

## Plačiajuostės bevielės prieigos aprėpties planavimo ypatumai

### V. Grimaila

Kauno technologijos universitetas

Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva, tel. +370 7 777498; el.paštas vgrimaila@takas.lt

### E. Šilanskas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Aušros Vartų g. 7a, 2600 Vilnius, Lietuva, tel. +370 52627730; el.paštas silanskas@ntservice.lt

Svarbi telekomunikacijų tinklo dalis yra abonentinė prieiga. Kiekvienas tinklas, kad ir kokia būtų jo paskirtis - komercinė ar organizacijos struktūros vidaus poreikiams tenkinti, yra kuriamas tam, kad į jį būtų įjungti vartotojai. Be vartotojų prijungimo galimybės paties tinklo plėtra praktiškai netenka prasmės. Vartotojams prijungti, priklausomai nuo poreikių ir galimybių gali būti naudojamos įvairios perdavimo terpės ir technologijos: varinės kabelinės linijos, optinės linijos, radijo ryšys, perdavimas infraraudonaisiais spinduliais arba lazeriais per erdvę ir pan. Tačiau šiuo metu ir artimoje ateityje daugelis komercinės paslaugas teikiančių ir naujai atsirandančių operatorių neturi išplėtos kabelinio tinklo infrastruktūros, todėl negali naudotis kabeliniu tinklu abonentams prijungti. Vadinasi, radijo sąsają aktualu naudoti kaip vieną iš alternatyvių sprendimų. Viena iš naujausių ir perspektyviausių radijo tinklų technologijų yra plačiajuostės bevielės ryšio (PBR) sistemos, kurios dėl spartaus įdiegimo ir palyginti nedidelės kainos gali būti naudojamos tinklo prieigos sektoriuje integruotoms duomenų ir balso paslaugoms. PBR technologijos taip pat gali būti naudojamos kaip technologinė alternatyva šiuo metu labai plačiai diegiamai plačiajuoste laidinei xDSL technologijai ir daugeliu atvejų, paslaugų įvairove ir perdavimo sparta netgi gali ją aplenksti.

Panagrinėkime PBR sistemų aprėptį planavimo aspektus.

### PBR sistemos aprėpties planavimas

Planuoti PBR sistemų aprėptį svarbu ne tik dėl to, kad būtų galima nustatyti kokybines plačiajuosčių paslaugų pateikimo zonas, bet kartu tai leidžia įvertinti ir interferencijos sąlygas bei tarp gretimų PBR bazinių stočių atsirandančius trukdžius.

PBR sistemos dirba aukštųjų dažnių ruože nuo 2,4 GHz iki 60 GHz. Radijo bangų sklidimas čia gana specifinis, ypač pradedant nuo 10,5 GHz, kur reikia įvertinti ne tik tiesioginio matomumo tarp siųstuvo ir imtuvo antenų sąlygas, bet ir atmosferos reiškinius bei signalo silpimą laisvojoje erdvėje. Toliau nagrinėsime

keturis dažnių diapazonus pagal CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations), skirtus naudoti PBR sistemoms:

- 3,5 GHz pagal CEPT T/R 14-03E;
- 3,8 GHz pagal CEPT T/R 12-08E;
- 10,5 GHz pagal CEPT T/R 12-05E;
- 26 GHz pagal CEPT T/R 13-02E.

Visuose šiuose diapazonuose sąlygos radijo bangoms sklirti yra skirtingos. Teorinius radijo bangų sklidimo nuostolius laisvojoje erdvėje  $L_{fs}$ , galima surasti pasinaudojus šia išraiška [1]:

$$L_{fs} = 32,45 + 20\text{Log}(f) + 20\text{Log}(D); \quad (1)$$

čia  $f$  – dažnis, MHz;  $D$  – atstumas, km.

