

# Načrtovanje dvojno usmerjene UWB BoR-antene

Marko Radović<sup>1</sup>, Peter Planinšič<sup>1</sup>, Dušan Gleich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Koroška cesta 46, Maribor, Slovenija

E-pošta: marko.radovic@student.um.si

## Design of the Bidirectional UWB BoR Antenna

**Abstract.** In this paper we describe the design and performances of novel bidirectional monopole UWB BoR antenna. The problem of designing directional (bidirectional) Ultra-Wide Band (UWB) Body of Revolution (BoR) antennas is presented. The description and performances of designed antennas are given, verified using WIPLD-design tool. The obtained results are satisfactory for the entire UWB band in the range from 3.1 to 10.6 GHz.

## 1 Uvod

Ameriška zvezna komunikacijska komisija FCC (Federal Communications Commissions) je naznanila odločitev, da lahko ne-licencirano uporabljamo pasovno širino od 3.1–10.6 GHz [1]. Od te najave so postale ultra široke UWB (Ultra Wide Band) antene pomemben del modernih brezžičnih komunikacijskih sistemov. Neusmerjene oziroma vsesmerne (omnidirectional) UWB monopolne antene, zlasti krožno simetrične in kompaktne BoR (Body of Revolution) antene so atraktivne zaradi enostavne zgradbe in izvedbe. Električno debelo neusmerjeno BoR anteno so analizirali avtorji Djordjević, Dragović in Popović v članku [2]. Analiza BoR anten s krožno zemeljsko ravnino je bila narejena v članku [3]. V članku [4] smo predlagali optimizacijo debele monopolne BoR antene z uporabo diferencialne evolucije (DE). V preteklosti je bilo veliko naporov za razširitev pasovne širine ozkopasovnih anten v širokopasovne in ultra širokopasovne UWB antene. Oblikovanje in optimizacijo UWB BoR antene je predstavil Zhao v članku [5]. V članku [6] je Zhao predstavil nizko-profilno UWB BoR anteno v obliki obrnjenega klobuka, za obratovanje v področju 50 MHz do 2 GHz, v članku [7] pa novo oblikovalno-optimizacijsko metodo za to anteno. Pri nekaterih aplikacijah potrebujemo usmerjene in dvojno usmerjene ali dvosmerne (bidirectional) antene. Primer uporabe dvojno usmerjenih anten so mikro-celične bazne postaje, ki so locirane v ulicah urbanih naselij pod višino stavb. Usmerjene antene običajno uporabljamo v radarskih sistemih in v aplikacijah določanja kota prihoda signalov, kot tudi v mnogih dوسmerjenih komunikacijskih sistemih. V preteklosti, pa vse do danes, je bilo predlaganih mnogo različnih usmerjenih anten. Primer usmerjene UWB Vivaldi antene z balunskim napajanjem je bil predstavljen v [8]. Močno usmerjena širokopasovna

UWB antena z mikro-trakovi (microstrip) je bila predlagana v članku [9]. Večpasovna UWB antena pa je bila predlagana v članku [10]. Dvojno-usmerjeno UWB monopolno anteno z uporabo pravokotnih obročev, napajano preko elestopničastega monopola, so predlagali v delu [11].

V tem članku prikazujemo načrtovanje dvojno-usmerjene UWB BoR antene. Motiv je bil načrtati to anteno na osnovi enostavne in robustne neusmerjene ozkopasovne debele BoR monopolne antene za različne statične in mobilne aplikacije.

## 2 Oblikovanje predlagane antene

### 2.1 Arhitektura antene in metoda načrtovanja

Načrtovanje anten in ustrezno razširjanje valov je pogosto zahteven in kompleksen problem [12], zlasti UWB anten, saj je težje zagotoviti ustrezne karakteristike čez širši ultra-široki frekvenčni pas. Tako smo tukaj uporabili smo profil antene BoR-model-1 iz članka [4] in enako metodo optimizacije z algoritmom diferencialne evolucije (DE), da smo razširili njeno pasovno širino in dobili neusmerjeno UWB BoR anteno.

