

Զ.Է. ՆԱՎՈՑԱՆ, Հ.Գ. ԱԼԱՎԵՐԴՅԱՆ

ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ ՄՐՑԱԿՑՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑ ՈՒՆԵՑՈՂ ԻՆՏԵՐՆԵՏ
ԿԱՊՈՒՂՈՒ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼ

Դիտարկված է չերաշխավորված (մրցակցության գործակիցը < 1) ինտերնետ կապուղու մաթեմատիկական մոդել: Մոդելի շրջանակներում սահմանված է ինտերնետ ծառայության որակը գնահատող չափանիշը: Հաշվարկված է թույլատրելի բաժանորդների առավելագույն թիվը՝ հաշվի առնելով որակի չափանիշի շեմային արժեքը: Դուրս է բերված կապուղու զբաղվածության բաշխման խտությունը: Ներկայացված են ինտերնետ կապուղու մրցակցության գործակիցը, ինչպես նաև շահութաբերությունը՝ որպես ֆունկցիա բաժանորդների քանակից: Ինտերնետ հասանելիության ծառայություններ մատուցող կազմակերպության գործող ցանցի վրա կատարվել է փորձարկում, ստացվել են ինտերնետ կապուղու օգտագործման վիճակագրական տվյալները, որոնց հիման վրա գնահատվել են տվյալ ծառայության թույլատրելի բաժանորդների առավելագույն թիվը և շահութաբերությունը:

Առանցքային բառեր. ինտերնետ ենթակառուցվածք, չերաշխավորված կապուղի, CIR կապուղի, մրցակցության գործակից, մաթեմատիկական մոդել:

1. Նախաբան: Ինտերնետ օգտագործողների թիվը գնալով աճում է՝ մեծացնելով ինտերնետ ռեսուրսների, մասնավորապես ինտերնետ կապուղու նկատմամբ պահանջարկը: Այսօր այս բնագավառի արդիական խնդիրներից է նոր ենթակառուցվածքների ստեղծումը և եղածների ընդլայնումը: Ենթակառուցվածքի ստեղծումը, որպես կանոն, բավականին ծախսատար է [1,2] և, որպես հետևանք, ծառայության ինքնարժեքը բարձր է ստացվում: Այդ իսկ պատճառով ենթակառուցվածքի օպտիմալ օգտագործումը և բաժանորդներին մատչելի ծառայություն մատուցելը արդական խնդիրներ են:

Դիցուք ինտերնետ հասանելիության ծառայություններ մատուցող (ԻՀԾՄ) կազմակերպությունը, որն ունի որոշակի ենթակառուցվածք և ինտերնետ հասանելիության ծառայություն է մատուցում վերջնական օգտվողներին (end users), վերադաս ԻՀԾՄ կազմակերպությունից վերցրել է CIR (committed information rate) տեսակի կապուղի, ինչը ենթադրում է, որ ցանկացած պահին կապուղին կարելի է օգտագործել իր առավելագույն չափով, այսինքն՝ մրցակցության գործակիցը 1 է: Նշենք, որ CIR տեսակի կապուղու ինքնարժեքը սովորաբար բարձր է լինում: Հաճախ տնային օգտվողներին և փոքր կազմակերպություններին անհրաժեշտ չի լինում երաշխավորված թողունակությամբ կապուղի: Հաշվի առնելով վերը նշված փաստերը՝ մտցնենք նոր ծառայություն՝ չերաշխավորված ինտերնետ կապուղի՝ հետևյալ կերպ. վերցրած երաշխավորված ինտերնետ կապուղին բաշխենք մի քանի բաժանորդների միջև այնպես, որ բաշխված չերաշխավորված կապուղիների գումարային չափսը մեծ լինի սկզբնական՝ երաշխավորված կապուղու թողունակությունից: Վերջինս հնարավոր է դառնում, քանի որ