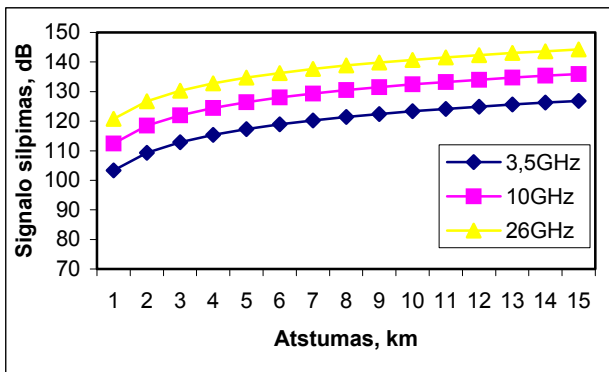
Šią išraišką skaičiavimuose galima naudoti tuomet, kai tarp siųstuvo ir imtuvo antenų yra bent 60% neuždengtos pirmosios Frenelio zonos. N-oji Frenelio zona randama taip:

$$F_n \cong \sqrt{n \cdot \lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}}; \quad (2)$$

čia  $\lambda$  – bangos ilgis, m;  $d_1$  ir  $d_2$  – atstumas nuo siųstuvo ir imtuvo antenų iki skaičiuojamo Frenelio zonos pjūvio, m. Palyginę signalo silpimą trijuose diapazonuose (1 pav.), matome, kad nuostoliai didėja aukštėjant dažniams. Taip pat matyti, kad laisvojoje erdvėje mažiausiai yra slopinamas 3,5 GHz dažnio signalas.

Trumpoms radijo linijoms (iki 5 km), dirbančiomis iki 10 GHz dažnių diapazonais, praktikoje pakanka skaičiuoti tik  $L_{fs}$ , bet rekomenduojama pridėti 5-10 dB atsargą, dėl fedingo, įrangos senėjimo ir kt. veiksnių. Tačiau, jeigu turime ilgesnes linijas, tuomet būtina įvertinti signalo nykimo (fedingo) ir atmosferos reiškinius.

Algebriskai sudėjus  $L_{fs}$  su slopinimais, kurie gali atsirasti dėl kritulių  $L_R$ , atmosferos dujų  $L_{at}$ , įvairių vietovės kliūčių  $L_o$ , taip pat įvertinus signalo nykimą dėl daugiakrypčio sklidimo, atspindžių ir interferencijos  $L_m$ , tuomet suminis slopinimas  $L_{\Sigma}$  [1]:



1 pav. Signalo stipimas laisvojoje erdvėje priklausomai nuo naudojamo diapazono

$$L_{\Sigma} = L_{fs} + L_R + L_{at} + L_o + L_m. \quad (3)$$

Tuomet signalo lygis imtuve:

$$P_i = P_s + G_t(\alpha) - L_{\Sigma} + G_r(\alpha); \quad (4)$$

čia  $P_s$  – siųstuvo spinduliuojama galia, dBm;  $G_t(\alpha)$  – siųstuvo antenos stiprinimas, kryptimi  $\alpha$ , dB;  $G_r(\alpha)$  – imtuvo antenos stiprinimas kryptimi  $\alpha$ , dB.

Kad ryšys būtų geros kokybės, turi būti tenkinama sąlyga:

$$P_{rib} \leq P_i; \quad (5)$$

čia  $P_i$  – galia imtuve, dBm;  $P_{rib}$  – ribinis (nominalus) priimamo signalo lygis, kuriam esant duomenys gali būti perduodami su tam tikru klaidų kiekiu, dBm. Paprastai šis parametras techninėje dokumentacijoje pateikiamas, esant  $10^{-6}$  klaidų koeficientui (BER – Bite Error Rate). Idealiu atveju, kai  $L_{fs} \gg L_R, L_{at}, L_o, L_m$ , didžiausias PBR sistemos aprėpties spindulys:

$$D_{apr}(\alpha) \leq 10 \frac{P_s - P_{rib} + G_t(\alpha) + G_r(\alpha) - 32,45 - 20 \log(f)}{20}; \quad (6)$$

čia  $D_{apr}(\alpha)$  – PBR sistemos aprėpties spindulys  $\alpha$  kryptimi, km.

Ši formulė leidžia rasti sistemos aprėptį įvertinant signalo stipumą laisvojoje erdvėje, antenų stiprinimus ir darbo dažnį. Reikia pasakyti, kad (6) formulė galioja tik idealiomis radijo bangų sklaidimo sąlygomis; realiomis sąlygomis reikia įvertinti visus (3) formulėje pateiktus veiksnus.