Optimizacijski kriterij z uporabo srednjega kvadratičnega pogreška MSE (Mean Square Error) je bil prav tako maksimizacija dobitka (gain) antene glede na željeno vrednost 2 dBi preko celotnega frekvenčnega območja antene. Istočasno smo preverjali, da so bile povratne izgube  $s_{11}$  pod vrednostjo -10 dB v standardiziranem UWB področju. Algoritmi optimizacije so bili napisani v programu Matlab [13], v povezavi z programskim orodjem za oblikovanje in simulacijo anten in elektromagnetnih polj WIPL-D Pro v11 [14], ki deluje na osnovi numerične metode momentov.

Da bi dobili dvojno-usmerjeno (dvo-smerno) anteno, smo nato na obeh straneh antene dodali reflektorje. Pri tem smo ročno fino uglaševali obliko in parametre dimenzij antene in reflektorjev, da bi dobili dobro dvosmerno karakteristiko sevanja antene (sevalni diagram), pri tem pa obdržali čim bolj konstantni potek dobitka in povratnih izgub čez celotno UWB frekvenčno območje. Posebno pozornost smo posvetili oblikovanju reflektorjev. Ugotovili smo, da je dobro, da imajo reflektorji enako obliko (profil) kot antena.

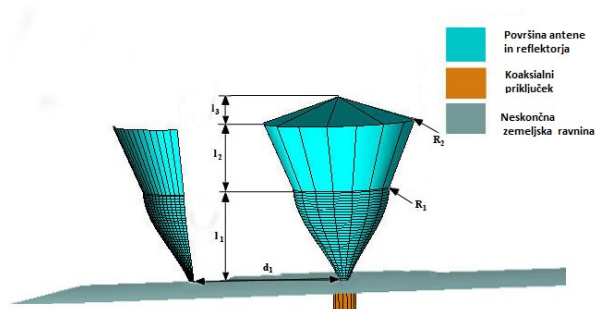
## 3 Karakteristike dvosmerne BoR antene

Po skrbnem finem uglaševanju parametrov in oblike, smo dobili dvo-smerno anteno z naslednjimi karakteristikami, kot sledi v opisu. Pravzaprav smo načrtali dve podobni anteni (različici), eno z neskončno

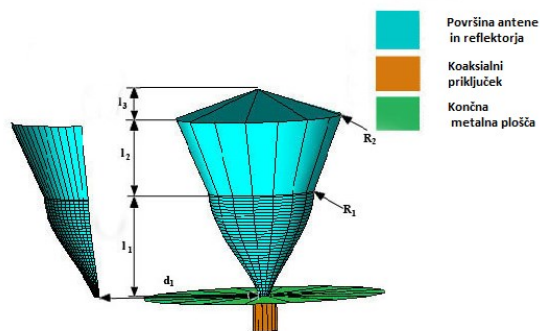
(neomejeno) zemeljsko ravnino, drugo pa s končno, krožne oblike. Prvo anteno smo označili z Bi-UWB-BoR<sub>1</sub>, drugo pa z Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>.

### 3.1 Karakteristike anten

Sliki 1 in 2 prikazujeta geometrijske lastnosti dobljenih anten, Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> in Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>. Opozorimo, da sta reflektorja nameščena simetrično (nasprotno) na obeh straneh antene, na slikah pa sta prikazana reflektorja le na eni strani.

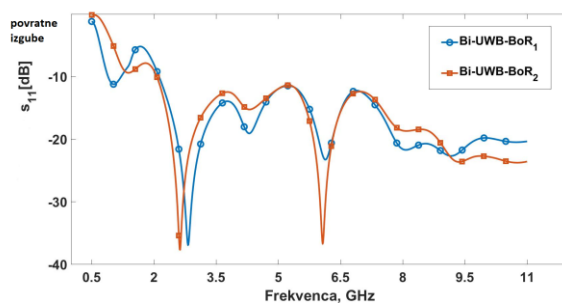


Slika 1. Geometrijske karakteristike antene Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> :  $l_1 = 31,1$  mm  $l_2 = 22,8$  mm,  $l_3 = 8,4$  mm,  $R_1 = 16,5$  mm,  $R_2 = 26,1$  mm,  $d_1 = 51,5$  mm

