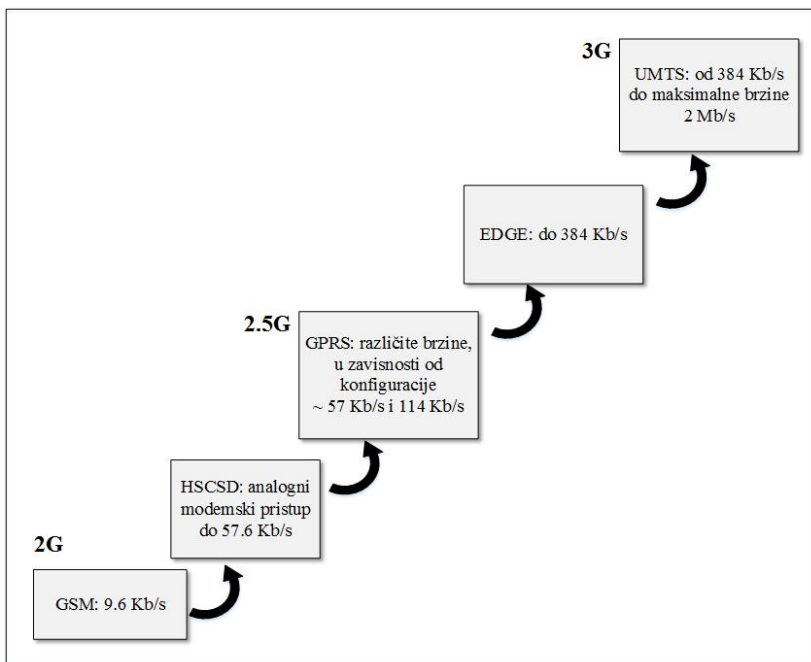
Slika 1: Globalni širokopolasni pristup Internetu do 2010. godine i predikcija do 2016. godine, [3]

U daljem tekstu dat je hronološki pregled razvoja generacija mobilnih mreža i zajedno sa njima razvoj mobilnog širokopolasnog pristupa Internetu, kao i razvoj arhitekture mreže od mreža sa komutacijom kola do *all-IP* mreža.

2. Hronološki pregled razvoja mobilnih mreža

Mobilni sistemi *1G* su uveli analogni čelijski prenos glasa, uz sposobnost *handover-a* i *roaming-a* u okviru mreže, ali nisu bile u mogućnosti da funkcionišu između zemalja, [4].

Prvi mobilni bežični pristup postaje dostupan 1991. godine, kao deo mobilnog sistema *2G*. *2G* uvodi prenos podataka male brzine. Za razliku od *1G*, *2G* koristi digitalne tehnologije višestrukog pristupa, *TDMA (Time Division Multiple Access)* i *CDMA (Code Division Multiple Access)*, koje su uvele veću spektralnu efikasnost, prenos podataka i napredniji *roaming*. U Evropi je razvijen jedinstven sistem kako bi se rešili problemi internacionalnog *roaming-a*, *GSM (Global System for Mobile Communications)* sistem. Bazirano na *GSM* platformi, prenos podataka u *2G* počinje sa *GSM CSD (Circuit Switched Data)*, gde je protok bio približno 9.6 kbit/s., slika 2.



Slika 2: Korak po korak do UMTS mreža, ITU, [5]

Nakon toga, razvijena je *EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution)* tehnologija, koja ima komercijalan naziv *2.75G*, [6]. Sa *EDGE* tehnologijom počinje mobilni širokopojasni pristup, gde se ostvaruju brzine do 384 kbit/s. *EDGE* koristi *GSM/GPRS* mrežu uz male modifikacije, ali uvodi naprednije kodovanje. Na ovaj način se povećava efikasnost prenosa podataka po vremenskom slotu, kao i brzina prenosa, koja je veća kada su radio uslovi bolji. Standardi za razvoj mreže su bili različiti u različitim delovima sveta, pa se došlo do zaključka da mobilna mreža treba da obezbedi servise nezavisno od tehnološke platforme, čiji standardi treba da budu jedinstveni na globalnom nivou.

