

Telekomunikacijų paslaugų tinklo efektyvumo vertinimas

R. Gedmantas, D. Šinickas

Telekomunikacijų katedra, Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas

Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 300980, el. paštas r.gedmantas@delfi.lt, donatas@email.lt

Įvadas

Kuriamą telekomunikacijų paslaugų tinklą (TPT), integruojamos informacijos perdavimo bei apdorojimo, skaičiavimo ir kitas priemones neišvengiamai tenka išdėstyti skirtingose teritorijose.

Kiekviena TPT dalis naudojama savitomis eksploatacijos sąlygomis, atlieka tik jai būdingas funkcijas ir nevienodai patikimai ir efektyviai veikia.

Be to, šias dalis tenka jungti tarpusavyje į vientisą tinklą. Todėl susidaro įvairių ryšio problemų (ryšio galimybių, jo patikimumo, ryšio linijų pralaidumo ir kt.).

Kuriant tokius TPT, nepakanka racionaliai paskirstyti patikimumo reikalavimus atskiriems TPT įrenginiams. Būtina įvertinti viso tinklo efektyvumą [1], atsižvelgiant tiek į tinklą sudarančių įrenginių ir juos jungiančių linijų efektyvumą ir patikimumą, tiek į informacijos perdavimo kelių parinkimo tikimybes.

TPT efektyvumas

Darbe ieškoma pasirinkto telekomunikacijų tinklo efektyvumo vertės, kai tinklo efektyvumu (E) laikoma galimybė bet kuriuo laiko momentu sudaryti ryšį tarp dviejų tinkle esančių įrenginių ir jį išlaikyti visą ryšio sesijos trukmę:

$$E = \sum_{j=1}^h P_{RI_j} \sum_{i=1}^k E_{K_i} \cdot P_{S_i}; \quad (1)$$

čia P_{RI_j} dydis parodo, kokią visų inicijuotų ryšio seansų dalį sudaro j -ojo įrenginio inicijuoti seansai, h – ryšį inicijuoti galinčių įrenginių skaičius; P_{S_i} – tikimybė, kad j -asis įrenginys pasirinks i -ąjį kelią; E_{K_i} yra i -ojo kelio efektyvumas, o k – j -ojo įrenginio galimų ryšio kelių skaičius. Kelio efektyvumas

$$E_{K_i} = P_{K_i} \cdot P_{K_i}(\Delta t) \cdot H_{K_i}; \quad (2)$$

čia P_{K_i} – tikimybė, kad bet kuriuo laiko momentu veiks i -asis kelias, H_{K_i} – i -ojo kelio paslaugos suteikimo tikimybė, o $P_{K_i}(\Delta t)$ – tikimybė, kad i -asis kelias veiks nuo seanso pradžios laiko momento t_1 iki seanso pabaigos t_2 , $\Delta t = t_2 - t_1$.

Kai i -asis kelias sudarytas iš nuosekliai sujungtų komponentų ir įvykiai juose yra nepriklausomi, tada H_{K_i} apskaičiuojama taip:

$$H_{K_i} = \prod_{n=1}^m H_{i,n}; \quad (3)$$

čia m – kelių sudarančių įrenginių ir juos jungiančių kelio atkarpų skaičius, o $H_{i,n}$ – i -ojo kelio n -ojo įrenginio ar kelio atkarpos paslaugos suteikimo tikimybė, kai jis (ji) veikia.

Kai i -asis kelias sudarytas iš nuosekliai sujungtų komponentų ir įvykiai juose yra nepriklausomi, tada P_{K_i} apskaičiuojama taip:

$$P_{K_i} = \prod_{g=1}^r P_{i,g} \cdot \prod_{s=1}^p P_{i,s}; \quad (4)$$

čia $P_{i,g}$ – i -ojo kelio g -ojo įrenginio veikimo tikimybė bet kuriuo laiko momentu; r – kelių sudarančių įrenginių skaičius; $P_{i,s}$ – kelio s -osios atkarpos tarp dviejų gretimų kelio įrenginių veikimo tikimybė bet kuriuo laiko momentu; p – kelių sudarančių atkarpų skaičius ($m = r + p$).

