

Homogeninių fotoninių tinklų patikimumo įvertinimas

R. Plėštys

Kompiuterių tinklų katedra, Kauno technologijos universitetas
Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva

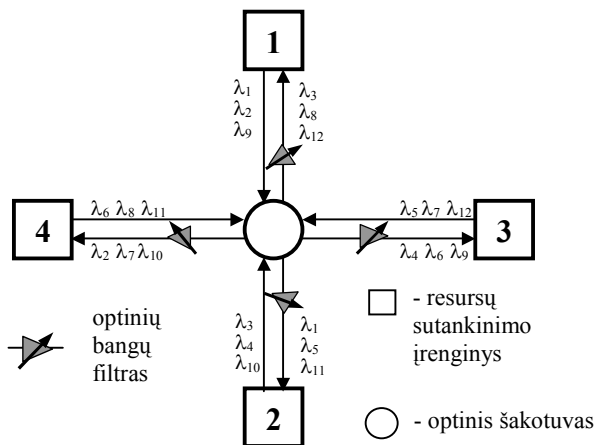
A. Šiurkus

Telekomunikacijų katedra, Kauno technologijos universitetas
Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva

Įžanga

Šiuolaikinis optinės technikos lygis sudaro prielaidas kurti sparčiaveikius informacijos perdavimo tinklus, sudarytus vien iš optinių įtaisų [3]. Tokiuose tinkluose pasyvieji optiniai šakotuvai, banginiai optiniai maršrutizatoriai ir optiniai komutatoriai tarpusavyje sujungiami optinėmis skaidulomis. Informacijos perdavimo kanalams sudaryti naudojamas ir laikinis, ir banginis optinių išteklių sutankinimas.

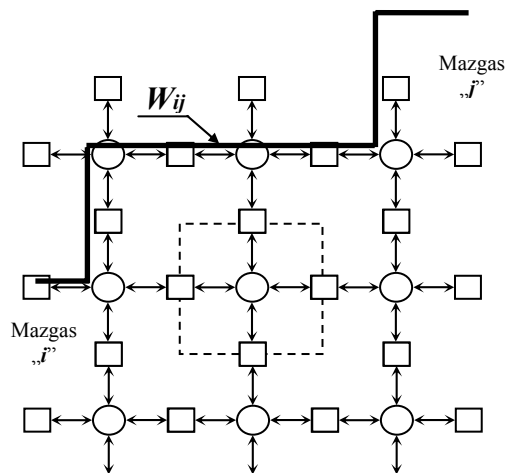
Optiniai tinklai esti dviejų tipų: vietinės aprėpties ir plačios aprėpties. Vietinės aprėpties tinklai sudaromi panaudojant pasyviuosius optinius šakotuvus [1]. Optinių skaidulų galuose įrengiami optinių išteklių sutankinimo įrenginiai. Šiems įrenginiams veikiant sinchroniškai, optinio šakotuvo fiziniai resursai paskirstomi laike ir pagal bangos ilgus visiems vartotojams (1 pav.). Tokios struktūros tinklai dažnai vadinami fotoniniais tinklais. Galinių vartotojų skaičius tokiuose tinkluose yra palyginti nedidelis.



1 pav. Fotoninio tinklo elemento sandara

Plačios aprėpties optiniuose tinkluose papildomai naudojami optiniai maršrutizatoriai ir stiprintuvai. Maršrutizatoriuose yra įtaisytos informacinių optinių signalų atmintinės, kurios leidžia didesniu laipsniu panaudoti tinklo fizinius išteklius. Tokiuose tinkluose vartotojų skaičius yra praktiškai neribotas. Darbe

nagrinėjamas tinklas, sudarytas iš vieno tipo elementų, kurių struktūra pateikta 1 pav. Tinkle informacija virtualiais loginiais ryšio kanalais W_{ij} yra perduodama skirtingais maršrutais ir prioritetais naudojant skirtingus bangų ilgus ir laiko langus. Apibendrinta tokio fotoninio tinklo struktūra pateikta 2 pav.



2 pav. Fotoninio tinklo struktūra

Tokių atskirų elementų patikimumas yra išnagrinėtas [1]. Detalesnių tyrimo rezultatų apie tokios struktūros tinklų patikimumo įvertinimą nerasta.

