

Paketingo perdavimo įtaisų efektyvumas

P. Balaišis, N. Bagdanavičius, A. Besakirskas

*Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas
Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva*

R. Plėštys

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

Uždavinio formulavimas

Informacijos paketingo perdavimo įtaisais (IPPI) galima vadinti elektroninį įtaisą, kuris vykdo konkretų informacijos perdavimo paketais algoritmą. Perduodant informaciją turi dalyvauti mažiausiai du tokie įtaisai, kurie yra sujungiami panaudojant tinklo įtaisus ir atlieka ryšio seanso užmezgimo bei signalo perdavimo tam tikru laikotarpiu funkcijas. Visi šie įtaisai sudaro IPPI tinklą (IPPIT).

Atskiro IPPI efektyvumas – tai jo sutikimo su informacijos perdavimo poreikiais laipsnis. Skiriamas bendrasis, techninis (arba funkcinis), ekonominis ir kt. efektyvumas [1].

Techninį IPPI efektyvumą apibūdina techninių savybių sutikimo su poreikiais laipsnis. Dažniausiai tai funkcinio sutikimo bei patikimumo sutikimo su poreikiais laipsnis. Todėl jį galima apibūdinti užduoties įvykdymo laiko intervale (t, t_0) tikimybe [2]:

$$P_{UI}(t, t_0) = P_{UL}(t) \cdot P_{SL}(t) \cdot P_U(t) \cdot P_E(t, t_0) \cdot P_I(t, t_0); \quad (1)$$

čia $P_{UL}(t)$ – tam tikro lygio užduoties poreikio tikimybė laiko momentu t ; $P_{SL}(t)$ – IPPI struktūros sutikimo su užduotimi laiko momentu t tikimybė; $P_U(t)$ – ryšio užmezgimo laiko momentu t tikimybė; $P_E(t, t_0)$ – ryšio, pradedant laiko momentu t , užtikrinimo t_0 laikotarpiu tikimybė; $P_I(t, t_0)$ – tinkamo paslaugos suteikimo per laikotarpį t_0 tikimybė.

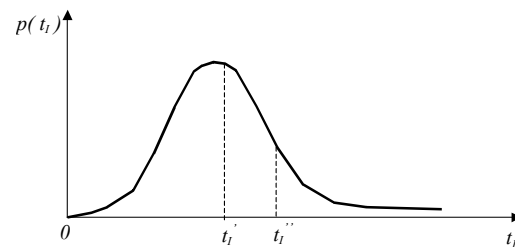
$P_U(t)$, $P_E(t, t_0)$ bei $P_I(t, t_0)$ tikimybių apskaičiavimo būdai pateikti [2]. Jos apibūdina IPPI patikimumą. Lieka neaiškus IPPI funkcinio galimybių vertinimo būdas. Jas turėtų apibūdinti $P_{SL}(t)$ tikimybė. Tačiau užduoties atsiradimo momentas, jos lygis bei IPPI pasirengimas vykdyti šią užduotį yra atsitiktiniai dydžiai. Panagrinėkime tam tikro lygio užduoties įvykdymo tikimybę

$$P_L(t, t_0) = P_{UL}(t, t_0) \cdot P_{SL}(t, t_0), \quad (2)$$

atsižvelgdami į užduočių ypatumus (trukmę, pobūdį, vykdymo etapus ir kt.). Tarkime, kad vienas iš užduočių skirstymo į lygius požymių yra jų vykdymo trukmės.

Užduočių lygių apibūdinimas

Jei užduočių lygis nusakomas viena kryptimi perduodamos informacijos trukme t_I , tai jų trukmių visumą galima apibūdinti trukmių skirstinio tankio funkcija (1 pav.).



1 pav. Užduočių trukmių skirstinio funkcija

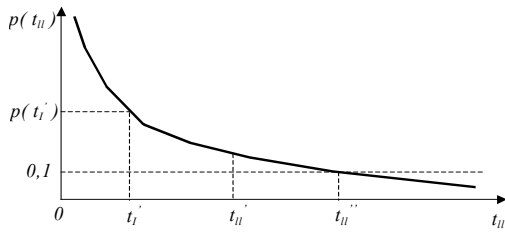
Todėl t_I' ar mažesnės trukmės (lygio) užduočių tikimybė

