

## Magistralinių SDH tinklų resursų įvertinimas ir optimizavimas

R. Plėštys, D. Šinickas

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

### Įvadas

Telekomunikacijų tinklų resursai naudojami įvairioms paslaugoms teikti. Juos objektyviai įvertinus ir efektyviai panaudojant galima sumažinti teikiamų paslaugų savikainą ir jas atpiginti.

Informacija perduodama naudojant daugiakanales ryšio sistemas. Tokių sistemų naudojimo galimybės priklauso nuo perdavimo aplinkos savybių ir sutankinimo principų. Nepriklausomai nuo savybių ir principų šiuolaikinių informacijos perdavimo sistemų resursai gali būti įvertinti bendru matu – bitais per sekundę (b/s) [3,4]. Sinchroninės skaitmeninės hierarchijos (SDH) tinkluose resursus kartais patogiau išreikšti virtualių konteinerių tipais ir jų kiekiais.

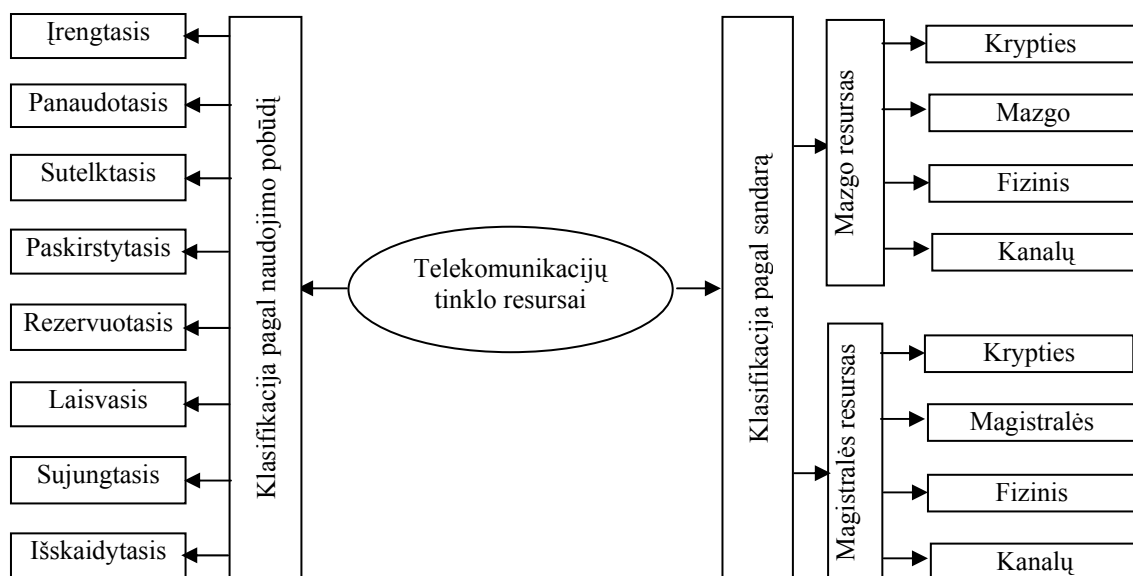
Resursų įvertinimo uždavinys įgauna platesnę prasmę, kada jo rezultatai yra panaudojami tiems resursams optimizuoti. Dažnu atveju pagal įvairius optimalumo kriterijus reikia perskirstyti esamus resursus. Toks uždavinys yra palyginti sudėtingas, nes reikia naudoti iteracinį optimizavimo metodą perrenkant labai didelį galimų variantų kiekį.

Darbe yra suformuluotos pagrindinės telekomunikacijų resursus apibūdinančios sąvokos. Pateikta šių resursų

apskaičiavimo metodika. Metodika įvertina tinklo kiekvieno mazgo sandarą, jo vidinius funkcinis ryšius, informacijos perdavimo įvairiomis kryptimis spartą, taip pat ir viso tinklo sandarą, funkcionavimo patikimumą. Pateikta resursų optimizavimo algoritmo struktūra, įvertinanti dinamišką svorių kitimą priklausomai nuo įrengtų resursų panaudojimo laipsnio.