Kai i -ojo kelio g -ojo įrenginio programinės įrangos veikimo tikimybė bet kuriuo laiko momentu $P_{P_{i,g}}$ yra nepriklausoma nuo i -ojo kelio g -ojo įrenginio aparatinės įrangos veikimo tikimybės bet kuriuo laiko momentu $P_{A_{i,g}}$, tada [1]

$$P_{i,g} = P_{P_{i,g}} \cdot P_{A_{i,g}}. \quad (5)$$

Tikimybė $P_{P_{i,g}}$ yra lygi i -ojo kelio g -ojo įrenginio programinės įrangos parengties koeficientui $K_{P_{i,g}}$ [2, 3]:

$$P_{P_{i,g}} = K_{P_{i,g}} = \frac{T_{Pv2_{i,g}}}{T_{Pv2_{i,g}} + t_{Pav_{i,g}}}; \quad (6)$$

čia $T_{Pv2_{i,g}}$ – vidutinė i -ojo kelio g -ojo įrenginio programinės įrangos veikimo trukmė tarp gretimų sutrikimų; $t_{Pav_{i,g}}$ – vidutinė i -ojo kelio g -ojo įrenginio programinės įrangos klaidos pataisymo trukmė.

Tikimybė $P_{A_{i,g}}$ yra lygi g -ojo įrenginio aparatūrinės įrangos parengties koeficientui $K_{A_{i,g}}$ [2, 3]:

$$P_{A_{i,g}} = K_{A_{i,g}} = \frac{T_{Av2_{i,g}}}{T_{Av2_{i,g}} + t_{Aav_{i,g}}}; \quad (7)$$

čia $T_{Av2i,g}$ – vidutinė i -ojo kelio g -ojo įrenginio aparatūrinės įrangos veikimo trukmė tarp gretimų gedimų; $t_{Aav_i,g}$ – vidutinė i -ojo kelio g -ojo įrenginio aparatūrinės įrangos pataisymo trukmė.

i -ojo kelio atkarpos tarp dviejų gretimų kelio įrenginių veikimo tikimybė ($P_{i,s}$) priklauso nuo linijos ilgio vieneto parengties koeficiento ir linijos ilgio ($l_{i,s}$) [4]:

$$P_{i,s} = \left(\frac{T_{v2i,s}}{T_{v2i,s} + t_{av_i,s}} \right)^{l_{i,s}}; \quad (8)$$

čia $T_{v2i,s}$ – vidutinis vieno kilometro i -ojo kelio s -osios atkarpos veikimo trukmė tarp dviejų gretimų gedimų, o $t_{Aav_i,s}$ – vidutinis vieno kilometro s -osios atkarpos pataisymo trukmė.

Į (5) formulę įrašę (6) ir (7) formules, o gautą išraišką ir (8) formulę įrašę į (4) formulę, gauname i -ojo kelio veikimo tikimybę P_{K_i} bet kuriuo laiko momentu:

$$P_{K_i} = \prod_{g=1}^r \left(\frac{T_{Pv2i,g} \cdot T_{Av2i,g}}{T_{Pv2i,g} + t_{Pav_i,g} \cdot T_{Av2i,g} + t_{Aav_i,g}} \right) \times \prod_{s=1}^p \left(\frac{T_{v2i,s}}{T_{v2i,s} + t_{av_i,s}} \right)^{l_{i,s}} \quad (9)$$