3. Mobilni sistemi 3G

Početkom 90-ih godina *ITU (International Telecommunication Union)* je definisala osnovni koncept za *3G* sisteme, u okviru projekta *IMT-2000*, sa minimalnim zahtevima po pitanju protoka:

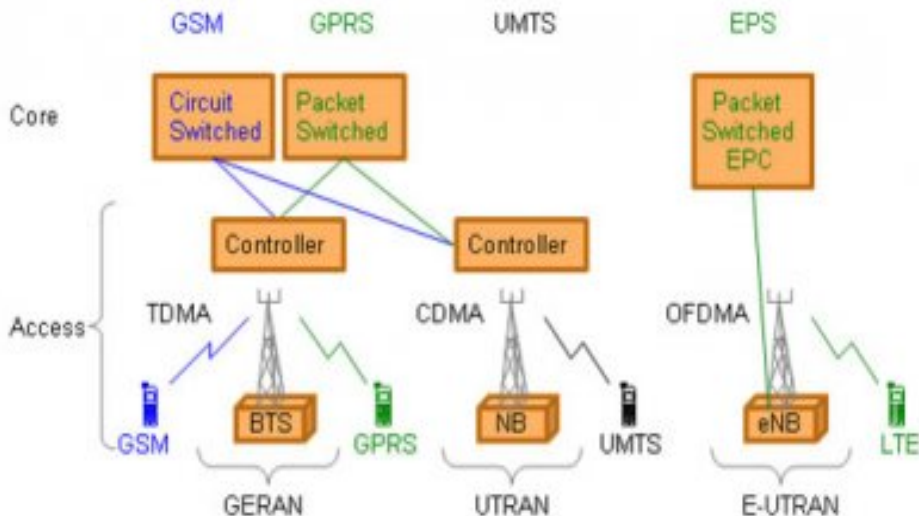
1. Visoka mobilnost korisnika (brzina ~ 120 km/h) – minimalni protok od 144 kbit/s u ruralnom okruženju, na otvorenom;
2. Potpuna mobilnost korisnika (brzina manja od 120 km/h) - minimalni protok od 384 kbit/s u urbanom okruženju, na otvorenom;
3. Ograničena mobilnost korisnika (brzina manja od 10 km/h) - minimalni protok od 2 Mbit/s unutar zgrade ili na manjem, ograničenom otvorenom prostoru;

3G ne predstavlja jedan standard već familiju standarda. Organizacija 3GPP (3rd Generation Partnership Project) je definisala mobilni sistem koji zadovoljava zahteve IMT-2000. ITU je usvojila UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) kao zvaničnu tehnologiju za realizaciju mobilnog sistema 3G. Radi podrške velikim protocima UMTS je u radio domenu realizovan kao širokopojasni sistem koji koristi WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) pristupnu tehnologiju i radi u frekvencijskom (FDD, Frequency Division Duplex) ili vremenskom (TDD, Time Division Duplex) dupleksu. WCDMA-FDD se koristi za veće pokrivanje kvalitetnijim servisom (makro i mikro ćelije), dok za manje lokalne zone (mikro i piko ćelije) WCDMA-TDD. U domenu transporta se koristi ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Tehnologija bazirana na evoluciji WCDMA predstavlja UMTS HSPA (High Speed Packet Acces), [7]. Pod HSPA se podrazumevaju dva protokola, HSDPA (High Speed Download Packet Access) definisan u okviru 3GPP Release 5, i HSUPA (High Speed Upload Packet Access) definisan u okviru 3GPP Release 6. HSDPA terminali se mogu podeliti u 12 kategorija sa protocima od 0.9 Mbit/s do 14.4 Mbit/s. HSUPA uvodi niz poboljšanja u odnosu na HSDPA, kao što su bolja pokrivenost na *uplink*-u za prenos podataka većim brzinama, do 5.76 Mbit/s.