### Bendroji resursų klasifikacija

*Telekomunikacijų resursas* – telekomunikacijų priemonių savybių visuma, užtikrinanti tam tikrą informacijos perdavimo spartą. Skaitmeniniuose telekomunikacijų tinkluose resursas matuojamas informacijos perdavimo spartos matavimo vienetu – bitais per sekundę (b/s). Telekomunikacijų resursai gali būti išskaidyti pagal atvirųjų sistemų jungimo (OSI) modelį į tris lygmenis: fizinį, kanalų ir tinklo. Fizinio lygmens resurso dydis priklauso nuo signalų perdavimo terpės ir sąsajų su tinklo įranga parametrų. Kanalų lygmens resursus lemia naudojama signalų sutankinimo technologija. Tinklo lygmens resursai apskaičiuojami sumuojant visų mazgų fizinius arba kanalinius resursus.



1 pav. Tinklo resursų klasifikacija

Tačiau tinklo lygmens resursų dydžiai taip pat priklauso nuo fizinio lygmens arba kanalų lygmens resursų faktinio panaudojimo informacijai perduoti tarp vartotojų. Todėl tikslinga naudoti tinklo jungimo fizinio resurso ir tinklo jungimo kanalų resurso sąvokas. *Tinklo jungimo fizinis resursas* – tai iš nuosekliai sujungtų fizinių resursų sudarytas naujas fizinis resursas. *Tinklo jungimo kanalų resursas* – tai iš nuosekliai sujungtų kanalų resursų sudarytas naujas kanalų resursas.

Bendroji tinklo resursų klasifikacija yra pateikta 1 pav. Resursai gali būti klasifikuojami pagal panaudojimo pobūdį arba pagal tinklo sandarą.

Pagal panaudojimo pobūdį gali būti skiriami tokie resursai. *Įrengtasis resursas* – resursas, paruoštas informacijai perduoti. *Panaudotasis resursas* – resursas, panaudotas informacijai perduoti. *Sutelktasis resursas* – resursas, sudarytas iš į tam tikrą regioną iš kitų vietų perkeltų atskirų resursų siekiant padidinti informacijos perdavimo spartą. *Paskirstytasis resursas* – resursas, sudarytas paskirstant turimus resursus pagal nustatytus kriterijus. *Rezervuotasis resursas* – įrengtas mazgo resursas, skirtas resurso atsargai. *Laisvasis resursas* – tai įrengtas mazgo resursas, paruoštas informacijai perduoti, bet dar nepanaudotas. *Sujungtasis resursas* – resursas, sudarytas iš atskirų resursų, siekiant padidinti informacijos perdavimo spartą. *Išskaidytasis resursas* – resursas, sudalytas į mažesnes dalis, kurių kiekviena turi savo paskirtį. *Resurso visiškasis panaudojimas* – toks fizinio, kanalinio ar tinklinio resurso panaudojimas, kai negalima perduoti daugiau informacijos. *Resurso dalinis panaudojimas* – toks fizinio, kanalinio ar tinklinio įrengto resurso panaudojimas, kai palikta galimybė perduoti daugiau informacijos. *Resurso tikslinis panaudojimas* – fizinio, kanalinio ar tinklinio resurso panaudojimas konkrečiam tikslui pasiekti. *Paskirstytasis resurso panaudojimas* – fizinio, kanalinio ar tinklinio resurso panaudojimas kelioms užduotims vienu metu atlikti.

Pagal tinklo sandarą telekomunikacijų tinklo resursus tikslinga išskaidyti į mazgų resursus ir magistralių resursus. Mazgo resursas yra sudarytas iš krypčių resursų. Magistralės resursas – abiejų krypčių fizinių arba kanalinių resursų suma.

### Mazgo resurso sudėtinės dalys

*Mazgo krypties fizinis resursas* – informacijos per fizinę terpę nustatyta kryptimi perdavimo sparta (b/s) (2 pav.). Šį resursą pažymėkime  $B_{KF}$ .

