

Radio posmatranje meteora

Radio posmatranja meteora zasnivaju se na pojavi da se od jonizovanog meteorskog traga odbijaju radio talasi, odnosno na detektovanju direktnog ili povratnog rasejanja radio talasa (eng. forward scattering, back scattering). U ovom radu konstruisan je uređaj za forward scattering detekciju meteora koji se sastoji od šesto-elementne Yagi antene, radio-prijemnika "Stabo XR-100" i računara kao procesorske i skladišne jedinice. Uređaj je testiran za vreme aktivnosti Orionida od 19. do 23. oktobra 2006.

Uvod

Meteoroidi su otpadne čestice kometskog ili asteroidskog porekla koje se kreću po putanjama sličnim onima kojima su se njihova roditeljska tela kretala oko Sunca. Prilikom ulaska u Zemljinu atmosferu dolazi do sudara meteoroida sa česticama atmosfere. Ovaj proces se mahom odigrava u slojevima atmosfere koji su na visini od 70 do 140 km iznad površine Zemlje i tokom njega kinetička energija makroskopskog kretanja meteoroida pretvara se u kinetičku energiju mikroskopskog kretanja čestica atmosfere. Na taj način se zagreva okolna atmosfera, usled čega meteoroid sagoreva i nastaje optički fenomen zvani meteor. Uporedo sa opisanom pojavom, slobodni elektroni meteoroida jonizuju okolnu atmosferu duž putanje njegovog kretanja. Ako je linearna gustina jonizacije meteorskog traga veća od 10^{11} m^{-1} , od njega se mogu odbijati ultrakratki talasi, koji bi inače prošli kroz jonosferu (Nedeljković 2005). Radio posmatranja meteora su jedan od načina kojim se, koristeći opisanu pojavu, vrši njihova detekcija.

Specifičnost radio posmatranja meteora jeste mogućnost neprekidnog posmatranja nezavisno od doba dana i prisustva oblačnosti. U poređenju sa vizuelnim posmatranjima detektuju se meteori na većim udaljenostima i manjeg sjaja, koji se golim okom ne mogu videti. Radio-amateri koriste ovu pojavu za uspostavljanje veza. Danju, za vreme letnjih meseci, ova metoda nije dovoljno pouzdana zbog sporadika E (www.amfmdx.net).

Elementi sistema za radio posmatranje su predajnik, koji emituje radio talase, i prijemni sistem koji te talase za vreme pojave meteora prima. Ukoliko su predajnik i prijemni sistem dovoljno udaljeni, usled zakrivljenosti Zemlje nije moguć direktan prijem signala. U slučaju pojave jonizovanog meteorskog traga, radio-talasi koje je emitovao predajnik odbijaju se ka prijemnom sistemu i meteor se može detektovati.

Deo neba sa kojeg je moguća detekcija, određuje se zakonima geometrijske optike (www.imo.net). Zamislimo elipsoid koji sa unutrašnje strane ima osobine ogledala. Bilo koji zrak upućen iz jednog fokusa elipsoida odbio bi se od površine elipsoida prema drugom fokusu. Slično se dešava i sa radio-talasima, pa se u skladu sa stereometrijskim opisom, prijemni sistem i predajnik nalaze u fokusima. Pravac meteorskog traga se može aproksimirati kao tangenta elipsoida. Za vreme jonizacije dela površine elipsoida, signal sa predajnika se odbija od jonizovanog dela površine i registruje u prijemnom sistemu. U praksi se ova pojava ispoljava u vidu prijema segmenta emitovanog radio programa. Trajanje prijema zavisi od veličine meteora i nekad iznosi i po nekoliko sekundi.

Mirela Simonović (1987), Herceg Novi, I Bokaške brigade 64, učenica 4. razreda S. Š. "Ivan Goran Kovačić" u Herceg Novom

Tamara Bečejac (1988), Rumenka, Oslobođenja 37, učenica 3. razreda Gimnazije "Jovan Jovanović Zmaj" u Novom Sadu