### Kritulių įtaka aprėptių zonoms

Skaičiuojant PBR sistemų, kurios dirba didesniu kaip 10 GHz diapazonu, aprėptis, labai padidėja kritulių įtaka signalo sklaidimui.

Signalų slopinimas dėl lietaus aprašomas empirine formule:

$$A = a \cdot R^b; \quad (7)$$

čia  $a$  ir  $b$  vertės priklauso nuo signalo dažnio, poliarizacijos ir lietaus temperatūros,  $R$  – kritulių intensyvumas (mm/h), esant nustatytam darbingumui.

Kai sistemos nedarbingumo reikšmė  $P_n = 0,01\%$ , signalo slopinimas dėl lietaus

$$A_{0,01} = A \cdot D \cdot r; \quad (8)$$

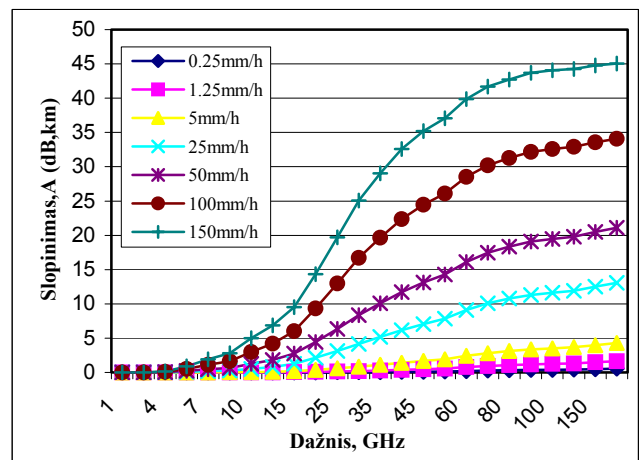
čia  $r = \frac{1}{1 + \frac{D}{D_0}}$  – redukuota atstumo reikšmė,

$D_0 = 35 \cdot e^{-0,015 R_{0,01}}$ , kai  $R_{0,01} \leq 100$  mm/h ir  $D_0 = 7,81$ , kai  $R_{0,01} > 100$  mm/h.

Apskaičiuavus slopinimą  $A_{0,01}$ , galima rasti slopinimus  $A_p$  esant kitokioms sistemos nedarbingumo reikšmėms:

$$A_p = 0,12 p^{-(0,546 + 0,043 \log p)} A_{0,01}. \quad (9)$$

Kritulių sukeltas slopinimas  $L_R$  yra nevienodas skirtingais diapazonais dirbančioms sistemoms (2 pav.). Kuo aukštesnis dažnis, tuo kritulių poveikis didesnis, kadangi bangos ilgis tampa labai artimas lietaus lašo dydžiui ir dėl to signalo energija gali būti sugerama arba išsklaidoma.



2 pav. Lietaus sukeltas signalo slopinimas (signalų poliarizacija vertikali, lietaus temperatūra – +20° C)

Lietuva pagal ITU-R rekomendacijas priskiriama E lietaus zonai, kurioje 0,01% laiko per metus kritulių intensyvumas viršija 22 mm/h.

Iš 2 pav. matome, kad PBR sistemoms, veikiančioms 3,5 GHz diapazone, kritulių sukeltas slopinimas yra nedidelis, tuo tarpu 10,5 GHz ir 26 GHz diapazone jis gana didelis ir, projektuojant šiame diapazone veikiančias PBR sistemas bei jų ryšio darbingumą, į šį slopinimą būtina atsižvelgti.