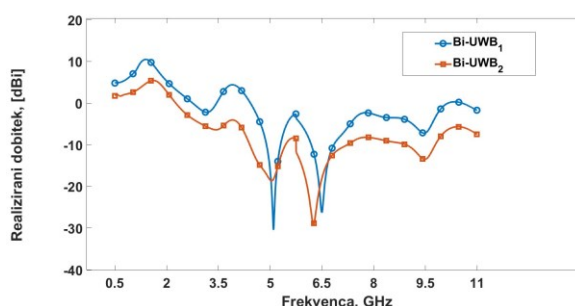


Slika 2. Geometrične karakteristike antene Bi-UWB-BoR<sub>2</sub> :  $l_1 = 31,1$  mm  $l_2 = 22,8$  mm,  $l_3 = 8,4$  mm,  $R_1 = 16,5$  mm,  $R_2 = 26,1$  mm,  $d_1 = 51,5$  mm

Slika 3 prikazuje parameter povratnih izgub  $s_{11}$  anten Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> and Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>, slika 4 pa njun realiziran dobitek (ojačanje) v horizontalni smeri.

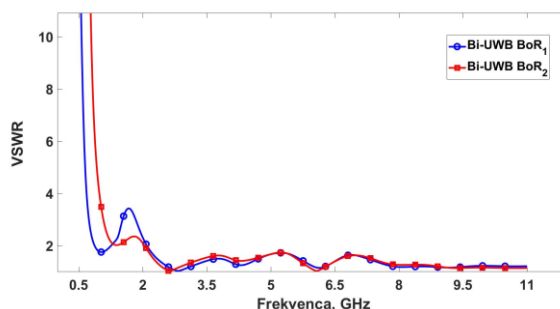


Slika 3. Parameter  $s_{11}$  anten Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> in Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>



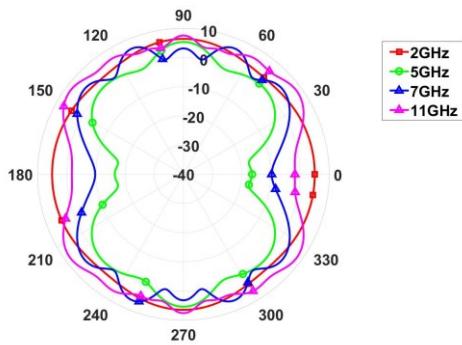
Slika 4. Realizirani dobitek anten Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> in Bi-UWB-BoR<sub>2</sub> v horizontalni smeri

Slika 5 predstavlja napetostno razmerje stojnega vala VSWR anten Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> and Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>.

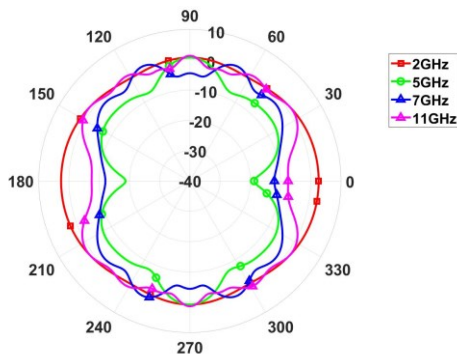


Slika 5. Napetostno razmerje stojnega vala VSWR anten Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> in Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>.

Slika 6 prikazuje sevalni diagram antene Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> pri različnih frekvencah frekvenčnega območja, slika 7 pa isto za anteno Bi-UWB-BoR<sub>2</sub>. Anteni sta horizontalno polarizirani.



Slika 6. Sevarni diagram antene Bi-UWB-BoR<sub>1</sub> v vodoravni ravnini



Slika 7. Sevarni diagram antene Bi-UWB-BoR<sub>2</sub> v vodoravni ravnini

### 3.2 Diskusija rezultatov

Dobljeni rezultati nazorno kažejo na to, da z dvema simetrično postavljenima reflektorjema na obeh straneh antene dobimo zadovoljivo dvosmerno sevalno karakteristiko antene preko celotnega frekvenčnega območja antene. Površinsko omejena krožna ozemljitvena plošča rahlo degradira frekvenčno karakteristiko antene, prav tako tudi njensevalni diagram.