$$P^*(t_I') = \int_0^{t_I'} p(t_I) \cdot dt_I, \quad (3)$$

o nuo t_I' iki t_I'' lygio užduoties tikimybė

$$P^*(t_I' \div t_I'') = \int_{t_I'}^{t_I''} p(t_I) \cdot dt_I. \quad (4)$$

Tikimybė, kad IPPI bus pasirengęs norima kryptimi vykdyti užduotį, – tai tikimybė, kad tinklo parametrai bus tinkami užduočiai vykdyti tokios ar didesnės trukmės laiko intervale (lange). Laiko intervalas – atsitiktinis dydis ir šio dydžio skirstinio tankio funkcija $p(t_{II})$ turi nurodytą kitimo pobūdį (2 pav.).



2 pav. Laiko intervalų tikimybių skirstinio funkcija

Tikimybė, kad IPPIT tinkle bus t_{II}' ar didesnės trukmės laisvo laiko intervalas,

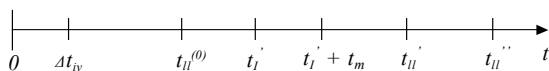
$$P^*(t_{II}') = \int_{t_{II}'}^{\infty} p(t_{II}) \cdot dt_{II}. \quad (5)$$

Apriboję (įvertindami paklaidas) $P(t_{II})$ funkciją minimalia verte 0,1, gauname ribinį t_{II}'' trukmės langą. Jei visa informacija perduodama vienu paketu, tai laiko langas turi būti ne mažesnis nei t_I' , o jei atskirais paketais, tai laiko langų suma per nustatytą laikotarpį turi būti ne mažesnė nei $t_I^{(m)} = t_I' + t_m$. Čia t_m - laiko nuostoliai perduodant informaciją dalimis. Tada $P(t_{II})$ būtų laiko langų trukmių per nustatytą laikotarpį sumos tikimybė.

Būtina pasakyti, kad perduodant tam tikrą informacijos kiekį paketais, prie informacijos baitų pridamas tam tikras skaičius papildomų (tarnybinių) baitų. Dažniausiai tarnybinių baitų skaičius nepriklauso nuo paketų dydžio. Jei informacija perduodama mažomis dalimis, padidėja santykinis papildomos informacijos kiekis. Naudingos informacijos santykinis dydis gali sudaryti nuo kelių procentų (kai informacinių baitų skaičius artėja prie vieneto) iki 99 procentų (kai informacinių baitų skaičius artėja prie didžiausios leistinos ribos).

Sėkmingo informacijos perdavimo tikimybės apskaičiavimas

Bet kuriuo atveju (kai būtinas vienas reikiamo dydžio laiko langas arba kai susidaro būtina suminė šių langų trukmė) priimtinos ir vertinamos tik trukmės nuo t_I' iki t_{II}'' arba nuo $t_I^{(m)}$ iki t_{II}'' , nes tikimybė, kad per $t_{II}^{(0)} < t_I'$ arba $t_{II}^{(0)} < t_I^{(m)}$ laikotarpį perduosime visą siunčiamą informaciją, yra lygi nuliui (3 pav.).



3 pav. Laiko intervalų išsidėstymas

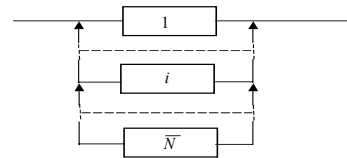
Jei vieno informacijos paketo perdavimo trukmė yra t_I' , tai per laikotarpį $t_{II} = t_I'$ galėsime bandyti perduoti informaciją tik vieną kartą. Tarkime, kad šiuo atveju

sėkmingo perdavimo tikimybė yra $P_p(t_I')$, o paketinio perdavimo atveju (vidutinė paketo perdavimo trukmė - Δt_{IV}) ši tikimybė nepriklauso nuo t_I' trukmę sudarančių langų skaičiaus ($t_I' \gg t_m$). Todėl tikimybė, kad IPPIT bus pasirengęs $x \rightarrow y$ kryptimi vykdyti tokią užduotį, bus lygi $P_p(t_I')$.

Kai vieno paketo perdavimo trukmė t_I' , o lango trukmė t_{II}'' ilgesnė už paketo trukmę, tada šių laikų santykio sveikoji dalis

$$\bar{N} = \left\lfloor \frac{t_{II}''}{t_I'} \right\rfloor. \quad (6)$$

Jei po kiekvieno bandymo perduoti informacijos paketą, jį priėmus, galima patikrinti perdavimo kokybę ir nesėkmingai perdavus, galima pakartoti perdavimą, tai šis variantas atitiktų \bar{N} - kartinį IPPIT rezervavimą $x \rightarrow y$ kryptimi su idealiai patikimais perjungikliais (4 pav.).