4. Konvergencija ka *all-IP* sistemu, 4G

Gledano od mobilnih sistema 1G, počelo se od prenosa govora sa komutacijom kola (CS, *circuit-switching*). GPRS uvodi komutaciju paketa (PS, *packet-switching*), u kombinaciji sa CS. U UMTS mreži koncept dvostrukog domena se zadržava (CS i PS čine *core* mrežu), slika 3.



Slika 3: Arhitektura mreža od 1G do 4G, [8].

ITU je definisala 2008. godine osnovni koncept za 4G sisteme, u okviru projekta *IMT-Advanced*, [9]. Osnovni ciljevi 4G mobilnih sistema su:

- Nominalni protok podataka od 100 Mbit/s pri velikim brzinama i 1Gbit/s kada je korisnik u relativnom stanju mirovanja;
- Spektralna efikasnost – dinamičko korišćenje resursa mreže (dinamička alokacija kanala) kako bi se podržao veći broj istovremenih korisnika po ćeliji;
- Realizacija znatno efikasnije paketske komutacije, i prelazak na *all-IP mrežu*;
- Snižavanje troškova pojednostavljenjem mreže;
- Bolji nivo kvaliteta servisa, *QoS (Quality of Service)*;
- Uvođenje novih i poboljšanje starih servisa;
- Interoperabilnost sa postojećim standardima;
- Odvajanje korisničkih podataka (*user plane*) i signalizacije (*control plane*).

Jedna od tehnika koja se koristi za povećanje efikasnosti jeste korišćenje *MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)* antenskih nizova.

LTE (Long Term Evolution) ili *E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Network)*, predstavljen u *3GPP Release 8*, predstavlja pristupni deo *EPS (Evolved Packet System)*, slika 3. *EPS* je baziran na *all-IP* principu. Servisi u realnom vremenu, kao i oni koji nisu osetljivi na vreme se prenose putem *IP* protokola. Alokacija *IP* adresa se vrši kada se terminal upali, dok se oslobađanje vrši po njegovom gašenju. Postojeće *3GPP* radio mreže su podržane kao i *handover* između njih. *3GPP* specifikacije definišu međuoperabilnost između *E-UTRAN (LTE, LTE Advanced)*, *GERAN (GSM/GPRS pristupne radio mreže)* i *UTRAN (UMTS/WCDMA/HSPA pristupne radio mreže)*. *3GPP* uvodi interkonekciju i sa ne-*3GPP* tehnologijama, kao što su *WiMAX, WLAN* i fiksne mreže.

LTE je baziran na *OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)* tehnologiji pristupa sa kombinacijom modulacija visokog reda (do *64QAM*), gde u kombinaciji sa širokim opsezima od 20 MHz i prostornim multipleksom na *downlink-u*, veliki prenos podataka može da se ostvari. Najveći teoretski *peak data rate* je 75 Mbit/s na *uplink-u*, dok je na *downlink-u* sa prostornim multipleksom 300 Mbit/s.

5. *WWW (World Wide Wireless Web), 5G*

Mreže *5G* se planiraju za 2020. godinu, [10]. U heterogenim bežičnim mrežama, postojeće generacije mobilnih sistema se fokusiraju na koncept "*ABC (Always Best Connected)*". *5G* će predstavljati kompletnu bežičnu komunikaciju bez ograničenja. Zahtevi na visokom nivou za buduće *IMT* uređaje su, [11]:

- Ekstremno veći kapaciteti sistema i brzine prenosa podataka;
- Masovna primena povezivanja mašina;
- Raznolikost aplikacija;
- Smanjenje cena, bolja ušteda energije i robusnost sistema;
- Bezbednost na visokom nivou;
- Efikasnije korišćenje spectra;
- Poboljšanje samosvesti i samoprilagodjenja;
- Veoma visoka mobilnost sa visokim nivoom korisničkog iskustva;
- Malo kašnjenje i veća pouzdanost.

Arhitektura 5G mreža će se sastojati od korisničkih terminala (koji će imati ključnu ulogu) i *Super Core* mreže koja će objediniti sve prisutne radio tehnologije. Ovakva *single-network* arhitektura će rešiti razne kompleksnosti interkonekcija, a vrlo moguće i pitanje licenciranja frekvencija i upravljanje spektrom.

