

Optimizarea transferului de informație în rețelele de comunicații cu noduri intermediare.

Ana Nistiriuc

Universitatea Tehnică a Moldovei

nistiriuc.ana@scec.utm.md, a.nistiriuc@gmail.com

Abstract: In the present paper is analyzed the problem of transfer of information in the communication networks that contain intermediate nodes by applying the optimization algorithm of the transport problem with the determination of optimal solutions and summaries of the information transport speed for each optimal solution.

Termeni cheie—Rețele de comunicații, transport al informației, algoritmul de optimizare, nod – sursă, nod – destinație, noduri intermediare, stoc buffer.

I. INTRODUCERE

În rețelele de comunicații frecvent transportul informației de la nodul - sursă la nodul - destinație nu se efectuează în mod direct, însă prin intermediul nodurilor de tranzit (intermediare). Pentru analiza rețelilor de comunicații cu noduri intermediare se utilizează algoritmul de optimizare privind soluționarea problemei de transport al informației [1- 3].

La general problema de transport a informației în rețelele de comunicații poate fi considerată cu m noduri ca surse de informație A_1, A_2, \dots, A_m și n noduri de destinație B_1, B_2, \dots, B_n , care este sistematizată în tabelul 1.

TABELUL 1

Nodurile de destinație / Nodurile sursă	B_1	B_2	B_3	Disponibil
A_1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	a_1
A_2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	a_2
Necesar	b_1	b_2	b_3	

Problema de transport al informației în rețelele de comunicații cu noduri intermediare se bazează pe faptul, că fiecare nod-sursă sau destinație poate servi la rândul său ca un centru sursă de aprovizionare sau ca un centru de consum (cerere). Astfel, definim $m+n$ noduri – surse de aprovizionare $A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_n$ și $m+n$ noduri de destinație $A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_n$.

În acest mod, se extinde problema de transport, având $m+n$ noduri - surse și $m+n$ noduri de destinații. Deoarece, cantitățile disponibile de informație a_i și cantitățile necesare de informație b_j se referă corespunzător la nodurile - surse A_j și la nodurile - destinații B_j , pentru problema extinsă se definește un "stoc buffer" notat prin B , care se determină, ca cantitatea de informație disponibilă fictivă sau cantitatea de informație necesară fictivă, cu ajutorul expresiei:

$$B = \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^m b_j. \quad (1)$$

Totodată, problema de transfer al informației în rețelele de comunicații poate fi reprezentată prin extinderea problemei de transport reflectată în tabelul 2.

TABELUL 2.

Nodurile de destinație / Nodurile sursă	A_1	A_2	B_1	B_2	B_3	Disponibil
A_1	0		c_{11}	c_{12}	c_{13}	a_1+B
A_2		0	c_{21}	c_{22}	c_{23}	a_2+B
B_1			0			B
B_2				0		B
B_3					0	B
Necesar	B	B	b_1+B	b_2+B	b_3+B	

În tabelul 2 vitezele de transport al informației pentru rutele apărute între nodurile - surse și nodurile - destinații sunt fixate conform tehnologiei de transport. Vitezele pentru toate elementele diagonale se consideră nule. Vitezele de transport al informației în rețelele de comunicații de la nodurile -destinație la nodurile - surse pot fi egale cu vitezele de transport a informației de la nodurile-surse la nodurile -destinații din problema originală. Soluția poate fi figurată prin săgeți între nodurile rețelei de comunicații notând pe ele cantitatea de informație transportată.

II. PARTEA DE BAZĂ.

Presupunem, că rețeaua de comunicații a unui operator de telecomunicații este constituită din șase noduri conectate între ele și vitezele de transmisiune a informației de la un nod la altul sunt diferite după cum este reprezentat în graful rețelei de comunicații din fig. 1.