4 pav. Rezervavimo schema

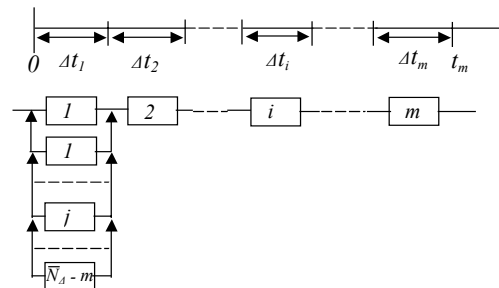
Todėl sėkmingo informacijos perdavimo, o kartu ir tokio tinklo pasirengimo vykdyti šią užduotį tikimybė apskaičiuojama naudojant Puasono skirstinį

$$P_{p\bar{N}}(t_I', t_{II}'') = \sum_{i=0}^{\bar{N}-1} \frac{[-\ln P_p(t_I')]^i}{i!} P_p(t_I'). \quad (7)$$

Tas pats paketas gali būti fragmentuotas (fragmentų skaičius - m) [3], kur kiekvieną fragmentą atitinkančio paketo perdavimo trukmė - Δt_i , o vidutinė - Δt_{IV} . Todėl

$$\bar{N}_{\Delta} = \left\lfloor \frac{t_{II}''}{\Delta t_{IV}} \right\rfloor. \quad (8)$$

Tai reiškia, kad galėsime kartoti $\bar{N}_{\Delta} - m$ kartų Δt_{IV} trukmės paketų perdavimus (bet kartosime tik tuos paketus, kurie yra perduoti klaidingai). Tai galima pavaizduoti rezervavimo schema, pateikta 5 pav.



5 pav. Informacijos perdavimo rezervavimo schema

Tai atitinka vadinamąjį slystančiojo rezervavimo schemą

$$m = \left\lfloor \frac{t_I'}{\Delta t_{iv}} \right\rfloor, \quad (9)$$

jei santykis yra tik sveikasis skaičius, ir

$$m = \left\lfloor \frac{t_I'}{\Delta t_{iv}} \right\rfloor + 1, \quad (10)$$

jei santykis turi trupmeninę dalį. Ignoruojant laiko nuostolius pakartotiniam informacijos perdavimui organizuoti (perdavimui parengti), tokią schemą galima būtų naudoti vertinant IPPIT pasirengimą vykdyti užduotį $x \rightarrow y$ kryptimi. Tada rezervavimo kartotinumą

$$\mu = \frac{\bar{N}_\Delta - m}{m} = \frac{\bar{N}_\Delta}{m} - 1. \quad (11)$$

Skaičiuojant tokios schemos techninio įtaiso negendamumo tikimybę, daromos šios prielaidos:

- skirtingų komponentų gedimai nepriklauso vienas nuo kito;
- komponentų darbo trukmės iki gedimų yra pasiskirsčiusios pagal eksponentinį dėsnį;
- komponentas po gedimo netaisomas;
- perjungimo įtaisai yra visiškai patikimi;
- pagrindiniai ir rezerviniai komponentai yra vienodo patikimumo.

Skaičiuojant IPPIT pasirengimo vykdyti tokią užduotį tikimybę, kai laiko langas tinkle yra t_{II}'' trukmės, galima naudoti [4] pateiktas formules. Sėkmingo informacijos perdavimo tikimybė

$$P_p(t_I', t_{II}'') = \sum_{i=m}^{\bar{N}_\Delta} P_i(t_{II}''); \quad (12)$$

čia $P_i(t_{II}'')$ - tikimybė, kad iki laiko momento t_{II}'' iš \bar{N}_Δ bandymų bus sėkmingai atlikti arba liks nepanaudoti i intervalų. Kai

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_i = \dots = \Delta t_m; \quad (13)$$

$$P_p(\Delta t_1) = \dots = P_p(\Delta t_i) = \dots = P_p(\Delta t_{\bar{N}_\Delta}), \quad (14)$$