Tikimybė $P_{K_i}(\Delta t)$, kad i -asis kelias veiks nuo seanso pradžios (laiko momento t_1) iki seanso pabaigos (t_2), yra lygi tikimybei, jog dar Δt laiko tarpą veiks visi kelią sudarantys įrenginiai ir juos jungiančios kelio atkarpos:

$$P_{K_i}(\Delta t) = \prod_{g=1}^r P_{i,g}(\Delta t) \cdot \prod_{s=1}^p P_{i,s}(\Delta t); \quad (9)$$

čia $P_{i,g}(\Delta t)$ – tikimybė, kad i -ojo kelio g -asis įrenginys veiks nuo paslaugos suteikimo pradžios iki pabaigos, o $P_{i,s}(\Delta t)$ – tikimybė, kad i -ojo kelio s -oji atkarpa tarp dviejų gretimų kelio įrenginių veiks nuo paslaugos suteikimo pradžios iki pabaigos.

Kai įrenginio programinės ir aparatūrinės įrangos gedimai yra tarpusavyje nepriklausomi, jų srautas paprasčiausias, tikimybė $P_{i,g}(\Delta t)$ apskaičiuojama taip:

$$P_{i,g}(\Delta t) = e^{-\left(\frac{1}{T_{Pv2i,g}} + \frac{1}{T_{Av2i,g}} \right) \cdot \Delta t} \quad (10)$$

Tikimybė $P_{i,s}(\Delta t)$ apskaičiuojama taip:

$$P_{i,s}(\Delta t) = e^{-\left(\frac{1}{T_{v2i,s}} \right) \cdot l_{i,s} \cdot \Delta t} \quad (11)$$

Į (10) formulę įrašę (11) ir (12) formules, gauname tikimybę, kad i -asis kelias veiks nuo seanso pradžios (laiko momento t_1) iki seanso pabaigos (t_2):

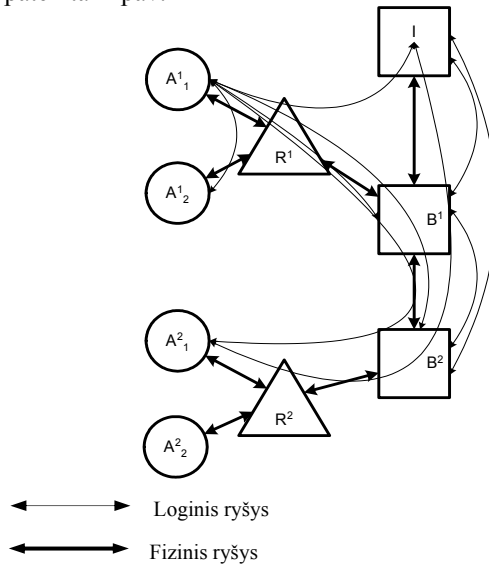
$$P_{K_i}(\Delta t) = \prod_{g=1}^r e^{-\left(\frac{1}{T_{Pv2i,g}} + \frac{1}{T_{Av2i,g}} \right) \cdot \Delta t} \times \prod_{s=1}^p e^{-\left(\frac{1}{T_{v2i,s}} \right) \cdot l_{i,s} \cdot \Delta t} \quad (12)$$

Į (2) formulę įrašę (3), (9) ir (13) formules, o gautą išraišką įrašę į (1) formulę, gauname galutinę tinklo efektyvumo išraišką:

$$E = \sum_{j=1}^h P_{RI_j} \sum_{i=1}^k \left(\prod_{g=1}^r \left(\frac{T_{Pv2i,g}}{T_{Pv2i,g} + t_{Pav_i,g}} \right) \times \frac{T_{Av2i,g}}{T_{Av2i,g} + t_{Aav_i,g}} \right) \times \prod_{s=1}^p \left(\frac{T_{v2i,s}}{T_{v2i,s} + t_{av_i,s}} \right)^{l_{i,s}} \times \prod_{g=1}^r e^{-\left(\frac{1}{T_{Pv2i,g}} + \frac{1}{T_{Av2i,g}} \right) \cdot \Delta t} \times \prod_{s=1}^p e^{-\left(\frac{1}{T_{v2i,s}} \right) \cdot l_{i,s} \cdot \Delta t} \cdot \prod_{n=1}^m H_{i,n} \cdot P_{S_i} \quad (14)$$

TPT struktūra

Skaičiavimams atlikti pasirenkamas telekomunikacijų tinklas, kurio struktūra su fiziniais ir loginiais ryšiais pateikta 1 pav.