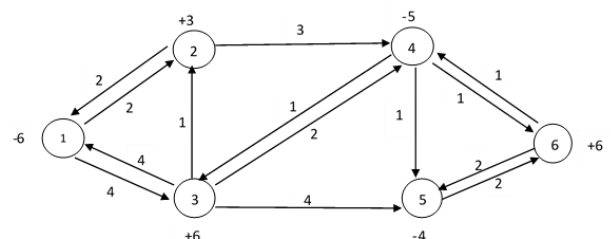


Fig.1. Graful rețelei de comunicații

În graful rețelei de comunicații din fig. 1 pe săgeți sunt notate numărul de fluxuri digitale de informație viteza de transmisiune al cărora este egală cu 2488,32 Mbps, ce corespunde vitezei interfeței Synchronous Transport Signal STS-48 [4], iar în noduri sunt notate cu (+) disponibilitățile și cu (-) cererile de informație.

Astfel, este foarte important de a programa un transport optimal a informației în rețeaua de comunicații analizată cu noduri intermediare.

Inițial se elaborează tabelul 3 pentru problema de transport a informației în rețeaua de comunicații din fig. 1, considerând nodurile-sursă 2, 3 și 6, iar nodurile-destinații 1, 4 și 5.

TABELUL 3.

Nodurile de destinație / Nodurile sursă	1	4	5	Disponibil
2				3
3				6
6				6
Cerere	6	5	4	

Aplicând abordarea de extindere problema de transport a informației în rețeaua de comunicații din fig. 1, poate fi analizată considerând, că rețeaua posedă 6 noduri surse și 6 noduri destinații.

Pentru, că disponibilitățile marcate cu (+) și cererile marcate cu (-) sunt egale $[(3 + 6 + 6) * 2488,32] = [(6 + 5 + 4) * 2488,32]$, Mbps, pentru problema extinsă vom defini un "stoc buffer" notat prin B, care se determină ca o cantitate de informație fictivă disponibilă egală cu cantitatea de informație necesară, adică $B=15*2488,32=37324,8$ Mbps.

În problema extinsă de transport a informației în rețeaua de comunicații din fig. 1, cantitățile disponibile de informație au forma a_i+B , unde a_i este cantitatea disponibilă marcată cu (+). De exemplu, nodul 2 va fi o sursă cu disponibilul $3+B=3+15=18$ de fluxuri digitale de informație cu viteza de 2488,32 Mbps; nodul 1 va avea disponibil $B=15*2488,32$ Mbps. La fel, cantitățile necesare de informație vor fi de forma b_j+B . De exemplu, nodul 1 are necesarul egal cu $6+B=6+15=21$ de fluxuri digitale de informație cu viteza 2488,32 Mbps, iar pentru nodul 2 necesarul este $B=15*2488,32$ Mbps.

În rezultat, conform grafului rețelei de comunicații din fig. 1 obținem tabelul 4.

TABELUL 4.

Nodurile de destinație / Nodurile sursă	1	2	3	4	5	6	Disponibil
1	0 15	2	4				15
2	2 6	0 12		3			18
3	4	1 3	0 15	2 3	4		21
4			1	0 15	1	1	15
5					0 15	2	15
6				1 2	2 4	0 15	21
Necesare	21	15	15	20	19	15	

Se soluționează prezenta problemă extinsă prin intermediul algoritmului de optimizare al problemei de transport. Pentru a testa natura soluției de bază (în tabelul 4) se asociază variabilele duale u_i fiecărui nod sursă i și variabilele duale v_j fiecărui nod destinație j . În rezultat este necesar de a rezolva sistemul $u_i+v_j=c_{ij}$ pentru rutele (i, j) bazice și anume:

$$\begin{aligned} u_1+v_1 &= 0 \\ u_2+v_1 &= 2 \\ u_2+v_2 &= 0 & u_1 &= 0 & v_1 &= 0 \\ u_3+v_2 &= 1 & u_2 &= 2 & v_2 &= -2 \\ u_3+v_3 &= 0 & u_3 &= 3 & v_3 &= -3 \\ u_3+v_4 &= 2 & \Rightarrow u_4 &= 1 & v_4 &= -1 \\ u_4+v_4 &= 0 & u_5 &= 0 & v_5 &= 0 \\ u_5+v_5 &= 0 & u_6 &= 2 & v_6 &= -2 \\ u_6+v_4 &= 1 \\ u_6+v_5 &= 2 \\ u_6+v_6 &= 0 \end{aligned}$$