քիչ հավանական է, որ բոլոր օգտվողները միաժամանակ զբաղեցնեն իրենց կապուղին առավելագույն չափով: Այսպիսի բաժանման հետևանքով ոչ երաշխավորված ինտերնետ կապուղու արժեքը փոքր կլինի CIR տեսակի կապուղու արժեքից: Որպես որակի չափանիշ կարելի է սահմանել սկզբնական՝ երաշխավորված ինտերնետ կապուղու թողունակության հարաբերությունը բաշխված կապուղիների գումարային թողունակության վրա, որն էլ հենց այսպես կոչված մրցակցության գործակիցն է: Մեծ ԻՀՕՄ կազմակերպություններում այն կարող է կազմել 1/20...1/50 [3-5]: Այսպիսի պրակտիկան լայնորեն տարածված է ամբողջ աշխարհում: Ավելացնենք, որ բաժանումը կլինի օպտիմալ, եթե ինտերնետ կապուղու նկատմամբ նույնատիպ պահանջներ ունեցող բաժանորդները խմբավորվեն առանձին խմբերի մեջ՝ հետևյալ կերպ. խոշոր օգտվողներ (ԻՀՕՄ-ներ, մեծ հիմնարկներ), միջին կարգի օգտվողներ (ինտերնետ սրճարաններ, միջին չափի հիմնարկներ) և փոքր օգտվողներ (տնային օգտվողներ, 1...10 աշխատողներ ունեցող հիմնարկներ): Պարզ է, որ առավելագույնս մեծ մրցակցություն կարելի է ստանալ 3-րդ խմբի օգտվողների համար: Մեր մոդելում դիտարկվում են հենց այս տիպի խմբավորումները:

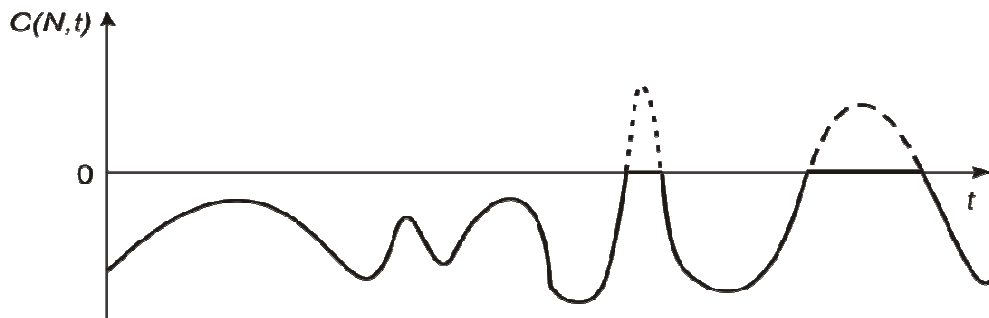
2. Մոդելը: Կատարենք հետևյալ նշանակումները. բաժանորդների քանակը՝ N , i -րդ բաժանորդի վերցրած կապուղու թողունակությունը (ծառայությունը)՝ q_i , որտեղ $i = (1, 2, \dots, N)$: Ծառայությունները համարում ենք ֆիքսված և սահմանափակ քանակի $q_i = (q^{(1)}, q^{(2)}, \dots, q^{(i)})$, օրինակ՝ $q^{(1)} = 128 \text{ kbit/sec}$, $q^{(2)} = 256 \text{ kbit/sec}$, $q^{(3)} = 512 \text{ kbit/sec}$, $q^{(4)} = 1024 \text{ kbit/sec}$: $K(q_i)$ ֆունկցիան սահմանում է տվյալ ծառայության արժեքը, օրինակ $K(q^{(1)}) = 8000$, $K(q^{(2)}) = 15000$, $K(q^{(3)}) = 25000$, $K(q^{(4)}) = 45000$: Շահութաբերության համար գրենք հետևյալ բանաձևը.

$$B(N) = \sum_{i=1}^N K(q_i) - K(F), \quad (1)$$

որտեղ F ՝ երաշխավորված կապուղու թողունակությունն է: Հավասարումը գծային հավասարում է, և երևում է, որ շահույթն աճում է բաժանորդների քանակի աճին զուգընթաց: Սակայն պարզ է, որ բաժանորդների մեծ քանակի դեպքում երաշխավորված կապուղին կսկսի չբավականացնել, և տեղի կունենա մատուցվող ծառայության որակի անկում: Այդ իսկ պատճառով պետք է գրել մատուցվող ծառայության որակը գնահատող հավասարում և սահմանել որակի չափանիշ: Նշանակենք i -րդ բաժանորդի ստացած արագությունը t պահին $I_i(t)$ (պարզության համար համարենք, որ $I_i(t)$ -ն ներկայացնում է միայն ներբեռնման (download) արագությունը): Այդ դեպքում բոլոր բաժանորդներին ինտերնետ ապահովելու համար կպահանջվի $\sum_{i=1}^N I_i(t)$ արագությամբ կապուղի: Պահանջվող կապուղու արագության և երաշխավորված կապուղու արագության F տարբերությունը նշանակենք $C(N, t)$.