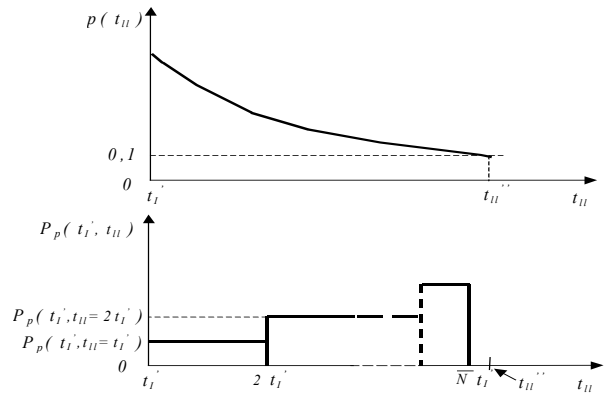
t.y. kai Δt_i trukmės paketo sėkmingo perdavimo tikimybės $\{P_p(\Delta t_i)\}$ yra lygios, tada

$$P_p(t_I', t_{II}'') = \sum_{i=m}^{\bar{N}_\Delta} C_{\bar{N}_\Delta}^i [P_p(\Delta t_{iv})]^i [1 - P_p(\Delta t_{iv})]^{\bar{N}_\Delta - i}. \quad (15)$$

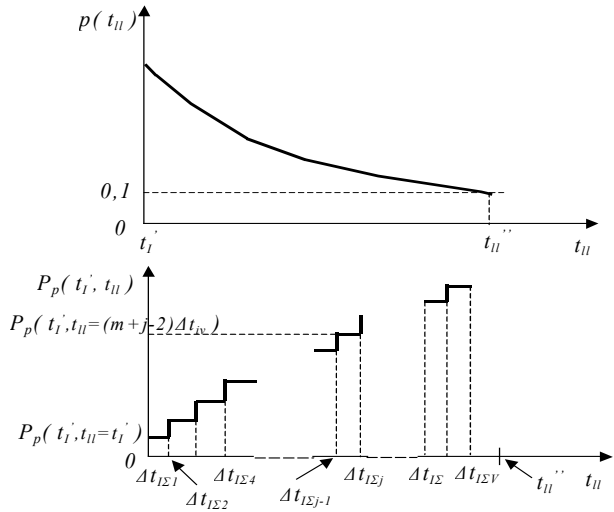
Įvertindami tai, kad t_{II}'' - atsitiktinis dydis, gauname du grafikų derinius (6 pav. ir 7 pav.). Čia

$$\Delta t_{I\Sigma 1} = \sum_{i=1}^m \Delta t_i = m \Delta t_{iv}; \quad (16)$$

$$\Delta t_{I\Sigma 2} = (m+1) \cdot \Delta t_{iv}; \quad (17)$$



6 pav. $p(t_{II})$ ir $P_p(t_I', t_{II})$ grafikai, kai informacija perduodama neskaidomu paketų srautu



7 pav. $p(t_{II})$ ir $P_p(t_I', t_{II})$ grafikai, kai informacija perduodama dalimis

$$\Delta t_{I\Sigma j} = (m+j-1) \cdot \Delta t_{iv}; \quad (18)$$

$$\Delta t_{I\Sigma v} = (m+v) \cdot \Delta t_{iv} = \bar{N}_\Delta \Delta t_{iv}; \quad (19)$$

$$v = \bar{N}_\Delta - m + 1; \quad (20)$$

$$P_p(t_I', t_{II} < t_I') = 0; \quad (21)$$

$$P_p(t_I', t_{II} = t_I') = P_p(t_I'); \quad (22)$$

$$\begin{aligned} P_p(t_I', t_{II} = 2t_I') &= \sum_{i=0}^1 \frac{[-\ln P_p(t_I')]^i}{i!} P_p(t_I') = \\ &= P_p(t_I') [1 - \ln P_p(t_I')]; \end{aligned} \quad (23)$$

$$P_p(t_I', t_{II} = \bar{N} t_I') = \sum_{i=0}^{\bar{N}-1} \frac{[-\ln P_p(t_I')]^i}{i!} P_p(t_I'); \quad (24)$$

$$P_p(t_I', t_{II} = m \Delta t_{iv}) = P_p(t_I', t_{II} = t_I'); \quad (25)$$

$$P_p(t'_I, t_{II} = (m+j-2)\Delta t_{iv}) = \sum_{i=m}^{m+j-2} C_{m+j-2}^i [P_p(\Delta t_{iv})]^i [1 - P_p(\Delta t_{iv})]^{m+j-2-i}; \quad (26)$$

$$P_p(t'_I, t_{II} = \bar{N}_\Delta \cdot \Delta t_{iv}) = P_p(t'_I, t_{II} = (m+v-1)\Delta t_{iv}) = \sum_{i=m}^{m+v-1} C_{m+v-1}^i [P_p(\Delta t_{iv})]^i [1 - P_p(\Delta t_{iv})]^{m+v-1-i}. \quad (27)$$

