

Virtualių jungimų SDH tinkluose patikimumo įvertinimas

R. Plėštys, D. Šinickas

Kompiuterinių tinklų katedra, Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas, Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 300999, el. p. rimantas.plestys@ktu.lt

Įvadas

Telekomunikacijų tinklų ištekliai naudojami įvairioms paslaugoms teikti. Juos tinkamai įvertinus ir efektyviai panaudojus galima sumažinti teikiamų paslaugų savikainą ir jas atpiginti.

Sudarant SDH tinklus, būtina tiksliai parinkti jų techninius parametrus (perdavimo spartą, rezervavimo lygį, komutavimo galimybes ir kt.). Sprendžiant bet kurį iš šių uždavinių, pirmiausiai [1] suformuluojama komplekso (sistemos) vertės samprata, paskui pasirenkamas komplekso ar sistemos efektyvumo rodiklis, sudaromas sprendimo metodas, įvertinamos naudojimo sąlygos, gedimų pasekmės ir galiausiai randamas reikiamas sprendimas.

Bendriausias sistemos tinkamumo eksploatuoti rodiklis – užduoties įvykdymo per nustatytą laiką (τ_l), tikimybė. Užduočiai įvykdyti suprojektuojama informacijos perdavimo sistema. Tokia sistema gali būti sudaroma arba lygiagrečiai naudojant turimus informacijos perdavimo išteklius, arba įdiegiant naują reikiamos perdavimo spartos sistemą.

Kitų autorių darbuose nagrinėjami atvejai, kai tam tikra dalis išteklių yra rezervuojama [2–4]. Dėl to neišvengiama papildomų išlaidų tiems ištekliams užtikrinti.

Nagrinėjama sistema, skirta nustatytam informacijos kiekiui perduoti per ribotą laiką τ_l . Išnagrinėti du tokios sistemos sudarymo atvejai: informacijos perdavimas panaudojant vieną sistemą ir informacijos perdavimas panaudojant kelias lygiagrečias sistemas. Užduoties vykdymo metu sistemos gali gesti, todėl laikas, kuris gali būti išnaudotas užduočiai atlikti, būna ilgesnis už laiką τ_l . Gautos užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybių priklausomybės nuo SDH perdavimo sistemos parametrų ir užduočiai įvykdyti skirto laiko.

Uždavinio formulavimas

Sudarant SDH tinklus, nustatomi rezerviniai maršrutai. Rezerviniuose maršrutuose naudojamos sistemos veikia „karšto“ rezervo principu. Dažniausiai naudojamas 1:n rezervavimo principas.

Tarkim, visi rezerviniai maršrutai (toliau – kanalai) panaudojami užduočiai sparčiau įvykdyti. Kita vertus, užduotis gali būti atlikta tinkamai padidinant vieno kanalo pralaidumą. Abiem atvejais panaudojamas skirtingas

įrangos kiekis, o tai nulemia galutinę paslaugos kainą. Todėl tokiais atvejais aktualūs tampa funkcinės kainos, funkcinės vertės ar funkcinio patikimumo analizės uždaviniai.

Panagrinėkime tokių sistemų greitaveiką panaudodami [1] siūlomą metodą.

Tarkim informacijos perdavimo sistemos užduotis yra nustatyto kiekio informacijos perdavimas per laiką τ_l . Dalį laiko (τ_d) sistema vykdo užduotį, kitą dalį (τ_a) ji taisoma

$$\tau_l = \tau_d + \tau_a. \quad (1)$$

Laikas τ_d atvirkščiai proporcingas greitaveikai. Greitaveiką galima didinti didinant arba informacijos perdavimo intensyvumą, arba lygiagrečiai veikiančių ir atliekančių dalį užduoties kanalų skaičių. Pirmuoju atveju daugiau laiko (τ_l) lieka taisymui, o antruoju – dar ir mažiau apkraunami kanalai. Abu jie didina sistemos patikimumą, nes lieka daugiau laiko taisymui. Bet pirmu atveju negendamumas mažėja dėl didesnės spartos, sudėtingesnės įrangos, o antruoju – dėl papildomų įtaisų naudojimo. Dėl padidėjusio gedimų intensyvumo taisymui reikia daugiau laiko. Tai mažina užduoties įvykdymo tikimybę. Optimalia (patikimumo požiūriu) laikytina tokia greitaveika, kai yra didžiausia tikimybė įvykdyti užduotį.

