

# Napredne bežične i optičke tehnologije za mobilno povezivanje malih ćelija na centralni čvor mreže uz dinamičko programski definirano upravljanje

---

**Tolić, Branko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:691036>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-19**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Sveučilišni studij**

**NAPREDNE BEŽIČNE I OPTIČKE TEHNOLOGIJE ZA  
MOBILNO POVEZIVANJE MALIH ČELIJA NA  
CENTRALNI ČVOR MREŽE UZ DINAMIČKO  
PROGRAMSKI DEFINIRANO UPRAVLJANJE**

**Diplomski rad**

**Branko Tolić**

**Osijek, 2014.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	5
2. BEŽIČNE I OPTIČKE TEHNOLOGIJE.....	6
2.1. Druga generacija mobilnih mreža .....	6
2.1.1. Globalni sustav za mobilne komunikacije.....	6
2.1.2. Elementi i arhitektura GSM-a .....	7
2.1.3. CDMA.....	9
2.2. Treća generacija mobilnih mreža .....	9
2.2.1. GPRS .....	10
2.2.2. EDGE .....	11
2.2.3. UMTS.....	11
2.2.4. VoIP.....	13
2.3. Četvrta generacija mobilnih mreža.....	14
2.3.1. Arhitektura evoluiranog sustava paketa .....	15
2.3.2. Evoluirana jezgrena mreža paketa.....	16
2.3.3. Osnovne značajke zračnog sučelja .....	18
2.4. Bežična lokalna računalna mreža .....	21
2.4.1. Komponente WLAN-a .....	23
2.4.2. Wi-Fi .....	25
2.4.3. WiMAX.....	27
2.5. Prijenosni mediji.....	31
2.5.1. Koaksijalni kabel .....	32
2.5.2. Optičko vlakno .....	33
2.5.3. Pasivna optička mreža .....	34
2.6. OFDM .....	35
2.6.1. Teorijski model prijenosa OFDM signala .....	36
2.6.2. Prijenosni kanal .....	36
2.6.3. OFDM prijenosni sustav.....	37
3. MBH TEHNOLOGIJE ZA MALE ĆELIJE .....	39
3.1. Revolucija MBH dijela mreže kod malih ćelija .....	41
3.2. Napredne bežične i optičke tehnologije za MBH malih ćelija .....	42
3.2.1. Tehnologija E frekvencijskog pojasa .....	43
3.2.2. Povijest E frekvencijskog pojasa.....	43

3.2.3. Propagacija signala u E frekvencijskom pojasu .....	44
3.2.4. Utjecaji vremenskih prilika na E frekvencijski pojas .....	45
3.2.5. V frekvencijski pojas .....	46
3.3. Nove bežične tehnologije prijenosa u milimetarskom valnom području .....	49
3.4. Nove optičke MBH tehnologije.....	52
3.5. Hibridne prijenosne tehnike za MBH malih ćelija .....	54
4. UPRAVITELJ MBH RESURSIMA ZA PROGRAMSKI UPRAVLJANE MREŽE KOD MALIH ĆELIJA.....	56
4.1. Dinamička raspodjela resursa veze .....	56
4.2. O kapacitetu ovisno računanje puta pomoću BRM .....	57
5. ZAKLJUČAK .....	60
6. LITERATURA .....	61
POPIS KRATICA .....	63
SAŽETAK.....	66
ABSTRACT .....	67
ŽIVOTOPIS .....	68

## SAŽETAK

Ovaj diplomski rad opisuje napredne bežične i optičke tehnologije za mobilno povezivanje malih ćelija na centralni čvor mreže uz dinamičko, programski definirano upravljanje. Opisane su bežične i optičke tehnologije koje su se razvijale kroz generacije kao što su GSM, GPRS i najnovije LTE tehnologije. Prikazana je nova bežična veza koja radi u milimetarskom valnom području te nova pasivno optička mreža s ortogonalnom raspodjelom frekvencija (OFDMA-PON) kao napredna tehnologija koja omogućava rješenja fleksibilne, jeftine i brze MBH mreže. Prikazan je novi programski definirani mrežni alat (SDN), upravitelj MBH resursa (BRM), koji naglašava prednosti dinamičkog programskog upravljanja resursima u svrhu pravednije raspodjele kapaciteta te povećanja zadovoljstva krajnjih korisnika u budućim MBH sustavima.

## **ABSTRACT**

This thesis describes advanced wireless and optical technologies for small-cell mobile backhaul with dynamic software-defined management. Wireless and optical technologies like GSM, GPRS and LTE were described and their development through few generations. New millimeter-wave wireless technology was described and new orthogonal frequency-division multiple access passive optical network for enabling flexible cost-efficient hybrid backhaul coverage. A novel software defined networking tool (SDN) called backhaul resource manager (BRM), was introduced for automated dynamic resource provisioning that improves fairness and user quality of experience in future MBH networks.