1 pav. TPT schema

Tinklą sudaro dviejuose miestuose esantys šešių padalinių vietinės prieigos tinklai. Atitinkamame (M -ajame) mieste esančių padalinių (N) prieigos (A_N^M) ir kamieniniai maršrutizatoriai (B^M) sujungti tarpusavyje radijo ryšiu per radijo prieigos sistemą R^M ; čia $M = 1, 2$ – parametras, parodantis miesto numerį, o $N = 1, 2$ – parametras, parodantis mazgo numerį mieste M . Skirtingų miestų kamieniniai maršrutizatoriai tarpusavyje sujungti per Frame Relay tinklą. Šis ryšys papildomai rezervuojamas ISDN ryšiu, t. y. kai sugenda Frame Relay linija, jungianti skirtingų miestų kamieninius maršrutizatorius, duomenys perduodami per ISDN sujungimą. Pirmajame mieste kamieninis maršrutizatorius per ADSL liniją jungiamas prie interneto prieigos mazgo I .

Bet kuriuo laiko momentu ryšį gali inicijuoti A_N^M , B^M ir I tinklo mazgai.

Pasirinkto TPT efektyvumo skaičiavimas

Pagal 1 pav. išrenkami visi galimi keliai tarp mazgų. Kelių pasirinkimo tikimybės P_{S_i} pateikiamos matricių pavidalu.

Pirmojo ir antrojo miestų kamieninių maršrutizatorių sujungimas yra rezervuojamas. Tikimybė, kad tarp kamieninių maršrutizatorių bus ryšys, apskaičiuojama taip:

$$P_{B^1B^2} = P_{B^1B^2(FR)} + (1 - P_{B^1B^2(FR)}) \cdot P_{B^1B^2(ISDN)}; \quad (13)$$

čia $P_{B^1B^2(FR)}$ – tikimybė, kad veiks ryšys tarp kamieninių maršrutizatorių per Frame Relay tinklą, o $P_{B^1B^2(ISDN)}$ – tikimybė, kad veiks ryšys tarp kamieninių maršrutizatorių per ISDN tinklą.

1 lentelė. Įrenginių patikimumo rodiklių vertės

Įrenginys	Įrenginio aparatinės įrangos patikimumo rodiklių vertės		Įrenginio programinės įrangos patikimumo rodiklių vertės		Įrenginio efektyvumas (H)
	Vidutinė trukmė tarp gedimų (T_{V2}), h	Vidutinė remonto trukmė (t_{av}), h	Vidutinė trukmė tarp gedimų (T_{V2}), h	Vidutinė remonto trukmė (t_{av}), h	
A_N^M	300000	12	125000	1	0,9998
R^M	250000	24	200000	1	0,9988
B^M	500000	12	150000	1	0,99995
I	500000	12	150000	1	0,99995

R. Gedmantas, D. Šinickas. Telekomunikacijų paslaugų tinklo efektyvumo vertinimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2004. – Nr.6(55). – P. 40–42.