Tinklo mazgas „i”	Kryptis l	$B_{KC}(l)$
	$B_{KF}(l)$	⋮
	⋮	$B_{KC}(N_l)$
	⋮	⋮
	Kryptis j	$B_{KC}(l)$
	$B_{KF}(j)$	⋮
		$B_{KC}(N_j)$

2 pav. Mazgo resursų vaizdavimas

*Kanalo resursas* ( $B_{KC}$ ) – kanalo, sudaromo vienos krypties fiziniame resurse pasirinktos technologijos bazėje, informacijos perdavimo sparta.

*Mazgo krypties kanalų resursas* ( $B_{KK}$ ) – nustatytos krypties visų kanalų, realizuojamų tos krypties fiziniame resurse, informacijos perdavimo spartų suma:

$$B_{KK} = \sum_{i=1}^{N_l} B_{KC}(i); \quad (1)$$

čia  $B_{KC}(i)$  –  $i$ -ojo kanalo resursas;  $N_l$  – kanalų skaičius  $j$ -ojoje kryptyje.

*Įrengtasis mazgo krypties kanalų resursas* ( $B_{KK/I}$ ) – mazgo krypties kanalų resursas, paruoštas informacijai perduoti.

*Panaudotasis mazgo krypties kanalų resursas* ( $B_{KK/P}$ ) – mazgo krypties kanalų resursas, jau panaudotas informacijai perduoti.

*Mazgo fizinis resursas* – mazgo visų krypčių fizinių resursų suma. Šį resursą pažymėkime  $B_{MF}$ :

$$B_{MF} = \sum_{i=1}^T B_{KF}(i). \quad (2)$$

Čia  $B_{KF}(i)$  –  $i$ -osios krypties resursas;  $T$  – krypčių skaičius mazge.

*Mazgo kanalų resursas* – mazgo visų krypčių kanalų resursų suma. Šį resursą pažymėkime  $B_{MK}$ . Jis apskaičiuojamas taip:

$$B_{MK} = \sum_{i=1}^T B_{KK}(i); \quad (3)$$

čia  $B_{KK}(i)$  –  $i$ -osios krypties kanalų resursas.

### Magistralės resurso įvertinimas

Magistralės resursas gali būti įvertintas pagal resursus, esančius tarp dviejų gretimų mazgų. Magistralės resursui gali būti taikomos visos sąvokos, kurios yra išdėstytos bendrojoje resursų klasifikacijoje.

### Tinklo resursų įvertinimas

*Tinklo fizinis resursas* – tinklo visų fizinių krypties resursų  $B_{KF}(i)$  suma arba tinklo visų mazgų fizinių resursų  $B_{MF}(i)$  suma:

$$B_{TF} = \sum_{i=1}^R B_{KF}(i) \text{ arba } B_{TF} = \sum_{i=1}^S B_{MF}(i). \quad (4)$$

Čia  $R$  – fizinių krypčių skaičius tinkle;  $S$  – mazgų skaičius tinkle.

*Tinklo kanalų resursas* – tinklo visų kanalų resursų  $B_{KC}(i)$  suma arba tinklo visų mazgų kanalų resursų suma:

$$B_{TK} = \sum_{i=1}^V B_{KC}(i) \text{ arba } B_{TK} = \sum_{i=1}^S B_{MK}(i); \quad (5)$$

čia  $V$  – kanalų skaičius tinkle.

Tinklo resursams gali būti taikomos visos sąvokos, kurios yra išdėstytos bendrojoje resursų klasifikacijoje.

### SDH tinklo resursų įvertinimo ypatumai

Sinchroninės skaitmeninės hierarchijos tinklas yra sudarytas iš tinklo mazgų ir optinių kabelių linijų. Mazgo krypties fizinis resursas gali būti išskaidytas į kanalinius resursus. Kanalinių resursų pažymėjimo struktūra turi įvertinti viso tinklo struktūrą ir kiekvieno fizinio resurso sandarą:

$$B_{KK} \{Z, W, Y, X, P\}; \quad (6)$$

čia  $Z$  – mazgo krypties identifikatorius;  $W$  – banginio sutankinimo kanalo identifikatorius;  $Y$  – sinchroninio transportinio modulio identifikatorius;  $X$  – virtualaus konteinerio identifikatorius;  $P$  – kanalo požymio identifikatorius.