Tada IPPIT pasirengimo vykdyti t'_I trukmės lygio užduotį tikimybė (kai visa informacija perduodama iš karto)

$$P_\Sigma(t'_I, P(t_{II})) = \sum_{i=1}^{\bar{N}} P_p(t'_I, t_{II} = (i-1)t'_I) \int_{(i-1)t'_I}^{it'_I} p(t_{II}) dt_{II}. \quad (28)$$

Ta pati tikimybė, kai informacija perduodama Δt_{iv} trukmės paketais,

$$P_\Sigma(t'_I, P(t_{II})) = \sum_{i=m}^{\bar{N}-1} P_p(t'_I, t_{II} = i \cdot \Delta t_{iv}) \int_{i\Delta t_{iv}}^{(i+1)\Delta t_{iv}} p(t_{II}) dt_{II}. \quad (29)$$

Įvertinant užduočių trukmių (lygių) pasiskirstymo funkcijos tankį (1 pav.), tikimybė, kad IPPIT bus pasirengęs vykdyti bet kurią iš jų, apskaičiuojama pagal vieną iš šių išraiškų:

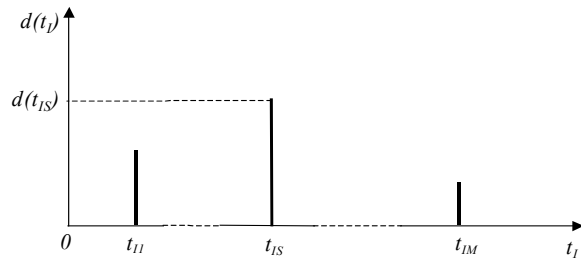
$$P_L = P_{UL} \cdot P_{SL} = \int_0^\infty P(t_I) \cdot \sum_{i=1}^{\bar{N}} P_p(t_I, t_{II} = (i-1)t_I) \cdot \int_{(i-1)t_I}^{it_I} p(t_{II}) dt_{II} \cdot dt_I, \quad (30)$$

kai visa informacija perduodama iš karto, arba

$$P_L = P_{UL} \cdot P_{SL} = \int_0^\infty P(t_I) \cdot \sum_{i=m}^{\bar{N}-1} P_p(t_I, t_{II} = i \cdot \Delta t_{iv}) \cdot \int_{i\Delta t_{iv}}^{(i+1)\Delta t_{iv}} p(t_{II}) dt_{II} \cdot dt_I, \quad (31)$$

kai ši informacija perduodama paketais.

Jei užduotys yra griežtai reglamentuotų M lygių (8 pav.), o kiekviena S -ojo lygio užduotis sudaro $d(t_{IS})$ dalį bendro jų skaičiaus, tai P_L randama paprasčiau.



8 pav. Skirtingų trukmių užduočių dalys nuo bendro jų skaičiaus

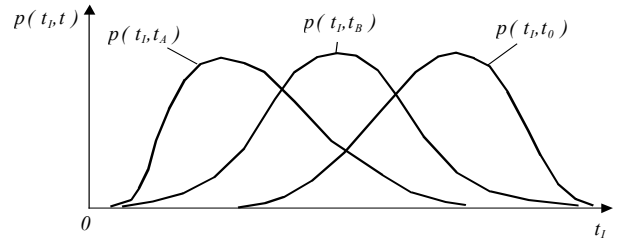
Tada

$$P_L = \sum_{S=1}^M dt_{IS} \sum_{i=1}^{\bar{N}} P_p(t_{IS}, t_{II} = (i-1)t_{IS}) \int_{(i-1)t_{IS}}^{it_{IS}} p(t_{II}) dt_{II}, \quad (32)$$