Uždavinys sprendžiamas laikant, kad:

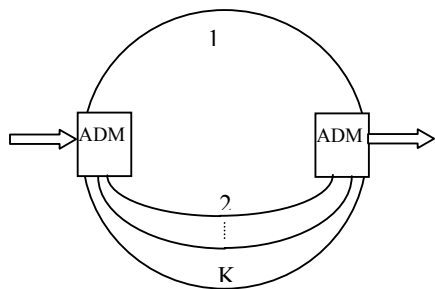
- 1) greitaveiką galima didinti tik didinant kanalų skaičių;
- 2) sistemos našumas proporcingas kanalų skaičiui;
- 3) gedimų srauto intensyvumas proporcingas kanalų skaičiui;
- 4) kanalų gedimo srauto intensyvumas ir darbo, ir taisymo laikotarpiu yra tas pats;
- 5) atkuriant bent vieną kanalą, visa sistema neveikia;
- 6) leistina sistemos taisymo trukmė nepriklauso nuo kanalų skaičiaus;
- 7) pašalinus visus gedimus, užduotis vykdoma toliau.

Užduoties įvykdymo tikimybę galima traktuoti kaip:

- tikimybę, kad per laiką τ_l darbo trukmė bus ne trumpesnė už reikalingą τ_d ;
- tikimybę, kad per laiką τ_l taisymo trukmė bus ne ilgesnė už τ_a ;
- tikimybę, kad per laiką τ_a pašalinti visus per laiką τ_l įvykusius gedimus.

Visos šios sąlygos tinka SDH tinklui, kuriame naudojami sujungti virtualūs konteineriai VC-n-Xc. Toks virtualių konteinerių sujungimas (Virtual concatenation)

vykdomas perduodant duomenis didesne sparta negu virtualių konteinerių VC-12, VC-3, VC-4 sparta.



1 pav. Sistema turinti K kanalų

Tarkim kad, sistemos (1 pav.) gedimų skaičius per laiką τ_l ir taisymų skaičius per laiką τ_a yra atsitiktiniai diskretiniai dydžiai. Diskretinių atsitiktinių dydžių matematinė viltis

$$M[x] = \sum_{x_i=1}^{\infty} x_i p(x_i); \quad (2)$$

čia $p(x_i)$ – atsitiktinio dydžio x_i vertės tikimybė.

Tikimybė, kad per laiką τ_a bus pašalinti visi per laiką τ_l įvykę gedimai,

$$P_0 = \sum_{i=0}^{\infty} p(n \geq i) p(m=i); \quad (3)$$

čia $p(n \geq i)$ – tikimybė, kad per laiką τ_a atsitiktinių pataisymų skaičius n yra ne mažesnis už per šį laiką įvykusių gedimų skaičių i ; $p(m=i)$ – tikimybė, kad gedimų skaičius per laiką τ_l (t.y. – m) bus lygus i . Taigi $p(n \geq i) p(m=i)$ tikimybė, kad įvyks i gedimų, o pašalinti galėsime i ar daugiau gedimų. Kai gedimų srautas paprasčiausias,

$$p(m=i) = \frac{\bar{m}^i \cdot e^{-\bar{m}}}{i!}; \quad (4)$$

\bar{m} – gedimų skaičiaus per laiką τ_l matematinė viltis:

$$\bar{m} = \Lambda_S \cdot \tau_l; \quad (5)$$

$$\Lambda_S = \frac{1}{T_S}. \quad (6)$$

T_S – vidutinė sistemos darbo trukmė tarp gretimų gedimų.

Atsižvelgiant į anksčiau padarytas prielaidas K kanalų bendras gedimų intensyvumas

$$\Lambda_S = K \cdot \Lambda_1; \quad (7)$$

čia Λ_1 – vieno kanalo gedimų srauto intensyvumas; K – kanalų skaičius.