În continuare vom calcula indicatorii $\Delta_{ij}=u_i+v_j-c_{ij}$. Dacă toți indicatorii $\Delta_{ij} \leq 0$ pentru rutele (i, j) ne bazice, soluția este optimă. Nu se calculează Δ_{ij} pentru rutele ce corespund elementelor de pe diagonală și astfel obținem:

Observăm, că toți indicatorii $\Delta_{ij} \leq 0$, deci soluția este optimă.

$$\begin{aligned} \Delta_{12} &= 0-2-2 < 0, & \Delta_{13} &= 0-3-4 < 0, \\ \Delta_{24} &= 2-1-3 < 0, \\ \Delta_{31} &= 3-0-4 < 0, & \Delta_{35} &= 3+0-4 < 0, \\ \Delta_{43} &= 1-3-1 < 0, & \Delta_{45} &= 1+0-1 < 0, & \Delta_{46} &= 1-2-1 < 0, \\ \Delta_{56} &= 0-2-2 < 0, \end{aligned}$$

După cum s-a precizat, rutele (i, j) nu se iau în considerare, soluția optimă este următoarea:

$$\begin{aligned} 2 \rightarrow 1, & & x_{21} &= 2 * 2488,32 \text{ Mbps}; \\ 3 \rightarrow 2, & & x_{32} &= 1 * 2488,32 \text{ Mbps}; \\ 3 \rightarrow 4, & & x_{34} &= 2 * 2488,32 \text{ Mbps}; \\ 6 \rightarrow 4, & & x_{64} &= 1 * 2488,32 \text{ Mbps}; \\ 6 \rightarrow 5, & & x_{65} &= 2 * 2488,32 \text{ Mbps}; \end{aligned}$$

Astfel valoarea sumară a vitezei de transport a informației este egală:

$$V = 2 * 2488,32 + 1 * 2488,32 + 2 * 2488,32 + 1 * 2488,32 + 2 * 2488,32 = 8 * 2488,32 = 19906,56 \text{ Mbps}.$$

Soluția poate fi figurată prin săgeții între nodurile de transport notînd pe săgeți viteza de transport (fig. 2).

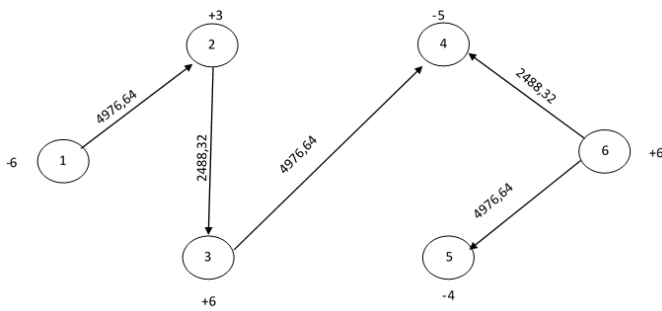


Fig. 2. Graful soluției optime pentru rețeaua de comunicații.

- $2 \rightarrow 1$, $x_{21}=2*2488,32$ Mbps;
- $3 \rightarrow 2$, $x_{32}=1*2488,32$ Mbps;
- $3 \rightarrow 4$, $x_{34}=2*2488,32$ Mbps;
- $4 \rightarrow 5$, $x_{45}=1*2488,32$ Mbps;
- $6 \rightarrow 5$, $x_{64}=1*2488,32$ Mbps;

cu valoarea sumară de transport a informației egală cu următoarea valoare:

$$V=2*2488,32+1*2488,32+2*2488,32+1*2488,32+1*2488,32=7*2488,32=17418,24 \text{ Mbps.}$$

Grafic soluția este redată în figura 4.