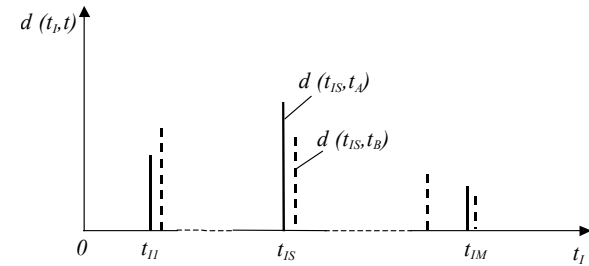
arba

$$P_L = \sum_{S=1}^M dt_{IS} \sum_{i=m}^{\bar{N}-1} P_p(t_{IS}, t_{II} = i \cdot \Delta t_{iv}) \int_{i\Delta t_{iv}}^{(i+1)\Delta t_{iv}} p(t_{II}) dt_{II}. \quad (33)$$

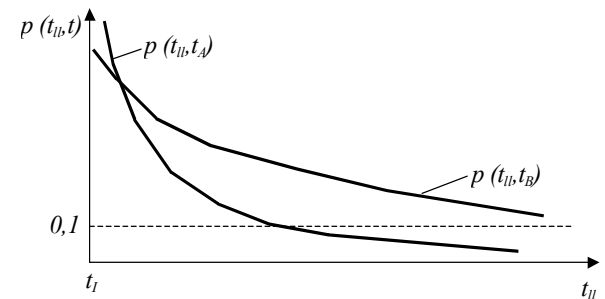
Jei užduočių lygiai ir IPPIT galimybės vykdyti jas laikui bėgant diskretiškai pasikeičia (9 pav. – 11 pav.) (pvz., $P_{UL}(t_A)$, $P_{UL}(t_B)$, ..., arba $P_{SL}(t_A)$, $P_{SL}(t_B)$, ...), tai P_L skaičiavimus tenka atlikti kiekvienam laiko intervalui atskirai (pvz., pirmosioms darbo dienos valandoms, paskutinėms valandoms ir kt.).



9 pav. Užduočių trukmių dinamika

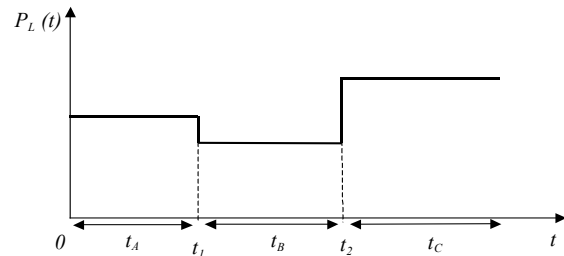


10 pav. Santykinio užduočių kiekio dinamika



11 pav. Laiko intervalų pasiskirstymo funkcijos tankio kitimas

Todėl keičiasi ir $P_L(t)$ tikimybės lygiai (12 pav.).



12 pav. $P_L(t)$ tikimybės lygiai

Be to, $P_{SL}(t)$ tikimybė gali keistis tolstant nuo IPPIT eksploatacijos pradžios, profilaktikos pabaigos ir kt.

Akivaizdu, kad užduotys gali skirtis ne tik jų vykdymo trukme, bet ir jų prioritetais, joms vykdyti būtinų priemonių įvairove ar šių priemonių būsenų įvairove. Tai jau kiti modeliavimo uždaviniai.

Išvados

Sprendžiant IPPĮ efektyvumo didinimo problemas, būtina sudaryti matematinę jo išraišką. Vietoj šios išraiškos kai kada galima naudoti užduoties įvykdymo tikimybės išraišką, kuri įvertina funkcines IPPĮ galimybes.

Tikimybę, kad IPPĮ bus pasirengęs įvykdyti bet kurią informacijos perdavimo užduotį, galima apibūdinti užduočių lygių tikimybių ir tikimybių, kad šis įtaisas bus pasirengęs jas vykdyti, sandauga.

Užduočių lygius gali lemti jų vykdymo trukmės, joms vykdyti būtinos priemonės, būtinos šių priemonių būsenos ir kt.

Suskirsčius užduotis į lygius, atsižvelgiant į jų vykdymo trukmes ir naudojant rezervavimo schemas, galima sudaryti formules IPPĮ sėkmingo informacijos

perdavimo tikimybėms apskaičiuoti. Šios tikimybės iš dalies apibūdina funkcines IPPĮ galimybes – funkcinių efektyvumą.

Naudojant čia pateiktą skaičiavimo būdą, galima sudaryti IPPĮ efektyvumo vertinimo formules, kai užduočių lygius lemia ir kiti veiksniai.