### PBR sistemų tarpusavio trukdžių įtaka aprėptių zonoms

Skaičiuojant PBR sistemų aprėptis, reikia įvertinti ne tik fizikinius signalo sklaidimo dėsnius ir gamtines sąlygas, bet ir žmogaus dirbtinai sukurtus veiksnus. PBR sistemų tinklas sudaromas korine struktūra, todėl reikia atsižvelgti į tai, kad gretimų PBR sistemų generuojami signalai bus trukdžiai imtuvui. Viena PBR sistemų ypatybė, leidžianti sumažinti gretimų sistemų įtaką, yra ta, kad PBR tinklo bazinė ir abonentinės stotys naudoja kryptines antenas ir spinduliuoja bei priima tik tam tikra kryptimi. Priklausomai nuo to, kuri dažnių diapazoną naudosime PBR sistemoms (licencijuojamą ar nelicencijuojamą),

trukdžių galia  $P_N$  gali būti prognozuojamas arba neprognozuojamas dydis. Jei operatorius naudoja licencijuojamą dažnių diapazoną, tai jis gali planuoti bazinių stočių bei jų sektorių tarpusavio išdėstymą taip minimizuodamas jų tarpusavio trukdžių galią  $P_N$ . Tačiau jei PBR sisemos darbui naudojamas vienas iš nelicencijuojamų dažnių diapazonų, tada trukdžiais tampa ir kitų paslaugų teikėjų gretimai veikiančios sistemos. Šiuo atveju  $P_N$  yra neprognozuojamas ir kintamas dydis. Tuomet, įvertinus trukdžių galią, ribinis priimamo signalo lygis  $P_{rib}$  tampa kintamu dydžiu:

$$P_{rib} \leq P_N + SNR \leq P_i; \quad (10)$$

čia SNR – PBR sistemos imtuvo parametras –signalo ir triukšmo santykis, dB. Taigi nelicencijuojamame dažnių diapazone veikiančiai PBR sistemai  $P_{rib}$  yra kintamas dydis, o nuo to pagal (6) keisis ir  $D_{apr}(\alpha)$ . Tarpusavio trukdžių įtaka licencijuojamuose dažnių diapazonuose veikiančioms PBR sistemoms mažinama atliekant dažnių planavimą.

### Eksperimentinis tyrimas ir rezultatų analizė

Šioje dalyje pateikti miesto sąlygomis atlikti eksperimentiniai 25 GHz radijo signalo lygio matavimai, naudojant plačiajuosčio radijo ryšio sistemą, veikiančią daugiataškėje (point to multipoint) tinklo topologijoje. Matavimai atlikti fiksuotais atstumais bei skirtingais azimutais nuo radijo signalo šaltinio, išlaikant tiesioginio matomumo tarp imtuvo ir siųstuvo antenų sąlygą. Ši sąlyga būtina aukštu dažniu veikiančioms sistemoms. Priėmimo taške 12,5 valandos buvo fiksuojamos vidutinės matavimų reikšmės 15 minučių trukmės intervalais. Gauti matavimų rezultatai palyginami su naudojant teorinį radijo bangų sklidimo modelį gautais rezultatais (3 pav). Matavimai atlikti 25 GHz dažnių ruože spalio mėn.

Iš 3 pav. pateikto grafiko matome, kad atliktų teorinių radijo signalo lygio skaičiavimų ir praktiškai gautų matavimų rezultatai beveik sutampa, t.y. nevirsija leistinų matavimo paklaidų reikšmių ir tai parodo naudojamo radijo bangų sklidimo prognozavimo modelio adekvatumą. Kito eksperimento metu buvo stebimi taip pat 25 GHz radijo signalo stiprumo pokyčiai per parą skirtingais metų laikais: vasarą, esant saulėtai dienai, ir rudenį, esant trumpalaikiam lietui. Eksperimentinės radijo signalo stiprumo kitimo kreivės pateiktos 4, 5 pav.

Iš gautų eksperimento rezultatų matome, kad priimamo signalo lygis (PSL) dėl įvairių atmosferos reiškinių ir daugiakrypčio signalo sklidimo ilgainiui kinta, todėl sistemos charakteristikos bus nusakomos su tikimybe, kad signalo lygis gali sumažėti žemiau slenkstinės ribos. Taigi šios radijo sistemos gebėjimas užtikrinti kokybišką ryšį aprėpties zonoje per nustatytą laiko tarpą taip pat bus nusakomas su tam tikra tikimybe.