Iš vienodų nuosekliai sujungtų elementų sudaryto loginio kanalo patikimumas

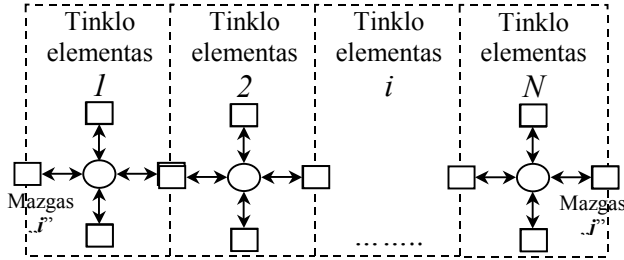
Panagrinėsime tinklą, sudarytą iš identiškų elementų, kurių patikimumas bet kuria informacijos perdavimo kryptimi yra vienodas, t.y. ryšio tarp bet kurių dviejų sutankinimo įrenginių (tinklo mazgų) užtikrinimo tikimybė:

$$P_{ij} = P_a, \text{ kai } i, j = \overline{1,4}, \quad i \neq j; \quad (1)$$

čia P_a - vidutinė sėkmingo perdavimo tinklo elementu tikimybė, kurios nustatymo metodika aprašyta [1].

Tarkim, loginis kanalas yra sudarytas iš nuosekliai sujungtų n vienodų elementų (3 pav.), kuriems galioja (1). Ryšio užtikrinimo tokiu kanalu tikimybė

$$P_N = P_a^N. \quad (2)$$

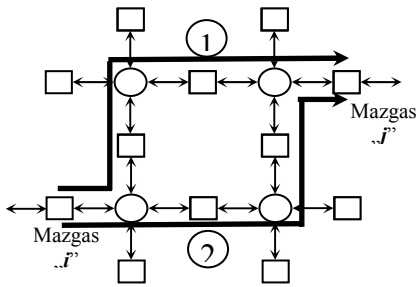


3 pav. Sudėtinio loginio kanalo struktūra

Tokiame tinkle, kuriame nėra optinių signalų stiprintuvų, elementų skaičius loginiame kanale dėl signalo nuostolių paprastai neviršija dešimties.

Skirtingo ilgio kelių panaudojimo atvejais

Panagrinėkime keturių elementų tinklą (4 pav.). Tarkim, tarp mazgų i ir j su vienoda tikimybe galimi du identiški ryšio kanalai: kanalas 1 ir kanalas 2.



4 pav. Keturių elementų fotoninio tinklo struktūra

Ryšio užtikrinimo tarp nurodytų mazgų tikimybė

$$\begin{aligned} P_{i,j}(3) &= 1 - (1 - P_a^3) \cdot (1 - P_a^3) = \\ &= 1 - (1 - P_a^3)^2 = P_a^3(2 - P_a^3). \end{aligned} \quad (3)$$

Tuo atveju, kai tarp mazgų i ir j , galimi n kanalų, o kiekviename kanale yra po v tarpinių tinklo elementų,

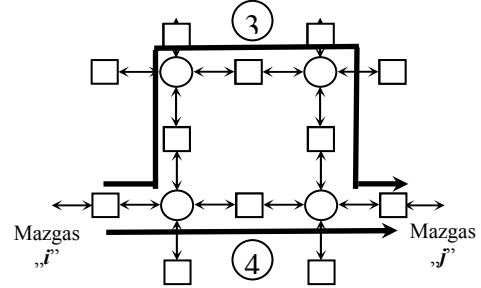
$$P_{i,j}(m, n) = 1 - (1 - P_a^v)^n. \quad (4)$$

Elementų skaičius kiekviename iš kanalų gali būti skirtingas. Tarkim, loginį kanalą 3 sudaro keturi elementai, o loginį kanalą 4 - du elementai. (5 pav.). Šiuo atveju ryšio užtikrinimo tikimybė

$$\begin{aligned} P_{i,j}(2,4) &= 1 - (1 - P_a^2) \cdot (1 - P_a^4) = \\ &= P_a^2(1 + P_a^2 - P_a^4) \end{aligned} \quad (5)$$

Bendroju atveju kai tarp dviejų mazgų gali būti du loginiai kanalai, kuriuose yra m ir n tinklo elementų atitinkamai, ryšio užtikrinimo tikimybė

$$\begin{aligned} P_{i,j}(m, n) &= 1 - (1 - P_a^m) \cdot (1 - P_a^n) = \\ &= P_a^m(1 + P_a^{m-n} - P_a^n) \text{ kai } m \leq n. \end{aligned} \quad (6)$$



5 pav. Keturių elementų fotoninio tinklo struktūra

Kai tarp mazgų gali būti trys skirtingi loginio ryšio kanalai su skirtingu loginių elementų skaičiumi m, n, r atitinkamai kiekviename iš jų, ryšio užtikrinimo tikimybė

$$\begin{aligned} P_{i,j}(m, n, r) &= 1 - (1 - P_a^m) \cdot (1 - P_a^n) \cdot (1 - P_a^r) = \\ &= (P_a^m + P_a^n + P_a^r) - (P_a^{mn} + P_a^{mr} + P_a^{nr}) + P_a^{mnr}. \end{aligned} \quad (7)$$