Literatūra

1. **Balaišis P., Eidukas D., Navikas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Trečioji knyga. Optimumų paieška. – Kaunas: Technologija, 2001. – 190 p.
2. **Balaišis P., Gudonavičius R., Vindžigelskis D.** Vietinio telekomunikacijų tinklo marketingo tyrimas // Elektronika '99. – Kaunas: Technologija, 1999. – P. 3 - 8.
3. Frame Relay Fragmentation Agreement, FRF.12; Frame Relay Forum, 15.12.1997. – 18 p.
4. **Козлов Б., Ушаков И.** Справочник по расчету надежности. – Москва: Советское радио, 1995. – 472 с.

Pateikta spaudai 2003 04 02

P. Balaišis, N. Bagdanavičius, A. Besakirskas, R. Plėštys. Paketinio perdavimo įtaisų efektyvumas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 4(46). - P. 43-47.

Apibrėžta elektroninių informacijos perdavimo įtaisų efektyvumo samprata. Skiriamas bendrasis, techninis, funkcinis ir kt. efektyvumas. Parodyta, kad techninį efektyvumą dažnai galima apibūdinti užduoties įvykdymo tikimybe. Pateikta šios tikimybės išraiška. Suformuluotos užduoties lygio ir elektroninio įtaiso pasirengimo vykdyti šią užduotį sampratos. Nagrinėjami variantai, kai užduoties lygis ir pasirengimas vykdyti to lygio užduotį yra atsitiktiniai. Pateikti matematiniai pasirengimo vykdyti atsitiktinio lygio užduotį tikimybės modeliai. Šie modeliai tinka tais atvejais, kai visa informacija perduodama vienu kartu ir kai ji perdavinėjama dalimis. Pasiūlytas matematinis modelis sudaro galimybes įvertinti užduočiai vykdyti skirto laiko pertekliaus įtaką jos įvykdymo tikimybei. Naudojant pasiūlytą metodą, galima ne tik apskaičiuoti vienos konkrečios užduoties įvykdymo galimybes, bet ir gauti apibendrintą tinklo galimybių įvertinimą, visų galimų užduočių atžvilgiu. Il. 12, bibl. 4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, rusų ir anglų kalbomis).

P. Balaišis, N. Bagdanavičius, A. Besakirskas, R. Plėštys. Efficiency of Package Transmission Devices // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2003. – No. 4(46). - P. 43-47.

A conception of efficiency of electronic data transmission devices was determined. There were: total, technical, functional and other efficiencies excepted. It was shown, that is possible the technical efficiency often by the chance of task execution characterize. An expression of this chance is represented. There were conceptions of task level and readiness of electronic device to do this task, formulated. There are variants researching, when the task level and readiness to do that level task, stochastic are. There were mathematical models of chance represented, that the device will stochastic level task execute. These models belong in this case, when the whole information stretch transmitting is and when it piecemeal transmitting is. The suggested mathematical model permits to measure an influence of time-limit excess. By using this method, is possible to calculate not only chances of one concrete task execution, but also is possible summarized evaluation of network chances in point of all possible tasks get. Ill. 12, bibl. 4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, Russian and English).

П. Балайшис, Н. Багданавичюс, А. Бесакирскас, Р. Плештис. Эффективность устройств пакетной передачи // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2003. - № 4(46). - С. 43-47.

Приведено понятие эффективности электронных устройств передачи информации. Выделены: общая, техническая, функциональная и др. эффективность. Показано, что техническую эффективность часто можно охарактеризовать вероятностью выполнения задания. Приведено выражение этой вероятности. Сформулированы понятия уровня задачи и готовности электронного устройства выполнять эту задачу. Исследуются варианты, когда уровень задачи и готовность устройства выполнять ту задачу – случайные. Предложены математические модели вероятности готовности выполнять задачу соответственного уровня. Модели пригодны для тех случаев, когда вся информация передается сразу (одним пакетом) и частями. Предложенные математические модели позволяют оценить влияние избытки времени, отведенного на выполнение задания, на вероятность его выполнения. При помощи предложенной модели можно не только рассчитать возможности выполнения какого либо одного задания, но и получить обобщенную оценку сети по отношению ко всей совокупности заданий. Ил. 12, библиография (на литовском языке; рефераты на литовском, русском и английском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.11241