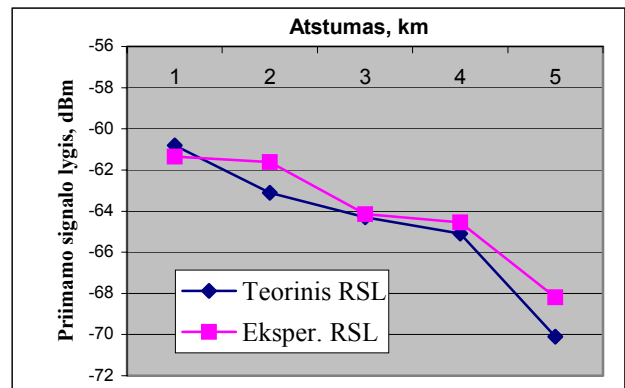
### PBR ryšio patikimumas

Svarbi PBR charakteristika, planuojant aprėpties zonas, yra ryšio darbingumas arba atvirkščias dydis –laikas kai radijo sujungimas tarp bazinės stoties ir abonento neužtikrins reikalaujamo kokybės lygio arba ryšys visiškai

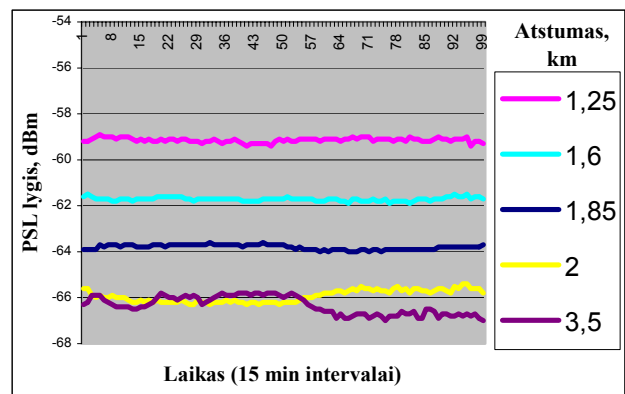
neveiks. Paprastai šie parametrai skaičiuojami vidutiniškai metams. PBR ryšio darbingumo tikimybė

$$P_{\bar{a}} = 1 - P_n; \quad (11)$$

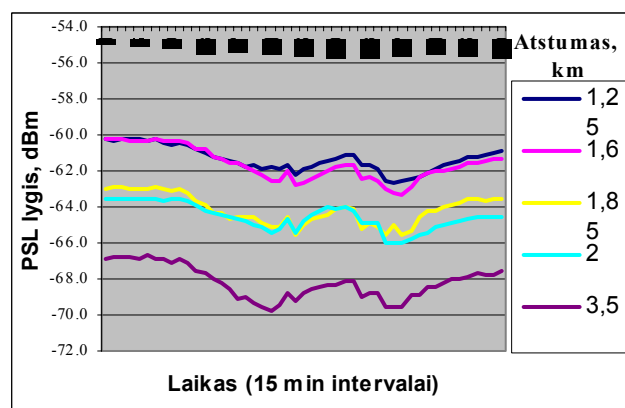
čia  $P_n$  – ryšio nutrūkimo tikimybė.



3 pav. Teorinė ir eksperimentinė radijo signalo lygio priklausomybė nuo atstumo



4 pav. Matavimo rezultatai rugpjūčio mėnesį



5 pav. Matavimo rezultatai spalio mėnesį

PBR linijos nutrūkimo tikimybė priklauso nuo :

- įrangos gedimų tikimybės,  $P_i$ ;
- signalo sklidimo sąlygų pablogėjimo tikimybės,  $P_{si}$ ;
- interferencijos atsiradimo tikimybės,  $P_{int}$ ;
- antenų laikiklių gedimų tikimybės,  $P_{ai}$ ;
- žmogaus klaidos tikimybės,  $P_z$ .

Įrangos gedimų tikimybės gali būti apibūdinamos gedimų intensyvumu  $\lambda$  per tam tikrą laiką  $t$  ir, jeigu gedimų srautas yra paprasčiausias, t.y. puasoninis, tuomet:

$$P_l(t) = e^{-\lambda t} \quad (12)$$

Ryšio nutrūkimo tikimybę dėl signalo sklaidimo sąlygų pablogėjimo sudaro sklaidimo kelio negalimumo dėl signalo nykimo tikimybės  $P_k$  ir signalo nusilpimo dėl kritulių tikimybės  $P_l$  suma [3], [5]:

$$P_{sl} = P_k + P_l \quad (13)$$

Signalų sklaidimo kelio negalimumas dėl signalo nykimo gali būti aprašomas keliais metodais: CCIR, Barnett, ITU-R. Vienas iš skaičiuoti plačiausiai naudojamų  $P_k$  metodų pagrįstas Barnett formule[4]:

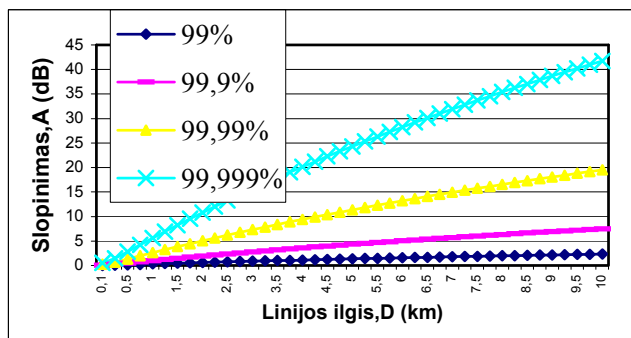
$$P_k(\%) = 6.0 \times 10^{-5} abfd^3 \times 10^{-\frac{M_f}{10}}; \quad (14)$$

čia  $M_f$  – fedingo gylis, viršijantis laisvoje erdvėje sklindančio signalo lygį, dB;  $a, b, f, d$  – klimato faktoriai.

Ryšio darbingumas, įvertinant kritulių įtaką, nusakomas [3]:

$$P_l(\%) = 10^{11.628 * (-0.546 + \sqrt{0.29812 + 0.172 * \log(0.12 * A / F)})}; \quad (15)$$

čia  $A$  – signalo išnykimas dėl lietaus, dB;  $F$  – atsarga signalo išnykimui, dB. Radijo signalo nusilpimas dėl kritulių, esant skirtingoms radijo linijos darbingumo reikšmėms, ir slopinimo dydžio priklausomybė nuo linijos ilgio pateikta 6 pav.



6 pav. PBR radijo linijos atstumai ir kritulių sukeliamas slopinimas pagal skirtingas ryšio darbingumo reikšmes ( $f_d=25$ GHz, poliarizacija: vertikali, lietaus zona: E)

Galimas PBR tinklo darbingumo procentinių reikšmių skirstymas pagal lygius vidutiniškai metų laikotarpiui pateikiamas 1 lentelėje.

Tinklo darbingumo reikšmės parodo, kurią laiko dalį, nuo bendros ryšio trukmės radijo sujungimai neužtikrins nustatytų kokybės normų arba apskritai nebus ryšio. Jei sistema turi būti patikimesnė, tuomet įranga gali būti rezervuojama, naudojamos didesnio stiprinimo antenos, klaidų atitaisymo FEC (Forward Error Correction) mechanizmai, mažinamas aprėpties zonos spindulys ir pan.

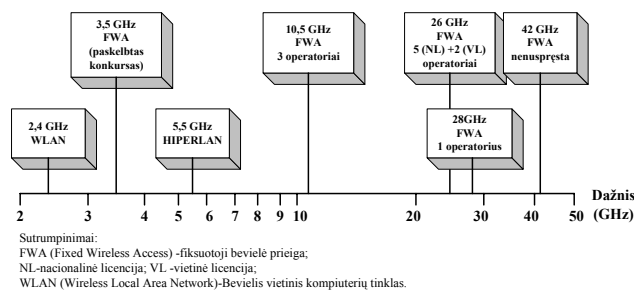
1 lentelė. PBR tinklo darbingumo procentinių reikšmių skirstymas pagal lygius vidutiniškai metų laikotarpiui

Lygis	Tinklo darbingumas	Ryšio nebuvimo trukmė
Labai aukštas	99,999%	5 min 15 s
Aukštas	99,99%	52 min 34 s
Vidutinis	99,9%	8 h 45 min 36 s

Žemas	99%	3 d 15 h 36 min
-------	-----	-----------------

## Situacija Lietuvoje

Plačiajuosčiams bevielio ryšio tinklams Lietuvoje naudojami ir planuojami naudoti dažnių diapazonai pateikti 7 pav. [2]. Lietuvoje dar 2001 m. buvo parengti PBR technologijų diegimo principai, dažnių skyrimo konkurso nuostatai ir 2002 m. paskelbti konkursai 10,5 GHz ir 26 GHz diapazonams. Artimiausiu metu PBR technologijoms planuojama skirti ir 3,5 GHz bei 3,8 GHz diapazonus. Šis diapazonas kaimyninėse šalyse, taip pat Europoje jau anksčiau paskirtas PBR technologijoms (2 lentelė).