Tinklo mazguose resursus, išreikštus bitais per sekundę, galima išreikšti virtualiais konteineriais VC-n, kurių kiekvienas atitinka tam tikrą kanalinio resurso vertę. Duomenys apie virtualių konteinerių resursus ir jų tarpusavio ryšius yra pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Duomenys apie virtualių konteinerių resursus

Resursas, Mb/s	VC-n		
	n=12	n=3	n=4
Virtualaus konteinerio dydis	2,240	48,960	150,336
Kanalinis resursas	2,048	34,346	139,264
Virtualių konteinerių skaičius VC-4 konteineriujė	63	3	1

Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų galima padaryti išvadą, kad VC-3 atitinka 21xVC-12, VC-4 atitinka 3xVC-3 arba VC-4 atitinka 63xVC-12.

Tinklo resursai formuojami atsižvelgiant į vartotojų poreikius. Vartotojai nurodo galinius punktus ir perdavimo spartą. Jei tinkle yra  $M$  galinių punktų, tai vartotojų poreikiai gali būti aprašyti trijų tipų matricomis, įvertinančiomis perdavimo spartą:

$$V \equiv [v_{ab}(C_4)], V \equiv [v_{ab}(C_3)], V \equiv [v_{ab}(C_{12})]. \quad (7)$$

Čia  $a, b = 1, \dots, M$ ;  $v_{ab}(C_n)$  – nurodytų  $C_n$  konteinerių skaičius tarp  $a$  ir  $b$  galinių punktų;  $v_{ab}(C_n) \geq 1$ , jei yra poreikis, ir  $v_{ab}(C_n) = 0$ , jei poreikio nėra.

Vartotojų poreikiams tenkinti įrengti kanaliniai resursai gali būti išreikšti matricomis:

$$I \equiv [i_{rq}(C_{12})], I \equiv [i_{rq}(C_3)], I \equiv [i_{rq}(C_4)]. \quad (8)$$

Čia  $i_{rq}(C_n)$  – tarp  $r$  ir  $q$  tinklo mazgų įrengtų  $C_n$  konteinerių skaičius;  $i_{rq}(C_n) \geq 1$ , jei yra įrengtas resursas, ir  $i_{rq}(C_n) = 0$ , jei įrengto resurso nėra;  $n=12, 3$  arba  $4$ .

Tarkim, patenkinus vartotojų poreikius, yra gautos panaudotų resursų matricos:

$$P \equiv [p_{rq}(C_{12})], P \equiv [p_{rq}(C_3)], P \equiv [p_{rq}(C_4)]. \quad (9)$$

Čia  $p_{rq}(C_n)$  – tarp  $r$  ir  $q$  tinklo mazgų panaudotų  $C_n$  konteinerių skaičius;  $p_{rq}(C_n) \geq 1$ , jei įrengto resursai yra panaudoti ir  $p_{rq}(C_n) = 0$ , jei įrengto resursai nepanaudoti.

Sudaromos laisvų resursų matricos:

$$L \equiv [l_{rq}(C_{12})], L \equiv [l_{rq}(C_3)], L \equiv [l_{rq}(C_4)], \\ l_{rq}(C_n) = i_{rq}(C_n) - p_{rq}(C_n). \quad (10)$$

Čia  $l_{rq}(C_n)$  – tarp  $r$  ir  $q$  tinklo mazgų norimų laisvų  $C_n$  konteinerių skaičius;  $l_{rq}(C_n) \geq 1$ , jei yra laisvų resursų poreikis, ir  $l_{rq}(C_n) = 0$ , jei laisvų resursų poreikio nėra.