## 4 Zaključek

V prispevku smo prikazali inovativen način načrtovanja nove dvo-smerne monopolne UWB BoR antene. Pričeli smo z oblikovanjem-optimiranjem ultra širokopasovne neusmerjane BoR antene iz ozkopasovne, ki smo ji nato dodali usmerjevalnike oziroma odbojnice (reflektorje) na obeh straneh.

Dobljene antenskih karakteristik so bile zadovoljive v celotnem UWB frekvenčnem področju delovanja anten.

## Literatura

- [1] Ultra-Wideband Operation FCC Report and Order, Tech. Rep.US 47 CFR Part 15, 2003.
- [2] A. R. Djordjević, M. B. Dragović, B. D. Popović, "Analysis of Electrically thick antennas of revolution", Proc of 3rd ICAP, Norwich, April 1983, pp. 31-35.
- [3] L. Nagy, "Analysis of Bodies of Revolution Antennas with Circular Ground Plane," 1991 21st European Microwave Conference, 1991, pp. 769-773
- [4] M. Radović, G. Lešnjak, P. Kitak, P. Planinšič, "Optimization of Thick BoR Monopole Antennas Using Differential Evolution", Proceedings of 2020 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom), Graz, 2020.
- [5] J. Zhao, D. Psychoudakis, C.-C. Chen, J. L. Volakis, "Ultra-wideband performance optimization of a body-of-revolution monopole antenna", IEEE (APSURSI) Int. Sym. Antennas Propag., 2008, Spokane, WA
- [6] J. Zhao, T. Peng, T., C.-C. Chen, J. L. Volakis, "Low-profile ultra-wideband inverted-hat monopole antenna for 50 MHz-2 GHz operation", *Electronics Letters*, 2009, vol. 45, no 3, pp. 142-144, July 2011, pp. 3295-3296.
- [7] J. Zhao, D. Psychoudakis, C. Chen and J. L. Volakis, "Design Optimization of a Low-Profile UWB Body-of-Revolution Monopole Antenna," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 12, pp. 5578-5586, Dec. 2012
- [8] Y. Ma, F. Zhu, Z. Z. Abidin, F. Pangl, S. Li, R. A. Abd-Alhameed, C. H. See, J. Fan, L. Liu, X. Chai, C. Jin., and B. Peng, "Vivaldi Antenna with balun feed for SKA feeding system in UWB", URSI AT-RASC 2015 Conference.
- [9] V. Selvaraj, P. Srinivasan, J. Kumar, R. Krishnan, K. Annamalai, "Highly Directional Microstrip Ultra Wide Band Antenna for Microwave Imaging System", *Acta Graphica*, Vol 28, No 1 (2017), 35-40.
- [10] N. H. K. Gad, M. Vidmar, Design of a microstrip-fed printed-slot antenna using defected ground structures for multiband applications. *Applied Computational Electromagnetics Society journal*. Aug. 2018, vol. 33, no. 8, str. 845-860.
- [11] S. Lamultree and C. Phongcharoenpanich, "Bidirectional UWB Bidirectional antenna using rectangular ring fed by stepped monopole" in Progress in Electromagnetics Research, PIER 85, 227–242, 2008.
- [12] S. Lamultree, M. Vidmar, *Antene in razširjanje valov*. (1. elektronska izd.). Ljubljana, Založba FE, 2020. 1 spletni vir (1 datoteka PDF, 302 str.), ilustr. ISBN 978-961-243-408-3, <http://antena.fe.uni-lj.si/literatura/ar.pdf>.
- [13] Programski jezik Matlab, <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- [14] Wipl-d Pro v11 simulator "Wipl-dpro 3D electromagnetic solver for fast and accurate analysis of arbitrary metallic and dielectric/magnetic structures", <http://www.wipld.com/products.php?cont=wipl-d-pro>.