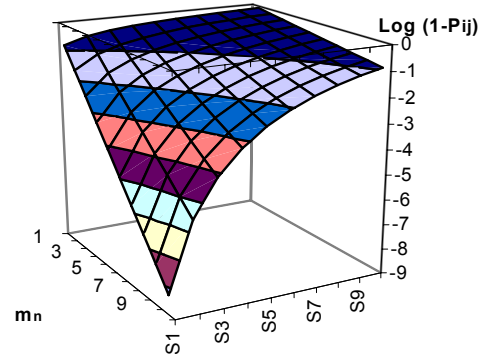
Jeigu tarp mazgų i ir j gali būti panaudotas bet kuris iš n loginių kanalų, o n -ajame kanale yra m_n tinklo elementų, tai ryšio užtikrinimo tikimybė:

$$\begin{aligned} P_{i,j}(m_1, m_2, \dots, m_n) &= 1 - (1 - P_a^{m_1}) \cdot (1 - P_a^{m_2}) \cdot \\ &\cdot (1 - P_a^{m_n}) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_a^{m_i}). \end{aligned} \quad (8)$$

Dažnai ryšio užtikrinimo tikimybė pakeičiama ryšio sutrikimo tikimybė:

$$\begin{aligned} \overline{P}_{i,j}(m_1, m_2, \dots, m_n) &= \\ &= 1 - P_{i,j}(m_1, m_2, \dots, m_n) = \prod_{i=1}^n (1 - P_a^{m_i}). \end{aligned} \quad (9)$$

Skaičiavimo rezultatai, gauti pagal (9), kai $P_a = 0,9$, yra pateikti 6 pav. ir 1 lentelėje.



6 pav. Ryšio sutrikimo tikimybė

1 lentelė. Ryšio sutrikimo tikimybės $\log_{10} \overline{P_{i,j}}(m_1, m_2, \dots, m_n)$

m _n	n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-1,0000	-2,0000	-3,0000	-4,0000	-5,0000	-6,0000	-7,0000	-8,0000	-9,0000	-10,0000
2	-0,7212	-1,4425	-2,1637	-2,8850	-3,6062	-4,3275	-5,0487	-5,7700	-6,4912	-7,2125
3	-0,5670	-1,1341	-1,7011	-2,2681	-2,8352	-3,4022	-3,9692	-4,5362	-5,1033	-5,6703
4	-0,4636	-0,9271	-1,3907	-1,8543	-2,3178	-2,7814	-3,2450	-3,7085	-4,1721	-4,6357
5	-0,3877	-0,7755	-1,1632	-1,5509	-1,9387	-2,3264	-2,7141	-3,1019	-3,4896	-3,8774
6	-0,3292	-0,6585	-0,9877	-1,3169	-1,6462	-1,9754	-2,3047	-2,6339	-2,9631	-3,2924
7	-0,2826	-0,5652	-0,8477	-1,1303	-1,4129	-1,6955	-1,9780	-2,2606	-2,5432	-2,8258
8	-0,2445	-0,4890	-0,7334	-0,9779	-1,2224	-1,4669	-1,7114	-1,9559	-2,2003	-2,4448
9	-0,2128	-0,4257	-0,6385	-0,8514	-1,0642	-1,2770	-1,4899	-1,7027	-1,9155	-2,1284
10	-0,1862	-0,3724	-0,5586	-0,7448	-0,9310	-1,1172	-1,3034	-1,4896	-1,6758	-1,8620

Sudėtinių kanalų panaudojimo atvejis

Tarkim, kiekviename tarpelementiniame (dviejų gretimų mazgų) sujungime tarp i ir j mazgų būna du loginiai sujungimai. Esant dviem galimiems keliams g ir f , loginio sujungimo ryšio užtikrinimo tikimybė

$$P_{i,j}(m,n,t) = 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^m (1 - (1 - P_a)^t)\right)^* \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - (1 - P_a)^t)\right); \quad (10)$$

čia t - viename tarptaškiniame sujungime esančių loginių kanalų skaičius; P_a - vidutinė sėkmingo perdavimo tinklo elementu tikimybė; m, n - tinklo elementų skaičius g ir f keliuose.

Esant s sudėtinių loginių ryšio kanalų tarp mazgų i ir j , kai kiekviename tarptaškiniame sujungime tarp dviejų gretimų mazgų yra t dalių, ryšio užtikrinimo tikimybė:

$$P_{i,j}(t,s,m_1,m_2,\dots,m_n) = 1 - \left(1 - \left(1 - (1 - P_a)^t\right)^{m_1}\right)^* \cdot \left(1 - \left(1 - (1 - P_a)^t\right)^{m_2}\right) \cdot \dots \cdot \left(1 - \left(1 - (1 - P_a)^t\right)^{m_n}\right) = 1 - \prod_{i=1}^s \left(1 - \prod_{m_1}^{m_n} (1 - (1 - P_a)^t)\right); \quad (11)$$

čia m_n - n -ajame kanalo tinklo elementų skaičius.