Optimizavimui reikalingus skaičiavimus patogų atlikti C12 lygyje laisvus resursus perskaičiavus į konteinerius C12 ir sudarius matricą:

$$L \equiv [l_{rq}(C_{12})]. \quad (11)$$

(8) ÷ (11) išraiškose indeksai  $r, q = 1, \dots, S$ .

### Resursų optimizavimo uždavinio formulavimas

Optimizavimo uždavinys yra sprendžiamas laikant, kad pradinio momentu esama tinklo konfigūracija yra aprašoma (8) – (11) matricomis. Tai reiškia, kad pradinio momentu visų vartotojų poreikiai, aprašomi (7) matrica, yra patenkinti.

Optimizavimo uždavinys formuluojamas taip:

- reikia minimizuoti bendrą tarpmazginių virtualių konteinerių skaičių tinkle perskirstant sujungimų maršrutus, t.y. gauti

$$\min \sum_{r,q} p_{rq}(C_n) \cdot g_{rq}, \quad (12)$$

įvertinant briaunoms tenkančius svorius, skaičiuojamus taip:

$$g_{rq} = 100 \cdot \left( \frac{p_{rq}(C_{12})}{i_{rq}(C_{12})} + \delta_{rq} \right). \quad (13)$$

Čia  $\delta_{rq}$  – reikalavimai optimizavimui:

$$\delta_{rq} = \frac{l_{rq}(C_{12})}{i_{rq}(C_{12})}, \quad (14)$$

jei optimizavimo tikslas yra pasiekti kaip galima vienodesnį santykinį kiekvienos briaunos įrengtų resursų panaudojimą, ir

$$\delta_{rq} = i_{rq}(C_{12}) - l_{rq}(C_{12}), \quad (15)$$

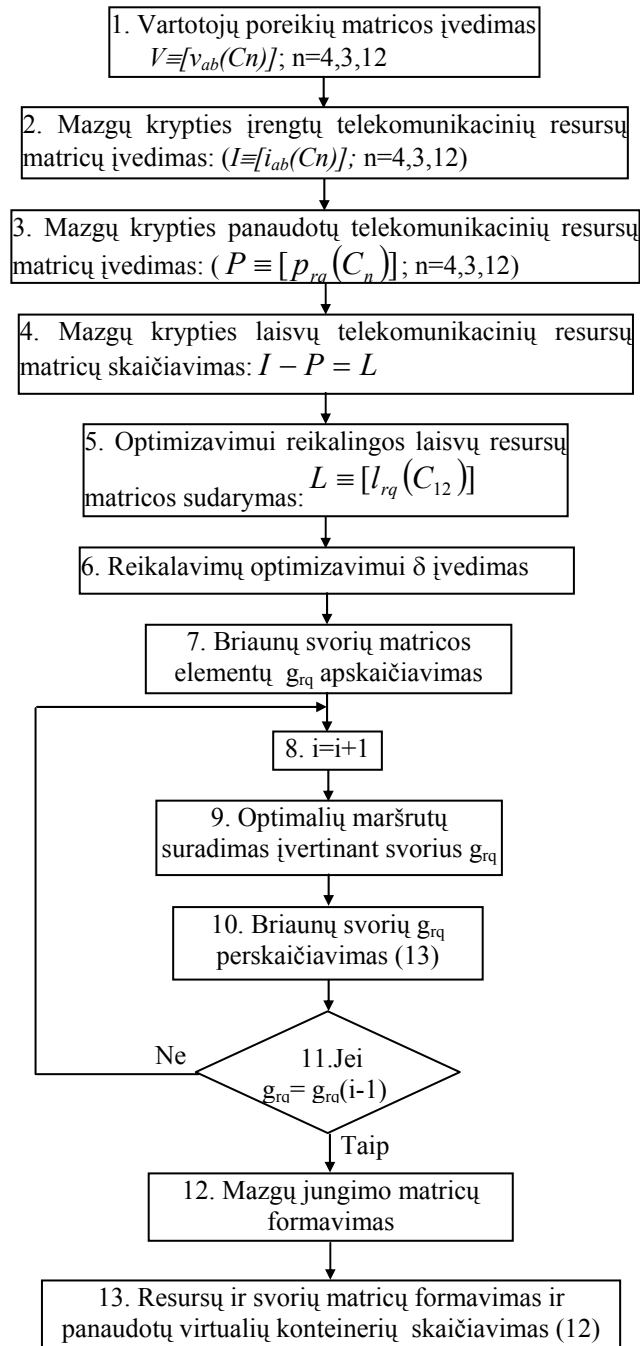
jei optimizavimo tikslas yra užtikrinti kiekvienos briaunos įrengtų resursų rezervą.