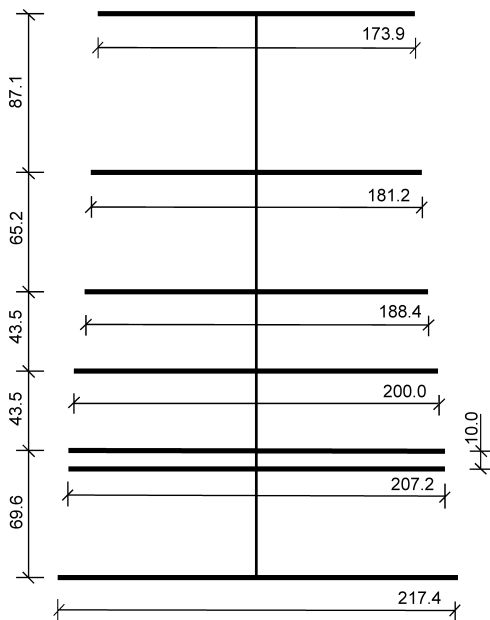
MENTOR:

Đorđe Nijemčević, Kragujevac, apsolvent Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu

Konstrukcije i opis uređaja

Za radio posmatranje meteora koristi se niži deo VHF opsega, 30 do 100 MHz. Pri odabiru frekvencije bitno je obratiti pažnju da na istoj emituje program samo jedna radio stanica, kako bi se izbeglo mešanje FM signala. Lokalne radio stanice zauzimaju opseg 87.5-108 MHz. Pogodan opseg je 65 - 74 MHz, jer se na Balkanu ne koristi, a u njemu zemlje Istočne Evrope emituju radio programe. Za predajnik je odabran Prvi program radija Ukrajina (UR1) (www.myradiobase.de/fmscan/index.php), na frekvenciji 68.51 MHz, čiji se program emituje i na Internetu (www.nrcu.gov.ua/). Koordinate predajnika su 30.500000 / 50.416667 i udaljen je od Petnice 1050 km pod uglom od 45° u odnosu na pravac sever-jug. Snaga predajnika je 60 kW.

Prijemni sistem čine: antena, prijemnik i računar. Yagi antena je napravljena od bakarnih žica i sastoji se od 6 elemenata (slika 1). Žice su debljine 3.5 mm, postavljene na drvenu noseću konstrukciju. Antena je usmerena prema predajniku pod elevacionim uglom od 7°. Impedansa antene iznosi $Z = (121.5 +$

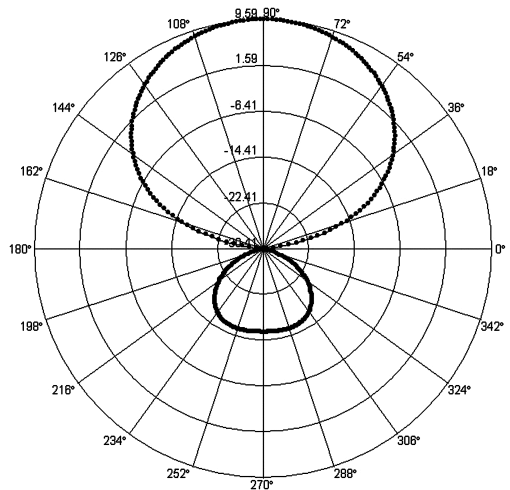


Slika 1. Dimenzije antene (u centimetrima)

Figure 1. Dimensions of antenna elements (in centimetres)

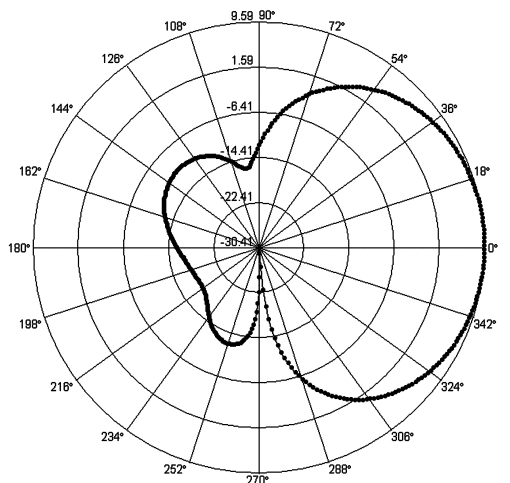
$+j55.61) \Omega$. Dijagrami zračenja antene prikazani su na slikama 2.1. i 2.2.

Na krajevima zatvorenog dipola, indukuje se napon iz simetričnog opsega ($-V, +V$). Takav signal, prenosi se do prijemnika koaksijalnim kablom čiji je



Slika 2.1. Horizontalni dijagram zračenja antene

Figure 2.1. Horizontal diagram of antenna's radiation pattern



Slika 2.2. Vertikalni dijagram zračenja antene

Figure 2.2. Vertical diagram of antenna's radiation pattern

omotač na masi. Zato je potrebno izvršiti transformaciju pomenutog opsega na opseg $(0, V)$. To se izvodi petljom od koaksijalnog kabla dužine $k \cdot \lambda / 2$, gde je λ talasna dužina elektromagnetnog talasa, a k odnos brzina prostiranja talasa u koaksijalnom kablju i dvožičnom vodu. Unutrašnji krajevi petlje spajaju se sa krajevima dipola, a omotač petlje sa omotačem koaksijalnog kabla koji vodi do prijemnika. Unutrašnji deo kabla spaja se sa jednim unutrašnjim krajem petlje.