6. Ekonomski aspekt mobilnog širokopojasnog pristupa i pregled aplikacija mreža nove generacije

U poslednjih nekoliko godina Evropa ima značajan tehnološki pomak, sa velikim povećanjem broja 3G telefona. Od oko jedne petine ukupnog broja telefona u 2008. godini, 3G uređaji sada čine više od polovine svih uređaja u Evropi, a očekuje se da ta cifra dostigne skoro 61% u 2015. godini. LTE uređaji danas predstavljaju samo mali deo uređaja, od samo 0,3%, [12].

Pokrivenost mrežom LTE polako se poboljšava i cena 4G uređaja i dalje opada, tako da se očekuje da u 2017. godini LTE uređaji dostignu 20% od ukupnog broja uređaja. Mobilni širokopojasni pristup u Evropi u opsegu 800 MHz (791-821/832-862 MHz) će dati značajan doprinos ekonomskom rastu. Prema podacima *Boston Consulting Group (BCG)* to može povećati *EU GDP* za € 119B u periodu do 2020. godine, kao i dalji doprinos od € 23B na javno finansiranje tokom ovog perioda. *GDP* zavisi od niza faktora:

- stvaranja novih poslovnih aktivnosti,;
- poboljšana produktivnost za preduzeća koja pristupaju i koriste Internet;
- prihoda i investicija u razvoj mreže od strane mobilnih operatera.

Dodatni izazovi se pojavljuju u zemljama koje odlažu oslobađanje spektra, zbog mogućih smetnji susednim zemljama. Koristi od korišćenja ovog RF opsega će biti znatno smanjena ukoliko zemlje odlažu oslobađanje ovog spektra do 2017. godine.

Mi smo sada svedoci "trećeg" talasa povezivanja, koje prevazilazi tablet uređaje i laptopove sa izgledom za povezivanje skoro svega i skoro svakog, i svedoci smo tzv. "povezanog života". Treći talas otvara mogućnosti za niz novih usluga kao što su, [13]:

Mobilna trgovina:

- Mobilna kupovina karata koja zamenjuje papirne karte u sistemima javnog prevoza i za različite događaje itd., što povećava udobnost za korisnike, povećava efikasnost transporta;
- Mobilno plaćanje: zamena gotovine i kreditnih kartica za kupovinu roba i usluga, a što povećava udobnost za kupce, poboljšava efikasnost maloprodaje;
- Mobilne bankarske usluge;
- Čekiranje na aerodromima;
- Mobilna kontrola pristupa kojom se zamenjuju tradicionalni ključevi, a što povećava bezbednost i lakoću korišćenja;

mObrazovanje: koje omogućava učenje bez obzira na vreme ili lokaciju, a koje može pomoći da proces učenja bude lakši.

mZdravlje:

- Omogućava kontinuiranu brigu na daljinu pružanjem zdravstvenih usluga pacijentima dok su kod kuće;
- Pобољшanje rekreacije i prevencija: sa impresivnih 52% gojaznog stanovništva u EU i još 37 miliona sa rizikom od razvoja hroničnih bolesti, postoji jasna prilika za pobољшanje životnog stila sa brojnim razvijenim aplikacijama, koje na primer omogućavaju korisnicima da nadgledaju unos kalorija, ili da naprave zdraviji izbor hrane;
- Pобољшanje kontrole hroničnih bolesti gde mobilne aplikacije mogu pomoći zdravstvenim ustanovama i pacijentima da prate uticaj raznih parametara na promenu zdravstvenog stanja;
- Ekspeditivna dijagnoza odnosno *mHealth* rešenja koja omogućavaju daljinske dijagnoze i samoprocenu simptoma što može da pomogne zdravstvenim radnicima u otkrivanju bolesti.

mAutomobilska industrija:

Mobilne aplikacije omogućavaju vozačima pristup podacima o zagušenjima u saobraćaju, o radovima na putu, nesrećama i informacije o dostupnosti parkinga u realnom vremenu.