Išraiška (11) yra pati bendriausia ryšio užtikrinimo tikimybei apskaičiuoti ir gali būti pritaikyta bet kokios konfigūracijos homogeninio fotoninio tinklo patikimumui įvertinti.

Išvados

Pasiūlyta homogeninio fotoninio tinklo, sudaryto iš identiškų elementų, susidedančių iš žvaigždinių šakotuvų ir resursų sutankinimo įrenginių, struktūra.

Pateikta homogeninio fotoninio tinklo loginių ryšių patikimumo skaičiavimo metodika, įvertinanti visus galimus rezervavimo maršrutus ir galimą loginių kanalų ilgį.

Gauti ryšio sutrikimo tikimybių skaičiavimo rezultatai, įvertinantys rezervuojančių loginių kanalų skaičių ir tinklo elementų skaičių kiekviename loginiame kanale.

Pateiktos išraiškos gali būti panaudotos ir tuo atveju, kai kiekvienas loginis kanalas yra sudarytas iš atskirų dalių, kurių kiekvienos ryšio užtikrinimo tikimybė yra žinoma.

Pasiūlyta metodika gali būti pritaikyta ir nehomogeninio fotoninio tinklo patikimumui skaičiuoti. Tam tikslui turi būti išskirstyta parametro P_a vertė, priklausomai nuo tinklo elemento sandaros ir loginio kanalo krypties.

Literatūra

1. **Balaišis P., Plėštys R., Šiurkus A.** Fotoninių magistralinių tinklų patikimumo įvertinimas // Elektronika ir elektrotechnika.-Kaunas: Technologija, 2001.
2. **Ramaswami R., Sivarajan K. N.** Optical Networks: A practical perspective // Morgan Kaufmann Publishers, 1998. - 632 p.
3. **Stern T. E., Bala K.** Multiwavelength Optical Networks. A layered Approach. // Addison Wesley, 1999. – 766 p.

Pateikta spaudai 2003 03 05

R. Plėštys, A. Šiurkus. Homogeninių fotoninių tinklų patikimumo įvertinimas // Elektronika ir elektrotechnika. - Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 6(48). – P. 71-74.

Nagrinėjamas homogeninių fotoninių tinklų, sujungtų iš daugelio vienodų elementų, patikimumas. Kiekvienas nagrinėjamo tinklo elementas sudarytas iš pasyvaus optinio žvaigždinio šakotuvo ir keturių išteklių sutankinimo įrenginių. Ryšio užtikrinimo tarp bet kurių dviejų tinklo elemento sutankinimo įrenginių tikimybė yra vienoda. Pateikta ryšio užtikrinimo tikimybių bet kokio dydžio tinkle skaičiavimo metodika, įvertinanti visus galimus rezervavimo būdus, galimus elementų skaičius kiekviename sudėtiniame loginiame kanale. Gautos ryšio užtikrinimo tikimybių skaičiavimo išraiškos ir pateikti skaičiavimo rezultatai. Sukurta metodika gali būti pritaikyta ir nehomogeninio tinklo patikimumui įvertinti. Il.6, bibl.3 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

R. Plėštys, A. Šiurkus. Evaluation of Homogeneous Photonic Networks Reliability // Electronics and Electrical Engineering.- Kaunas: Technologija, 2003. – No. 6(48). – P. 71-74.

The virtual logical channels of the photonic networks are based on the different wavelength physical channels and changeable time window sizes. The aim of the work is to propose the methodics of calculation reliability of homogeneous photonic network. The probability of successful connection between any two homogeneous network elements is the same. A methodics evaluate reliabilities of homogeneous network elements, which are connected in series. The calculations using given formulas shows the influence of the number of logical channels and network elements between nodes. Using the methodics are presented the expressions of probability of successful connection and results of calculations. The developed methodics can adapt for reliability calculation of non-homogeneous network. Ill.6, bibl.3. (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

Р. Плештис, А. Шюркус. Определение надежности гомогенных фотонных сетей // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2003. – № 6(48). – С. 71-74.

Исследуется надежность гомогенных фотонных сетей, составленных из определенного количества идентичных элементов. В каждый элемент входит оптический ответвитель и четыре волновые уплотнители оптических ресурсов, которые соединены оптическими волокнами. В исследованиях принято, что вероятность обеспечения связи между любыми двумя оптическими уплотнителями одного элемента одинакова. Представлена методика определения вероятности обеспечения связи между любыми двумя волновыми уплотнителями гомогенной сети, учитывающая все возможные пути резервирования и количество элементов в этих путях. При использовании разработанной методики проделаны расчеты вероятностей обеспечения связи. Предложенная методика может быть приспособлена и для определения надежности негомогенных фотонных сетей. Ил.6, библи. 3. (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).