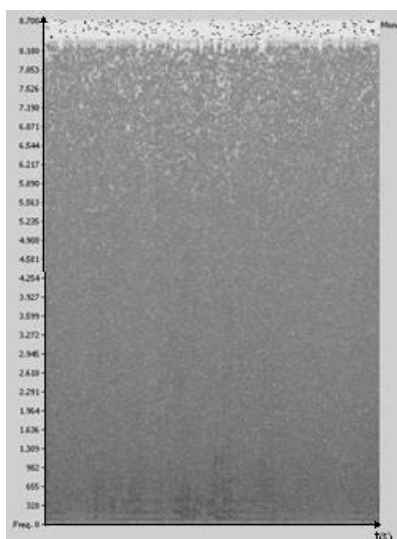
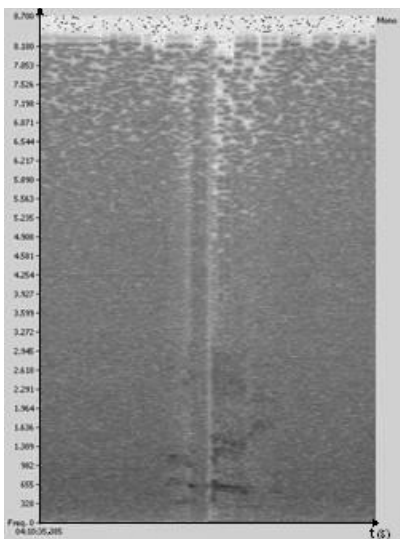
Petlja ujedno transformiše impedansu antene u odnosu 4:1. Pošto se na krajevima 50-omskog koaksijalnog kabla koji vodi do prijemnika nalazi impedansa $Z/4 = (30.4 + j13.9) \Omega$, potrebno je izvršiti njeno prilagođenje kako bi se sprečio gubitak energije signala usled refleksije na vodu. Zbog toga se, paralelno petlji za transformaciju napona, priključuje LC kolo za prilagođenje impedanse u formi L-čelije.

Preko koaksijalnog kabla, antena je priključena na uzemljenje, koje je udaljeno oko 10 m. Najbliži gromobran nalazi se na većoj nadmorskoj visini od antene, udaljen manje od $0.7 \cdot H$ (H je visina na kojoj se nalazi gromobran), tako da posebna zaštita od groma nije potrebna. Korišćen je radio-prijemnik "Stabo XR-100" koji ima prag osetljivosti $0.1 \mu V$.

Podešen je na frekvenciju ciljnog predajnika i povezan sa računarom preko linijskog ulaza na zvučnoj kartici. Prilmljeni radio-sadržaj je sniman zbog provere primljenih signala.