$$\sum_{i=1}^N I_i(t) - F = C(N, t), \quad (2)$$

որտեղ $C(N, t)$ ֆունկցիան տվյալ t պահին N բաժանորդ ունենալու դեպքում երաշխավորված կապուղու անհամապատասխանության չափն է բաժանորդների ընդհանուր պահանջին:



Նկ. 1. $C(N, t)$ ֆունկցիայի կախումը ժամանակից՝ ֆիքսված N -ի դեպքում

$C(N, t)$ ֆունկցիայի բացասական լինելը նշանակում է, որ տվյալ պահին գումարային ծանրաբեռնվածությունը փոքր է կապուղու առավելագույն թողունակությունից, հետևաբար առկա է $C(N, t)$ չափով չօգտագործված թողունակություն: $C(N, 0) = 0$ նշանակում է, որ կապուղին օգտագործվում է առավելագույն չափով: Կապուղու նկատմամբ պահանջարկի հետագա աճը կբերի ծանրաբեռնվածության առաջացման և որպես հետևանք՝ ծառայության որակի անկման: Նկ 1 –ում կետագծերով պատկերված հատվածները ցույց են տալիս $C(N, t)$ ֆունկցիայի վարքագիծը, եթե կապուղու թողունակությունը սահմանափակ չլիներ:

Նշենք, որ $I_1(t)$ -ն պատահական ֆունկցիա է, հետևաբար $C(N, t)$ նույնպես կլինի պատահական ֆունկցիա: Համակարգը կաշխատի առավելագույնս արդյունավետ, երբ $C(N, t)$ ֆունկցիան, լինելով բացասական, մոտ լինի 0 –ին:

Ընդհանուր ծառայության որակը կարելի է գնահատել՝ հաշվելով $C(N, t)$ պատահական ֆունկցիայի արտանետման գումարային ժամանակը (գումարային ժամանակը, երբ $C(N, t)$ ֆունկցիան ոչ բացասական է (նկ. 1-ում պատկերված կետագծերով հատվածը): Սահմանենք արտանետման ընդհանուր ժամանակը $(0, T)$ պարբերության ընթացքում, միջինացնենք այն և պահանջենք, որպեսզի այն չգերազանցի ֆիքսված սահմանային արժեքը $[6, 10]$.

$$\frac{1}{T} \int_0^T H[C(N, t)] dt \leq p, \quad (3)$$

որտեղ p -ն որակի չափանիշն է, որը ներկայացնում է առավելագույն թույլատրելի ժամանակը, որի ընթացքում կապուղին պակասուրդ է տալիս, $H[x]$ –ը հեվիսայդի աստիճանային ֆունկցիան է $[10]$:

Համատեղելով (1)-(3) հավասարումները համակարգի մեջ՝ կստանանք.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N K(q_i) = K(F) + B(N), \\ \frac{\sum_{i=1}^N I_i(t) = F + C(N, t)}{\frac{1}{T} \int_0^T H[C(N, t)] dt \leq p:} \end{array} \right. \quad (4)$$

Փաստորեն (4) համակարգի առաջին հավասարումը սահմանում է N -ի (բաժանորդների քանակի) ստորին սահմանը, իսկ երկրորդ և երրորդ հավասարումները՝ վերին սահմանը:

Մեր առջև դրված խնդիրը $B(N)$ շահութաբերության ֆունկցիայի ստացումը և բաժանորդների N թվի վերին սահմանի գնահատումն է:

(4) համակարգի մեջ մտնող q_i , $K(q_i)$, F , T , p պարամետրերը համարում ենք տրված:

$I_i(t)$ օգտագործման ֆունկցիան չափում ենք փորձի միջոցով (քննարկվում է հաջորդ բաժնում). չափում ենք բաժանորդի կողմից իր կապուղու օգտագործած չափը՝ $I_i = I_i/q_i$: Տեղադրելով այն (4) համակարգի երկրորդ հավասարման մեջ՝ կունենանք.

$$C(N, t) = \sum_{i=1}^N I_i(t) q_i - F: \quad (5)$$

Տեղադրելով (5) արտահայտությունը (3) -ի մեջ՝ կստանանք.

$$\theta = \frac{1}{T} \int_0^T H[C(N, t)] dt = \frac{1}{T} \int_0^T H \left[\sum_{i=1}^N I_i(t) q_i - F \right] dt: \quad (6)$$