Analogiškai, jei sistemos pataisymo tikimybė kinta pagal eksponentinį skirstinį, tai

$$p(n \geq i) = \sum_{n=i}^{\infty} \frac{\bar{n}^n \cdot e^{-\bar{n}}}{n!}. \quad (8)$$

Tada taisymų skaičiaus per laiką τ_a matematinė viltis

$$\bar{n} = \mu \cdot \tau_a; \quad (9)$$

$$\mu = \frac{1}{\tau_{av}}; \quad (10)$$

čia τ_{av} – vidutinė sistemos taisymų trukmė.

Atsižvelgiant į anksčiau padarytas prielaidas, sistemos našumas

$$V_S = K V_1; \quad (11)$$

čia V_1 – vieno kanalo našumas;

$$V_S = \frac{1}{\tau_d}; \quad (12)$$

$$V_1 = \frac{1}{\tau_{d1}}; \quad (13)$$

τ_{d1} – laikas, per kurį užduotį įvykdytų vienas kanalas.

Įvertinus (1), (10) ir (12), laikas, per kurį galėsime pašalinti gedimus,

$$\tau_a^1 = \tau_l - \frac{\tau_{d1}}{K}. \quad (14)$$

Į (3) įrašę (4) – (14), gauname:

$$P_0 = \sum_{i=0}^{\infty} \left(\sum_{n=i}^{\infty} \frac{(\mu \cdot \tau_a)^n \cdot e^{-(\mu \cdot \tau_a)}}{n!} \times \frac{(K \cdot \Lambda_1 \cdot \tau_l)^i \cdot e^{-(K \cdot \Lambda_1 \cdot \tau_l)}}{i!} \right). \quad (15)$$

Jei $\tau_a^1 = 0$ (t.y. $\tau_a = \tau_d$ be taisymo trukmės), tai

$$p(n \geq i) = \begin{cases} 1, & \text{kai } i = 0, \\ 0, & \text{kai } i > 0 \end{cases} \quad (16)$$

ir

$$P_0 = 1 \cdot \frac{\bar{m}^0 \cdot e^{-\Lambda_S \cdot \tau_l}}{0!} = e^{-\Lambda_S \cdot \tau_l}. \quad (17)$$

Šiuo atveju sistemos kanalų skaičius turi būti ne mažesnis kaip

$$K_{\min} = \left\lceil \frac{\tau_{d1}}{\tau_l} \right\rceil. \quad (18)$$

Kai $\tau_a \neq 0$ ir $i > 0$, P_0 skaičiuojamas pagal (15).

Tada tikimybė, kad per laiką τ_l nebus pašalinti visi gedimai,

$$f(K) = 1 - P_0. \quad (19)$$

Naudojantis (18) išraiška galima rasti optimalų kanalų skaičių, užtikrinantį didžiausią patikimumą.

Skaičiavimo rezultatai

SDH tinkluose galimas naudoti virtualių kanalų skaičius paprastai neviršija 64 (STM-64). Ypatingais atvejais gali būti panaudojami ir 264 kanalai. Sistemos, sudarytos iš kanalų, gedimų srauto intensyvumas aprašomas (6), o pataisymų srauto intensyvumas – (10).

Tarkim, yra užduotis perduoti tam tikrą informacijos kiekį per laiką τ_i . Darome prielaidą, kad užduoties įvykdymo trukmė – 1 sekundė. Kiti skaičiavimo pradiniai duomenys yra tokie [1]: $\tau_{dl}=3$ s; $\Lambda_1=0,02$ s⁻¹; $\tau_{av}=0,2$ s; $\mu=5$ s⁻¹. Įvertinant šiuos pradinius duomenis, gauname:

$$\Lambda_S = K \cdot \Lambda_1 = 0,02 \cdot K, \quad (20)$$

$$\bar{m} = 0,02 \cdot K \cdot 1 = 0,02 \cdot K, \quad (21)$$

$$\tau_d = \frac{\tau_{d1}}{K} = \frac{3}{K}, \quad (22)$$

$$\tau'_a = 1 - \frac{3}{K}, \quad (23)$$

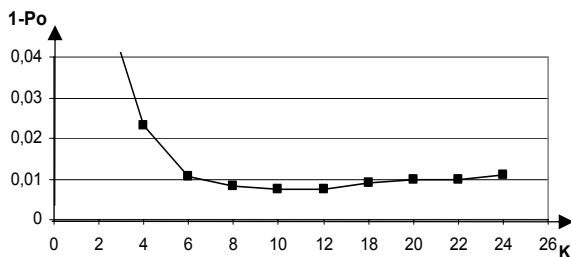
$$\bar{n} = \mu \cdot \tau'_a = 5 \left(1 - \frac{3}{K} \right) = 5 - \frac{15}{K}. \quad (24)$$