7 pav. Paskirti ir planuojami naudoti dažnių diapazonai Lietuvoje

2 lentelė. PBR technologijoms Europos šalyse naudojami dažniai

Šalis	2,4*GHz	3,5GHz	10,5GHz	26GHz
Estija	+	+		+
Latvija	+	+	+	+
Lietuva	+		+	+
Lenkija	+	+		+
Rusija	+	+		
Suomija	+	+	+	+
Norvegija	+	+		+
Prancūzija	+	+		+
Vokietija	+	+		+

\* nelicencijuojamas diapazonas

## Išvados

Šiuo metu duomenims perduoti naudojami 2,4 GHz diapazono bevielio LAN'ai tenkina nedidelę interneto ir bevielio duomenų perdavimo paslaugų rinkos dalį. Šiame diapazone labai didelę įtaką turi dėl interferencinių trukdžių kintantis ribinis priimamo signalo lygis  $P_{rib}$ , kuris turi įtakos ir sistemos aprėpties zonai  $D_{apr}$ . Kintant aprėpties zonai, keičiasi ir teritorijos plotas, kuriame gali būti priimamas tinkamas radijo signalas, todėl nukenčia paslaugos kokybė. Paslaugų kokybė šiame diapazone nėra patenkinama ne dėl pačių PBR sistemų technolinių trūkumų, o būtent dėl dažnių planavimo galimybės nebuvimo, todėl paslaugų tiekėjai suinteresuoti naudoti diapazonus, leidžiančius planuoti.

Teorinių radijo signalo lygio skaičiavimų ir praktiškai gautų matavimų rezultatų duomenys beveik sutampa, t.y. neviršija matavimo paklaidų reikšmių, todėl galima daryti išvadą, kad bevielio daugiataškių prieigos sistemų aprėpties prognozuoti tinka radijo bangų sklaidimą laisvojoje erdvėje aprašantis modelis.

Iš 4, 5 pav. eksperimento rezultatų matome, kad priimamo signalo lygis dėl įvairių atmosferos reiškiniių ir

daugiakrypčio signalo sklaidimo ilgainiui gali kisti, todėl plačiajuostės radijo sistemos gebėjimas užtikrinti geros kokybės ryšį apėpties zonos ribose per nustatytą laiko tarpą gali būti nusakomas su tam tikra tikimybe. Todėl planuojant aprėpties zonas būtina pasirinkti reikiamas tinklo darbingumo reikšmes, kurios ir lemia aprėpties spindulį.

PBR sistemų aprėpties požiriu 3,5 GHz ir 3,8 GHz diapazonai yra pranašesni už aukštesnių dažnių diapazonus. Šiuo metu didesnė prieigos tinklo aprėptis leistų operatoriui prijungti vartotojus didesnėje teritorijoje. Tą pati galima padaryti ir su mažesnės aprėpties sistemomis, dirbančiomis 10 GHz ir aukštesniais dažniais, tačiau tam reikia tankesnio bazinių stočių tinklo. Tai didina operatoriaus investicijas ir neleidžia vienodomis sąlygomis konkuruoti tiems operatoriams, kurie negali paslaugų teikti laidiniu ryšiu.

## Literatūra

1. **Šilanskas E., Grimaila V.** Plačiajuosčių radijo sistemų analizė // Elektronika'2001: 5-osios tarptautinės konferencijos mokslo darbų leidinys. – Kaunas: Technologija, 2001. –P.98-101.
2. **Plačiajuosčiai** bevielio ryšio duomenų perdavimo tinklai. - www.rtt.lt/fwa.htm
3. **Japertas S., Staškus T.** Informacijos perdavimo tiesioginio matomumo radijo relinėse linijose patikimumas // Elektronika'2001: 5-osios tarptautinės konferencijos mokslo darbų leidinys. – Kaunas: Technologija, 2001. –P.95-97.
4. **Roger L.Freeman.** Radio System Design for Telecommunications. Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing. – New York: John Wiley&Sons,Inc. 1997. - P.887
5. **ITU Recommendation ITU-RP.530-9.** Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems. ITU. - Geneva, 2001. - P.42.