Միջինացնելով (6) արտահայտությունն ըստ անսամբլի (ըստ բաժանորդների)՝ կստանանք՝

$$\bar{\theta} = \frac{1}{T} \int_0^T \overline{H[S - F]} dt, \quad (7)$$

որտեղ $S = \sum_{i=1}^N I_i(t) q_i$: (7) հավասարման ենթաինտեգրալային արտահայտությունը հաշվենք առանձին.

$$\overline{H[S - F]} = \int_{-\infty}^{\infty} H[S - F] \omega(S, t) dS = \int_F^{\infty} \omega(S, t) dS, \quad (8)$$

որտեղ $\omega(S, t)$ -ն S ֆունկցիայի բաշխման խտությունն է, $\omega(S, t) dS$ -ը հավանականությունն է այն բանի, որ t պահին S ֆունկցիան կընդունի $(S, S + dS)$ միջակայքից արժեք: Տեղադրելով (8) արտահայտությունը (7) -ի մեջ, այնուհետև ստացվածը (3) -ի մեջ՝ կստանանք որակը գնահատող հավասարման վերջնական արտահայտությունը.

Հաշվի առնելով (9) անհավասարությունը՝ (4) համակարգը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$\frac{1}{T} \int_0^T \int_F^{\infty} \omega(S, t) dS dt \leq p: \quad (9)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N K(q_i) = K(F) + B(N), \\ \sum_{i=1}^N q_i I_i(t) = F + C(N, t), \\ \frac{1}{T} \int_0^T \int_F \omega(S, t) dS dt \leq p; \end{cases} \quad (10)$$

Մրցակցության գործակցի համար կունենանք հետևյալ տեսքը՝

$$r = \frac{F}{\sum_{i=1}^N q_i};$$

3. $\omega(S, t)$ բաշխման խտության հաշվարկ: $\tilde{I}_i^{(t)}(q_i)$ արտադրյալը, որը ցույց է տալիս i -րդ բաժանորդի գեներացրած տրաֆիկի արագությունը t պահին, պատահական մեծություն է: Հաշվի առնելով, որ պատահական մեծությունների գումարը նույնպես պատահական մեծություն է, հաշվենք գումարի բաշխման խտությունը:

Քանի որ սովորաբար $q^{(r)}$ ծառայության տեսակները փոքրաթիվ են լինում (այս դեպքում դրանք 4 –ն էին), այդ իսկ պատճառով $\sum_{i=1}^N \tilde{I}_i^{(t)}(q_i)$ գումարը ներկայացնենք r հատ գումարելիների գումարի տեսքով.

$$\sum_{i=1}^N \tilde{I}_i^{(t)}(q_i) = q^{(1)} \sum_{i=1}^{N_1} \tilde{I}_i^{(t)} + \dots + q^{(r)} \sum_{i=1}^{N_r} \tilde{I}_i^{(t)}, \quad (11)$$

որտեղ N_r -ը տվյալ ծառայությունն ընտրած բաժանորդների թիվն է, $N_1 + N_2 + \dots + N_r = N$, $q_i = (q^{(1)}, q^{(2)}, \dots, q^{(r)})$ -ն ծառայությունների տեսակներն են: Կենտրոնական սահմանային թեորեմի [7] համաձայն, նույնապես բաշխված անկախ պատահական մեծությունների գումարը՝ գումարելիների մեծ թվի դեպքում, կարելի է մոտարկել μ, σ պարամետրերով նորմալ բաշխմամբ, որտեղ μ, σ պարամետրերը կապված են $\tilde{I}$ բաշխման միջինի և դիսպերսիայի հետ՝ հետևյալ կերպ.

$$\begin{aligned} \mu &= N_i \mu_0, \\ \sigma &= N_i \sigma_0, \end{aligned} \quad (12)$$

(12)-ը գրելիս ենթադրել ենք, որ ցանկացած r -ի համար $\tilde{I}_i^{(r)}$ պատահական մեծություններն ունեն նույն μ_0 և σ_0 պարամետրերը (հակառակ դեպքում կարելի է կիրառել $\mu_0 - [r, \sigma_0]$ -ի միջինացված արժեքները), ինչպես նաև հաշվի ենք առել այն, որ պատահական մեծությունները գումարելիս նրանց միջինները և դիսպերսիաները գումարվում են [8]: Հաշվի առնելով այս ամենը՝ ստանում ենք.

$$\omega(x) = \omega\left(\sum_{i=1}^N \tilde{I}_i^{(t)}\right) = N(N\mu_0, N\sigma_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}N\sigma_0} e^{-\frac{(x-N\mu_0)^2}{2(N\sigma_0)^2}}; \quad (13)$$