Iš (18) randame, kad $K_{min}=3$. Kai $K>3$,

$$\bar{m} = 0,02 \cdot K, \quad (25)$$

$$p(m=i) = \frac{\bar{m}^i \cdot e^{-\bar{m}}}{i!}. \quad (26)$$

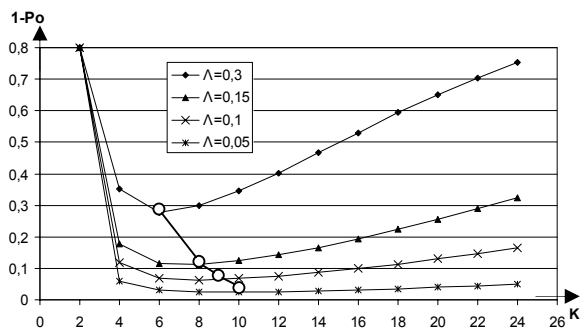
Užduoties neįvykdymo tikimybės, esant pateiktoms pradinėms sąlygoms ir skaičiuotos pagal (19), pateiktos 2 pav.



2 pav. Užduoties neįvykdymo tikimybių pagal pradines sąlygas grafikas

Užduoties neįvykdymo tikimybių priklausomybė nuo kanalų skaičiaus, esant skirtingiems vieno kanalo gedimų intensyvumams (Λ_1), pateikta 3 pav. Nustatyta, kad užduoties neįvykdymo tikimybė beveik nepriklauso nuo kanalų skaičiaus, kai gedimų intensyvumas labai mažas. Didėjant gedimų intensyvumui ($\Lambda_1=0,3$), neįvykdymo

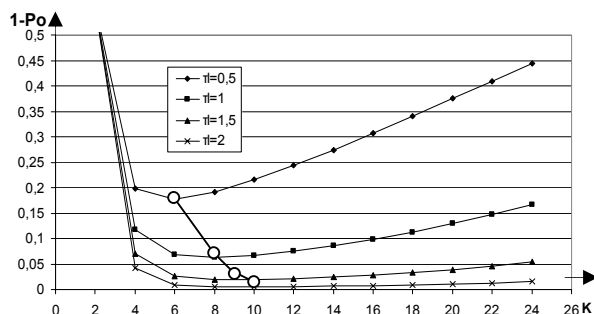
tikimybės, esant mažam kanalų skaičiui ir labai dideliame kanalų skaičiui, artėja prie vieneto. Esant mažam rezervinių kanalų skaičiui, užduotis vykdo ilgai ir neįvykdymo tikimybė yra palyginti didelė.



3 pav. Užduoties neįvykdymo tikimybės kitimas kintant Λ_1

Esant dideliame kanalų skaičiui ir sąlygai, kad visi kanalai turi būti nesugedę, yra didelė tikimybė, kad bent vienas kanalas suges ir užduotis nebus įvykdyta. Todėl gali būti surasta tokia kanalų skaičiaus vertė, kada neįvykdymo tikimybė yra mažiausia.

Užduoties neįvykdymo tikimybių priklausomybės nuo kanalų skaičiaus, esant skirtingoms užduoties vykdymo trukmėms (τ_i) pateiktos 4 pav. Kai užduoties įvykdymo trukmė gana didelė, užduoties neįvykdymo tikimybė yra labai maža ir mažai priklauso nuo kanalų skaičiaus.