Pateiktas optimizavimo uždavinio formulavimas ir periodinis jo išsprendimas leidžia magistralinio tinklo operatoriui turėti norimo dydžio magistralinių resursų

rezervą, kuris leistų per trumpiausią laiką patenkinti vartotojų poreikius.

Optimizavimo uždavinio sprendimo algoritmas yra pateiktas 3 pav. Optimizavimo procesas apima tokius etapus:

- 1-5. Esamos situacijos pateikimas matricų pavidalu (7)-(11).
6. Reikalavimų optimizavimui parinkimas (12), (14).
7. Briaunų svorių matricos sudarymas pagal (13).
8. Naujų maršrutų suradimas naudojant Dijkstra ar kitus trumpiausio kelio suradimo algoritmus [2].
9. Briaunų svorių matricos elemento  $g_{rq}$  perskaičiavimas (13).



3 pav. Resursų optimalaus perskirstymo algoritmo struktūra

10. Tikrinama sąlyga: jei optimizavimo ciklo metu apskaičiuota svorių matrica sutampa su ankstesnio ciklo metu gauta svorių matrica, tai fiksuojami mazgų sujungimai. Jei šios svorių matricos nesutampa, tai kartojamas trumpiausių maršrutų paieškos procesas.

11. Mazgų sujungimo matricų sudarymas.

12. Resursų ir svorių matricų formavimas ir panaudotų virtualių konteinerių skaičiavimas (12).

Pasiūlyta optimizavimo metodika paremta briaunų svorių perskaičiavimu kiekvieno optimizavimo ciklo metu. Todėl ji yra palyginti sudėtinga. Tačiau ji gali būti pritaikyta ne tik optimaliam resursų perskirstymui, bet ir magistralinių tinklų projektavimui. Šiuo atveju visų briaunų svoriai turi būti fiksuoti ir uždavinys supaprastėja.

## Išvados

1. Pateikta telekomunikacijų resursų klasifikacija, įvertinanti tinklo sandarą ir resursų panaudojimo pobūdį. Parodyta, kad resursus tikslinga aprašyti remiantis atvirųjų sistemų jungimo modelio pirmaisiais trimis lygmenimis.

2. Pasiūlyta telekomunikacijų tinklų resursus vertinti vieningu matu – informacijos perdavimo sparta – bitais per sekundę. Parodyta, kad sinchroninės skaitmeninės hierarchijos tinklų kanalinius resursus išreikštus bitais per sekundę tikslinga išreikšti atitinkamo lygmens virtualiais konteineriais.

3. Suformuluotas sinchroninės skaitmeninės hierarchijos resursų optimizavimo uždavinys, paremtas esamų resursų perskirstymu įvertinant įrengtų resursų panaudojimo laipsnį.

4. Aprašyta metodika gali būti pritaikyta ne tik resursams įvertinti ir jiems optimaliai perskirstyti, bet ir magistraliniams tinklams projektuoti.