- *EMERGENCY CALL*: hitni poziv (*eCall*) se automatski generiše od strane automobila čim se na ploči senzora (npr: senzori vazdušnog balona) registruje teška nesreća. Pritiskom posebnog tastera u kolima, može se takođe ručno uputiti hitan poziv.

Pametni gradovi:

Mobilni komunikacioni sistem za vatrogasne brigade, policiju, hitnu pomoć i sistem upravljanja saobraćajem koji integriše informacije koje dolaze od ovih službi i koji omogućava pristup hitnim službama u realnom vremenu, korišćenjem bežičnih mreža.

mIdentitet:

Aplikacije koje omogućavaju bezbedan pristupu ličnim podacima, bankarskim i finansijskim uslugama, potpisivanje dokumenata u pokretu, mobilno glasanje, pristup uslugama *eVlade* (npr. isplate penzije, isplate socijalnog osiguranja), registracije rođenja/zivotnih događaja, otključavanje prostorija itd.

7. Zaključak

Mobilni širokopolasni pristup polako postaje jedna od glavnih funkcija mobilnih bežičnih sistema. Sam prenos glasa je bačen u pozadinu velikim brojem aplikacija koje su bazirane na prenosu podataka širokopolasnim pristupom. Jedna od njih je i viber. S druge strane, veliki broj tehnologija bežičnog pristupa Internetu je razvijen. Sami korisnički uređaji sadrže pored GSM/UMTS/LTE modula i veliki broj modula koji imaju funkciju povezivanja na neku od vrsta bežičnih tehnologija kao što su WLAN, Bluetooth, itd. Budućnost mreža nove generacije će podrazumevati neometano prebacivanje sa jedne tehnologije na drugu, kako bi bile održane performanse bežičnog globalnog povezivanja. Do tada, prvenstvo ima mobilni širokopolasni pristup kao najzastupljenija tehnologija širokopolasnog pristupa Internetu.

Literatura

- [1] ITU: Definitions of World Telecommunication, ICT Indicators, 2010, Geneva.
- [2] “The State of Broadband 2013: Univerzaling Broadband 2013”, Broadband Commission, 2013.
- [3] W. Bold, W. Davidson: ”Mobile Broadband: Redefining Internet Access and Empowering Individuals”, The Global International Technology Report, 2012.
- [4] Overview of 3GPP Release 99, ETSI Mobile Competence Center, 2004.
- [5] A.Selivan: 3G mobile Licensing Policy: GSM Case Study, ITU.
- [6] A. Kumar, Y. Lin, J. Sengupta: ”Evolution of Mobile Wireless Communication Networks: 1G to 4G”, IJECT Vol. 1, Issue 1, 2010.
- [7] M.R. Bhalla, A.V. Bhalla: ”Generations of Mobile Wireless Technology-A Survey”, International Journal of Computer Applications, 2010.
- [8] www.3gpp.org
- [9] R. Sood, A. Garg: ”Digital Society from 1G to 5G: A Comparative Study”, IJAIEM, 2014.
- [10] Report ITU-R M.2134: Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s), ITU, 2008.
- [11] J. Dixit: Wireless World Vision 2020, Wireless World Research Forum, 2013.
- [12] Mobile Economy Europe 2013, GSM Intelligence
- [13] P.Sharma: ”Evolution of Mobile Wireless Communication Networks-1G to 5G as well Future Prospective of Next Generation Communication Network”, IJCSMC, Vol. 2, Issue 8, 2013.

Abstract: *Mobile communication systems revolutionized the way people communicate. With technological improvements, in the same time user requirements were growing. One of the main function of today's mobile systems is mobile broadband access. Technological development from 1G mobile networks that transported analog voice, 2G with first data packet transport, 3G with mobile broadband access, to 4G all-IP networks, to wireless world of 5G networks is given in this paper.*

Keywords: *mobile broadband, 1G, 2G, 3G, 4G, 5G.*

OVERVIEW OF MOBILE BROADBAND ACCESS TECHNOLOGIES AND CONVERGENCE TO ALL-IP WIRELESS NETWORKS

Marija Rajković, Ljubica Marković, Mirjana Arsekić-Kraković, Milan Janković