Pateikta spaudai 2003 07 01

**V. Grimaila, E. Šilanskas. Plačiajuostės bevielės prieigos aprėpties planavimo ypatumai // Elektronika ir elektrotechnika. - Kaunas: Technologija, 2003. - Nr. 6(48). - P. 62-66.**

Pagrindinis tikslas, kuriant telekomunikacijų tinklą, yra prijungti vartotojus. Pats tinklas savaime praranda savo prasmę, jei neturi prieigos prie vartotojų. Viena iš daugelio prieigos rūšių yra plačiajuostė bevielė prieiga. Ji yra ypač svarbi tiems tinklo operatoriams, kurie neturi nuosavo varinių ar optinių linijų tinklo. Yra keletas dažnių diapazonų ir technologijų, kurios Europos standartizavimo organizacijų potvarkiais yra paskirtos plačiajuostei bevielėi prieigai. Straipsnyje pateikiamas skirtingais diapazonais veikiančių PBR sistemų palyginimas atsižvelgiant į aprėpties planavimo ypatumus. Pateikti teoriniai aprėpties skaičiavimai atsižvelgiant į tokius veiksnius kaip signalo silpimas laisvoje erdvėje, interferencijos bei kritulių įtaka. Teoriniai rezultatai lyginami su eksperimentiniais matavimais, kurie buvo atlikti realiai veikiančioje PBR sistemoje. Teoriniai ir eksperimentiniai rezultatai beveik sutampa, t.y. neviršija leistinų matavimo paklaidų reikšmių ir tai parodo naudojamo radijo bangų sklaidimo prognozavimo modelio adekvatumą. II. 7, bibl. 5 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**V. Grimaila, E. Šilanskas. Peculiarity of Coverage Planning for Broadband Wireless Access // Elektronika ir elektrotechnika. - Kaunas: Technologija, 2003. - No. 6(48). - P. 62-66.**

The main aim of building telecommunication network is connect subscriber and provide him a service. Network itself is worthless if it doesn't have subscribers. Wireless access methods are important for those service providers who don't have their own copper or fiber lines. There are several bands and several technologies designated by European standardization organizations for broadband wireless access. Comparison of coverage in different bands is provided in article taking into account coverage planning peculiarities. Theoretical evaluation of such coverage variables as free space loss, interference noise and rainfall attenuation are provided. Theoretical results are compared to experimental measurements, which were done with real BWA system in outdoor environment. There is small deviation between theoretical and practical result, which doesn't exceed allowed inaccuracy of measurement and indicates adequacy of prognosis methodology. III. 7, bibl. 5 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**В. Гримайла, Э. Шиланскас. Особенности планирования зоны действия для широкополосного беспроводного доступа (ШБД) // Электроника и электротехника. - Каунас: Технология, 2003. – № 6(48). - С.62-66.**

Основной целью построения телекоммуникационной сети является подключение абонента и его обслуживание. Без абонентов сеть сама по себе бесполезна. Методы беспроводного доступа важны для тех поставщиков услуг, которые не имеют в наличии своих собственных медных или оптических линий. Существуют несколько полос частот и технологий, разработанных по стандартам европейских организаций, предназначенных для широкополосного беспроводного доступа. В статье приводится сравнение зоны действия различных частот, принимая во внимание особенности планирования зоны действия ШБД. Теоретически зона действия изменяется в зависимости от потерь в пространстве, помех и метеорологических осадков. Теоретические результаты были сравнены с экспериментальными измерениями, снятыми с настоящей системы ШБД в наружных условиях. Между теоретическим и практическим результатами есть отклонение, которое не превышает допустимую погрешность измерения и показывает адекватность используемого метода прогнозирования распространения радио волн. III. 7, bibl. 5 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