4 pav. Užduoties neįvykdymo tikimybės kitimas kintant τ_i

Trumpėjant užduoties įvykdymo trukmei, kanalų skaičius turi lemiamą reikšmę. Esant bet kokiam kanalų skaičiui užduoties neįvykdymo tikimybė yra gana didelė ir didėja didėjant kanalų skaičiui. Ši didėjimą lemia tikimybė, kad bent vienas kanalas bus sugedęs. Todėl gali būti surasta tokia kanalų skaičiaus vertė, kada neįvykdymo tikimybė įgauna lokalaus minimumo vertę.

Išvados

Didinant kanalų skaičių, trumpėja užduoties įvykdymo trukmė, tačiau didėja tikimybė, kad suges bent vienas kanalas. Kanalų skaičius K turi esminę įtaką užduoties įvykdymo tikimybei tik tada, kai jis yra arba palyginti mažas, arba palyginti didelis. Kai užduoties įvykdymo trukmė yra ilga, kanalų skaičius esminės įtakos užduoties įvykdymo tikimybei neturi.

Literatūra

1. **Balaišis P., Eidukas D.** Elektroninių įtaisų eksploatacija. – Kaunas: Technologija, 2000.-264 p.
2. **Gedmantas R., Šinickas D.** Telekomunikacijų paslaugų tinklo efektyvumo vertinimas. // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2004. – Nr.6(55). – P.39-42.
3. **Plėštys R., Šiurkus A.** Homogeninių fotoninių tinklų patikimumo įvertinimas. // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2003. – Nr.6(48). – P.71-75.
4. **Cidon I., Rom R., Shavitt Y.** Multi-Path Routing combined with Resource Reservation// INFOCOM, 1998.

Pateikta spaudai 2005 03 10

R. Plėštys, D. Šinickas. Virtualių jungimų SDH tinkluose patikimumo įvertinimas // Elektronika ir elektrotechnika.-Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 5(61). – P. 70–73.

Nagrinėjama virtualių jungimų sistema, skirta perduoti nustatytą informacijos kiekį per ribotą laiką. Išnagrinėtas informacijos perdavimo įvykdymas panaudojant lygiagrečius virtualius jungimus. Pasirinktas bendriausias sistemos tinkamumo eksploatuoti rodiklis – užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybė. Metodika pritaikoma tinkle, kuriame duomenų perdavimui naudojami virtualūs konteineriai. Remiantis gautomis priklausomybėmis, paskaičiuota užduoties neįvykdymo tikimybė kintant lygiagrečių virtualių jungimų skaičiui. Gautos užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybių priklausomybės nuo virtualių jungimų skaičiaus esant skirtingiems užduoties vykdymo laikams arba esant skirtingiems vieno virtualaus jungimo gedimų intensyvumams. Parodyta, kaip virtualių jungimų skaičius ir kiti parametrai lemia užduoties įvykdymą. Il. 4, bibl. 4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

R. Plėštys, D. Šinickas. Efficiency Evaluation of Virtual Concatenation in SDH Network // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 5(61). – P. 70–73.

In this paper we propose the system of virtual concatenation, which designed to transfer fixed amount of data in given time. Date transfer is researched by using many parallel virtual concatenated channels. Probability of task completion in given time is taken for system ready to explore main parameter. This methodology is useful in the network, which use virtual concatenated channel. From derived dependence, we compute fall down task probability, when number of virtual concatenated channel is different. We get virtual concatenated channel probability dependence on task completion in given time, when task completion time or one virtual channel fault rate is changing. We show how number of virtual concatenated channel and other parameters determine task completion. Ill. 4, bibl. 4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

Р. Плештис. Д. Шиницкас. Оценка эффективности фактически конкатенации в сети SDH // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. - № 5(61). – С. 70–73.

Предлагается система виртуальной конкатенации, которая предназначено для передачи фиксированный объем данных за определенное время. Передача данных исследована путем использование много параллельных виртуальных каналов. Выбран общий параметр готовности системы для эксплуатации – вероятность успешного завершения задачи за определенное время. Эта методология полезна в сетях, в которых используются каналы виртуальной конкатенации. Получена зависимость вероятности невыполнения задачи от заданного времени завершения и числа параллельно работающих каналов. Показано как число виртуальных каналов, и другие параметры обуславливают завершение задачи. Ил. 4, библи. 4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).