## Literatūra

1. **ITU-T Rec. G.707.** Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH). Geneve: ITU, 1996.-P.1-129.
2. **Jungnickel D.** Graphs, Networks & Algorithms// ISBN 3-540-63760-5.-Springer Verlag; 1<sup>st</sup> edition, 1999.-P. 79-84.
3. **Plėštys R., Kišonas V., Šinickas D.** Regionų telekomunikacijų resursų įvertinimo metodika//Regionų plėtra-2002: Tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. ISBN 9955-09-275-0.-Kaunas: Technologija, 2002.-P.154-165.
4. **Plėštys R., Šinickas D.** Magistralinių informacijos perdavimo tinklų resursų optimizavimo variantų lyginamoji analizė//Informacinės technologijos 2003: konferencijos pranešimų medžiaga. ISBN 9955-09-336-6.-Kaunas:Technologija, 2003.-P.VII-11-VII-16.
5. **Plėštys R., Šinickas D.** Telekomunikacijų resursų aprašymo metodika//Informacinės technologijos žemės ūkyje: tyrimai ir plėtra-2002: Tarptautinės mokslinės konferencijos medžiaga.-Kaunas: Akademijs, 2002.-P.146,147.

Pateikta spaudai 2003 03 17

**R. Plėštys, D. Šinickas. Magistralinių SDH tinklų resursų įvertinimas ir optimizavimas // Elektronika ir elektrotechnika.-Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 7(49). – P. 65-69.**

Pateikiama magistralinių telekomunikacijų resursų įvertinimo metodika, paremta trimis atvirųjų sistemų jungimo modelio lygmenimis: fiziniu, kanalo ir tinklo, įvertinanti realią tinklo struktūrą ir sandarą. Suformuluotos pagrindinės telekomunikacijų resursus apibūdinančios sąvokos. Pagrindiniu resurso matavimo vienetu pasirinkta informacijos perdavimo sparta. Metodika įvertina tinklo kiekvieno mazgo vidinius funkcinius ryšius, informacijos perdavimo spartą įvairiomis kryptimis, taip pat ir viso tinklo sandarą. Metodika pritaikyta sinchroninės skaitmeninės hierarchijos struktūrai ir joje naudojamiems resursams aprašyti. Šiuo atveju resursai yra išreikšti skirtingos talpos virtualiais konteineriais. Suformuluoti sinchroninės skaitmeninės hierarchijos optimizavimo, perskirstant esamus resursus, kriterijai. Pateiktas resursų optimizavimo algoritmas, įvertinantis vartotojų poreikius, virtualių konteinerių tipus ir galimus optimizavimo kriterijus. Il.3, bibl.5 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.)

**R. Plėštys, D.Šinickas. The Evaluation and Optimization of SDH Network Resources // Electronics and Electrical Engineering.-Kaunas: Technologija, 2003. – No. 7(49). - P. 65-69.**

Proposed the evaluation of the telecommunication backbone resources is based on the first three layers of Open System Interconnection model: physical layer, channel layer and network layer is based on real network structure and state. We define main concept, which characterize telecommunication resources. The main unit of recourse measure is information transfer rate. This methodology evaluate each network node structure his internal function relation, information transfer rate at various direction and whole network structure. Methodology fit for describe synchronous digital hierarchy structure and usable resources. In our case different capacity virtual containers express resources. Formulated synchronous digital hierarchy optimization criterion by repartition existing resources. Proposed resources optimization algorithm, which evaluate customer's needs, types of virtual containers and possible optimization criterions. Ill.3, bibl.5 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**Р. Плештис. Д. Шиницкас. Учет и оптимизация ресурсов магистральных SDH сетей // Электроника и электротехника.-Каунас: Технология, 2003. – № 7(49). – С. 65-69.**

Представлена методика учета и оптимизация канальных и сетевых ресурсов магистральных сетей, основанная на применении первых трех уровней эталонной сетевой модели для открытых систем. Сформулированы основные определения и понятия. В качестве основной мерой ресурса предложено использовать скорость передачи информации. Методика учитывает структуру всей сети и каждого узла, его внутренние функциональные связи, скорости передачи информации в разных направлениях. Эта методика применена для описания структуры и ресурсов синхронной цифровой иерархии. Для этой иерархии систем ресурсы выражены через виртуальные контейнеры разных емкостей. Сформулированы критерии оптимизации путем перераспределения ресурсов. Предложена структура алгоритма оптимизации, учитывающая потребности потребителей, типы виртуальных контейнеров и возможные критерии оптимизации. Ил.3, библи.5 (на литовском языке, рефераты на литовском, английском и русском яз.).