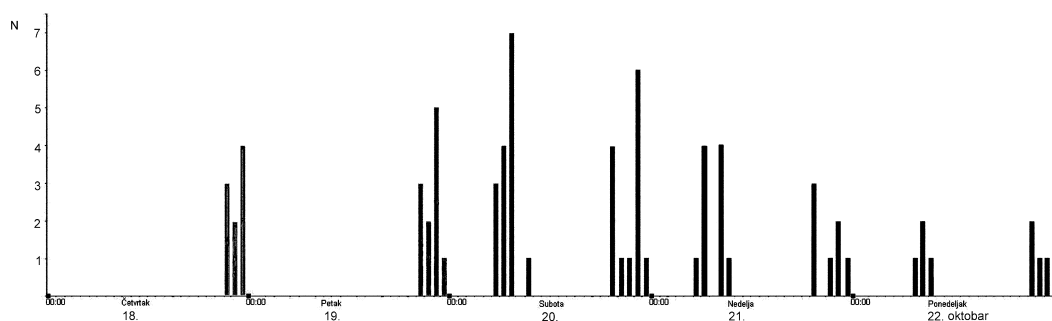
Rezultati testiranja

Uređaj je testiran za vreme aktivnosti meteoroskog roja Orionida, od 19. do 23. oktobra 2006. U odsustvu pojave meteora, na zvučnicima se čuo šum. Delovi radio-programa na stranom jeziku (ukrajinskom), registrovani su u više navrata. Sa ciljem provere, preko Interneta je sniman Prvi program radija Ukrajina (UR1). Uz vremensku razliku od jednog sata, poređenjem je dokazano da su primljeni signali delovi sadržaja ovog programa. Međutim, UR1 ne emituje program između 01 i 06 časova, tj. od 00 do 05 časova po našem vremenu, tako da tada nije bilo moguće detektovati meteore. Pri registrovanju signala koji se poklapaju sa sadržajem emitovanog programa snimljenim preko Interneta, jačina šuma se snižavala. To nije slučaj i sa signalima koji se ne poklapaju sa sadržajem programa ciljane radio-stanice. Ovakvi signali se odlikuju konstantnom jačinom šuma i nazivamo ih radio-smetnjama. Razlika između signala koji je deo sadržaja emitovanog programa



Slika 3. Spektrogram primljenog signala (levo) i spektrogram radio-smetnje (desno)

Figure 3. Spectrogram of the recieved signal (left) and radio interference (right)



Slika 4. Signali detektovani tokom aktivnosti Orionida (19-23. oktobar 2006), a koji su potvrđeni uporednim slušanjem emitovanog programa

Figure 4. Signals detected during Orionid activity (October, 19th-23rd, 2006) verified by comparative listening of the broadcasted program

UR1 i radio-smetnje može se videti na spektrogramima na slici 3. Spektrogramskom analizom se proverava da li je uzrok primanja signala pojava meteora ili je signal radio smetnja. Posle analize ovi primeri nisu uzeti u razmatranje. Registrovana su i četiri prijema koja se ne podudaraju sa sadržajem emitovanog programa UR1, ali su na ukrajinskom jeziku. Analizom je pokazano da se jačina šuma primljenog signala bitno razlikuje od šuma radio-smetnji. Posledica primanja ovakvog signala, može se pripisati jedino pojavi meteora, tako da su primeri uneti u proračun. Nepoklapanje snimaka se ne može sa sigurnošću objasniti, ali pretpostavlja se da je moglo doći do preklapanja programa sa nekom drugom radio-stanicom čija se predajna antena nalazi na istom tornju.

Detektovana aktivnost meteorskog roja u zavisnosti od vremena posmatranja data je na slici 4. Merenja su vršena i u intervalima od 00 h do 05 h, ali kako u to doba radio UR1 ne emituje program, prijema nije bilo.

Zaključak

Nedostatak ovog uređaja je nedovoljna pokrivenost prostora na kojem se mogu detektovati meteori, što je direktna posledica ugla zračenja antene. Dakle, da bi se meteori detektovali po punom krugu opisanom oko prijemnika i da bi se mogućnosti tehnike maksimalno iskoristile, potrebno je formirati sistem antena. Postoji i mogućnost promene

postavke prijemnog sistema, kako bi se došlo do više informacija o meteoru ili meteorskom roju (npr: magnituda, brzina, pripadnost određenom roju), što može biti smer daljeg razvijanja projekta. Bilo bi pogodno za predajnik odabrati neku drugu radio stanicu koja emituje program 24 h dnevno, da bi se moglo snimati bez prekida.

Zahvalnost. Veliku zahvalnost za realizaciju ovog projekta dugujemo mentoru, Đorđu Nijemčeviću, zatim Zdravku Pantiću, Dušanu Grujiću, Danici Pajović, Branislavu Saviću, Željku Mitroviću, Draganu Aćimoviću, Srđanu Janevu i Katedri za opštu elektrotehniku Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.

Literatura

Nedeljković S. 2005. Forward scattering at multiple frequencies. PhD Thesys, University of Toronto, Canada

<http://www.imo.net/>

<http://www.myradiobase.de/fmscan/index.php>

<http://www.nrcu.gov.ua/index.php?id=309>

<http://www.amfmdx.net/fmdx/sporadic-e.html>

Radio Observations of Meteors

The setup for meteor detection by forward scattering method was designed and constructed. The setup consists of a 6-element Yagi antenna, commercial radio receiver “Stabo XR-100” and a computer as the processing and storage unit. The whole setup was tested – the signal of the Ukrainian Radio Channel 1 (UR1) on 68.51 MHz was monitored in the period of Orionid activity (October 18th-23rd 2006). The profile of meteor activity in this period was obtained and the received signals were verified by comparative listening of the broadcasted program.