Pateikiamas telekomunikacijų paslaugų tinklo (TPT) efektyvumo vertinimo metodas. Parodyta, kuriant tokius TPT, nepakanka racionaliai paskirstyti patikimumo reikalavimus atskiriems jų įrenginiams, nes kiekviena TPT dalis naudojama savitomis eksploatacijos sąlygomis, atlieka tik jai būdingas funkcijas ir nevienodai patikimai ir efektyviai veikia. Iš pateikto modelio matyti, kad, įvertinant viso tinklo efektyvumą, būtina nustatyti tinklą sudarančių įrenginių bei juos jungiančių linijų patikimumą. Parodyta, kad tinklo efektyvumą lemia keletas rodiklių: TPT įrenginių programinės, aparatinės įrangos, ryšio linijų vidutiniai išdirbiai tarp gretimų gedimų ir vidutinė pataisymo trukmė; tinkle galimų paslaugos suteikimo kelių skaičius ir jų parinkimo tikimybės; įrenginių paslaugos suteikimo tikimybės, kai jie veikia. Il. 1, bibl. 4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų, rusų k.).

R. Gedmantas, D. Šinickas. Efficiency in Telecommunication Service Network // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2004. – No. 6(55). – P. 40–42.

Is proposed the method of estimation of the effectiveness in telecommunication services network (TSN). It is shown, which with building this TSN is insufficient to rationally distribute requirements for the reliability of individual devices. From the presented model evidently that with the estimation of the effectiveness of entire network necessary to consider the reliability of its constitutive devices and their connecting lines. It is shown, that the effectiveness of network determines several indices: mean times between nearest failure and average restore time of the hardware, software and the lines of communications; a quantity of possible ways for the services deliver in the network; the probability of the selection of these ways, and also the probability of the services deliver by the devices, when they are operational. Ill. 1, bibl. 4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English, Russian).

P. Гедмантас, Д. Шиницкас. Эффективность сетей телекоммуникационных услуг // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2004. – № 6(55). – С. 40–42.

Предложен метод оценки эффективности сети телекоммуникационных услуг (СТУ). Показано, что при создании таких СТУ недостаточно рационально распределить требования к надежности отдельных их устройств. Из приведенной модели видно, что при оценке эффективности всей сети необходимо учесть надежность её составных устройств и их соединяющих линий. Показано, что эффективность сети определяет несколько показателей: средние времена между ближайшими отказами и среднее время восстановления аппаратурных устройств, программного обеспечения и линий связи; количество возможных путей предоставления услуг в сети; вероятность выбора этих путей, а также вероятности предоставления услуг указанными устройствами, когда они работоспособны. Ил. 1, библи. 4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

Tinklo įrenginių patikimumo rodiklių vertės pateiktos 1-oje lentelėje.

Atitinkamas vertes įrašę į (14) formulę, gauname tinklo efektyvumo rodiklio vertę $E = 0,969$. Kai ryšys tarp kamieninių maršrutizatorių nerezervuojamas, $E = 0,963$.

Išvados

1. Naudojant čia pateiktą matematinį modelį, galima apskaičiuoti ir tyrinėti TPT efektyvumą, įvertinant tinklo įrenginių ir ryšio linijų patikimumus, paraiškos aptarnavimo bei kelio parinkimo tikimybes.
2. TPT efektyvumas, rezervuojant jo įrenginius ar ryšio linijas, padidėja nevienodai; tai priklauso nuo tinklo struktūros, įrenginių ir juos jungiančių linijų patikimumo rodiklių verčių. Todėl kai kuriais atvejais rezervuoti ryšio linijas ar tinklo mazgus gali būti netikslinga.

Literatūra

1. **Eidukas D., Balaišis R.J., Boza E.** Išskirstytųjų elektroninių sistemų efektyvumo tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2001. – Nr.4(33). – P.33-39.
2. **Balaišis P., Eidukas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Antroji knyga. Elektroninių įtaisų eksploatacija. – Kaunas: Technologija, 2000. – 262 p.
3. **Leitch R. D.** Reliability Analysis for Engineers. An Introduction. – New York: Oxford University press, 1995. –230 p.
4. **Balaišis P., Eidukas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Pirmoji knyga. Elektroninių įtaisų patikimumas. – Kaunas: Technologija, 1999. – 204 p.

Pateikta spaudai 2004 04 02