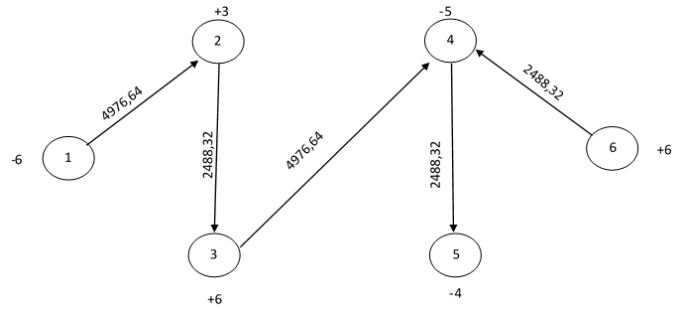


Fig. 4. Graful soluției optime pentru rețeaua de comunicații când indicatorul $\Delta_{45}=0$.

Observăm la fel, că $\Delta_{45}=0$, aceasta înseamnă, că problema are și o altă soluție optimă. Pentru aceasta se efectuează un transfer de-a lungul ciclului reprezentat în fig. 3.

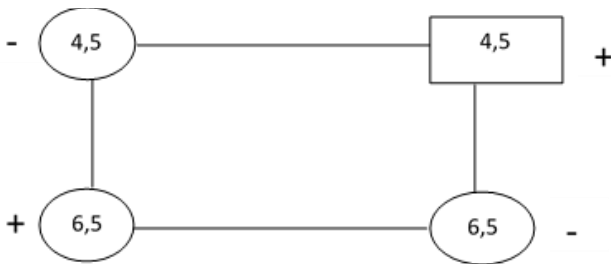


Fig. 3. Ciclul de transfer al informației în rețeaua de comunicații.

Se obține soluția din tabelul 5, unde s-a transferat cantitatea de informație $\theta = \min(\bar{X}_{45}, \bar{X}_{65}) = \min(15,4) = 4$. Aceasta înseamnă, că se adună $\theta = 4$ la cantitățile rutelor marcate, în ciclul, cu (+) și se scade $\theta = 4$ din cantitățile rutelor marcate cu (-).

TABELUL 5.

Nodurile de destinație / Nodurile sursă	1	2	3	4	5	6	Disponibil
1	0 15	2	4				15
2	2 6	0 12		3			18
3	4	1 3	0 15	2 3	4		21
4			1	0 11	1 4	1	15
5					0 15	2	15
6				1 6	2	0 15	21
Necesare	21	15	15	20	19	15	

Prin urmare în cazul dat soluția optimă este următoarea:

III. CONCLUZII

În rezultatul analizei problemei de transfer al informației în rețelele de comunicații cu noduri intermediare prin aplicarea algoritmului de optimizare al problemei de transport pot fi efectuate următoarele concluzii:

- Economic este eficient transportul informației în rețelele de comunicații de la nodul sursă prin unul sau mai multe alte noduri surse și destinații înainte de a atinge nodul de destinație finală;
- S-a demonstrat, că problema de transfer al informației în rețelele de comunicații cu noduri intermediare posedă soluții optime multiple ce asigură o flexibilitate sporită la selectarea rutelor de rezervă cu sporirea totodată a fiabilității rețelei de comunicații.

BIBLIOGRAFIE

[1] <http://voyager8.blogspot.md/2018/01/book-algorithms-notes-for-professionals.html>
 [2] http://lmgfiles.com/iu0a2ppufl8r/Advanced_Analysis_Techniques_ebook3000.pdf.html
 [3] Bhatnagar S. K. Network Analysis Technique. John Wiley & Sons, New York, 2016. -912 pages.
 [4] Щербо В. К. Стандарты вычислительных сетей. Взаимосвязи сетей. Справочник. – Москва: Кудиц – Образ, 2000. – 272 страниц.