Եթե $\sum_{i=1}^N \tilde{I}_i^{(t)}$ պատահական մեծությունը բազմապատկենք q_r հաստատունով, ապա նրա բաշխման խտությունը կընդունի հետևյալ տեսքը [8].

$$\omega(q^{(r)} \sum_{i=1}^{N_r} \tilde{I}_i^{(t)}) = N(q^{(r)} N\mu_0, (q^{(r)})^2 N\sigma_0); \quad (14)$$

Ի վերջո, հաշվի առնելով, որ նորմալ բաշխված մեծությունների գումարը նույնպես ունի նորմալ բաշխում [9], (11) պատահական մեծության բաշխման խտության համար կունենաք հետևյալ վերջնական արտահայտությունը.

$$\omega(S, t) = \omega\left(\sum_{i=1}^N \tilde{I}_i^{(t)}(q_i)\right) = N\left(\mu_0 \sum_{i=1}^r q_i^{(i)} N_i, \sigma_0 \sum_{i=1}^r (q_i^{(i)})^2 N_i\right) \quad (15)$$

μ_0, σ_0 ինչպես նաև N_i բաժանորդների բաշխվածությունն ըստ ծառայության տեսակների ստանում ենք փորձի արդյունքներից: (15) հավասարման մեջ մտնող N_i -ն ցույց է տալիս 1-րդ ծառայությունից օգտվողների թիվը, որը ԻՀԾՄ ընկերություններին հայտնի է: $N_i - \mathbb{N}$ ներկայացնենք հետևյալ կերպ.

$$N_i = p_i N, \quad (16)$$

որտեղ p_i -ն հավասար է բաժանորդների այն թվին, որոնք օգտվում են տվյալ ծառայությունից: Հաշվի առնելով (16) արտահայտությունը՝ արտագրենք (15)-ը հետևյալ կերպ.

$$\omega(S, t) = N(\alpha N, \beta N), \quad \alpha = \mu_0 \sum_{i=1}^F q^{(i)} p_i, \quad \beta = \sigma_0 \sum_{i=1}^F (q^{(i)})^2 p_i: \quad (17)$$

Տեղադրելով (17)-ը (10) -րդ համակարգի 3-րդ անհավասարման մեջ՝ արդյունքում կստանանք.

$$\begin{aligned} \frac{1}{T} \int_0^T \int_F N(\alpha N, \beta N) dS dt &= \frac{1}{T} \int_0^T \int_{\frac{F-\alpha N}{\sqrt{2\beta N}}}^{\infty} e^{-\varepsilon^2} d\xi dt = \frac{1}{2T} \int_0^T \operatorname{Erfc} \left(\frac{F-\alpha N}{\sqrt{2\beta N}} \right) dt = \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{Erfc} \left(\sqrt{\frac{F-\alpha N}{2\beta N}} \right): \end{aligned} \quad (18)$$

(18) -ը գրելիս օգտագործել ենք այն ենթադրությունը, համաձայն որի, ընտրում ենք այնպիսի ժամային $(0, T)$ միջակայք, որում ստատիստիկ μ_0, σ_0 պարամետրերը կախված չեն ժամանակից: Արդյունքում (10) համակարգը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$\begin{cases} B(N) = \sum_{i=1}^N K(q_i) - K(F), \\ \frac{1}{2} \operatorname{Erfc} \left(\sqrt{\frac{F-\alpha N}{2\beta N}} \right) \leq p, \end{cases} \quad (19)$$

$$\alpha = \mu_0 \sum_{i=1}^F q^{(i)} p_i, \quad \beta = \sigma_0 \sum_{i=1}^F (q^{(i)})^2 p_i:$$

Այսպիսով, (19) համակարգի առաջին հավասարումը ցույց է տալիս տրամադրված ծառայություններից ստացած ընդանուր գումարի և վերցրած կապուղու արժեքի տարբերությունը: Երկրորդ հավասարումը սահմանում է բաժանորդների քանակի շեմը, որի դեպքում որակի անկում տեղի չի ունենում:

4. Փորձ: Փորձը կատարվել է Երևան քաղաքում գործող ԻՀԾՄ-ներից մեկի ցանցում: Բաժանորդների տրաֆիկը կառավարվում է CISCO SCE 2000 ծառայությունների կառավարման սարքով: Վերջինիս օգնությամբ կատարվել է բաժանորդների IP հասցեներին հասանելիք արագության սահմանափակումը:

Յուրաքանչյուր բաժանորդի ստացած արագության վերաբերյալ վիճակագրական տվյալները ստացվել են CISCO SCE 2000-ից՝ SNMP արձանագրության միջոցով: Օրվա ընթացքում ստացված վիճակագրական տվյալները բաժանել ենք երեք ժամային խմբերի՝ աշխատանքային ժամեր (9:00-18:00), երեկոյան ժամեր (18:00-1:00) և գիշերային ժամեր

(1:00-9:00): Դիտարկված ժամային միջակայքերում μ_0 , σ_0 պարամետրերի՝ ժամանակից թույլ կախվածություն ունենալու պատճառով դրանք համարում ենք հաստատուն: Քանի որ հոդվածում դիտարկված բաժանորդները տնային օգտվողներ են, փորձում օգտագործված է հենց երկրորդ ժամային միջակայքի (երեկոյան ժամեր) վիճակագրական տվյալները: Բաժանորդների՝ ինտերնետի նկատմամբ ունեցած իրական պահանջները գնահատելու համար հանում ենք ամբողջ կապուղու վրա դրված սահմանափակումները, այսինքն բաժանորդների՝ ինտերնետի նկատմամբ ունեցած պահանջներն արհեստականորեն չեն սահմանափակվում: μ_0 -ն և σ_0 -ն հաշվում ենք հետևյալ կերպ. ընտրված ժամային միջակայքում (18:00 - 1:00) ստացված վիճակագրական տվյալներից առանձնացնում ենք յուրաքանչյուր բաժանորդի կապուղու օգտագործման չափը, միջինացնում ենք այդ տվյալները՝ ըստ ժամանակի՝ արդյունքում ունենալով տվյալ ժամային միջակայքում յուրաքանչյուր բաժանորդի կապուղու օգտագործման միջին չափը: Այնուհետև միջինացնում ենք ստացված մեծությունը՝ ըստ բաժանորդների և արդյունքում ունենում ենք միջին վիճակագրական տնային ինտերնետ սպառողի պահանջը ինտերնետ կապուղու նկատմամբ: Փորձից նաև որոշում ենք բաժանորդների քանակի բաշխումն ըստ ծառայության տեսակների. օրինակ՝ $q^{(1)}$ ծառայությունից օգտվում են բաժանորդների $x_1\%$, $q^{(2)}$ ՝ $x_2\%$ և այլն: Փորձի արդյունքում ստացվում է, որ 3 Mbit/sec կապուղու և 20-23 բաժանորդներ ունենալու դեպքում վերջիններս ժամանակի 90%-ում կստանան իրենց կապուղու առավելագույն արագությունը: 40 բաժանորդների դեպքում կապուղին կծանրաբեռնվի 100% -ով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **By Lee W. McKnight, Joseph P. Bailey.** Internet economics. - The MIT Press. 1st edition, 1998. - P. 123-125.
2. **Pontén L., Hallstrand J., Marques M.** Building Dedicated Service Creation Environments for Reuse Based Production. - Springer-Verlag, London, 1994. - V.851.
3. <http://www.trai.gov.in/WriteReadData/trai/upload/ConsultationPapers/167/ MTNL.pdf>
4. <http://www.connectingsomerset.co.uk/tips/broadband/3.2 Choosing an ISP.pdf>
5. <http://www.getonlinebroadband.com/faqs/faq02.html>
6. **Ахманов С., Дьяков Ю., Чиркин А.** Введение в статистическую радиофизику и оптику.- М., 1981. - 640 с.
7. **Чернова Н.И.** Теория вероятностей.-Новосибирск, 2007. - 139 с.
8. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. - М.: Высшая школа, 2002. - 480 с.
9. Introductory econometrics: a modern approach / J. M. Wooldridge, Edition. -2009.- 4.- P. 740-741.
10. **Кудрявцев Л. Д.** Краткий курс математического анализа. Том 2. - 1981. - 584 с.

ՀՊՃՀ (Պ). Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 15.12.2009:

З.Э. НАВОЯН, А.Г. АЛАВЕРДЯН

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕРНЕТ-СОЕДИНЕНИЯ, ИМЕЮЩЕГО
МАКСИМАЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ КОНКУРЕНТНОСТИ**

Рассмотрена математическая модель негарантированного ($\text{contention ratio} < 1$) интернет-соединения. В рамках модели определена величина (мера) измерения качества интернет-услуги. Рассчитано максимально допустимое количество пользователей с учетом пороговой величины, определяющей качество сервиса. Выведена плотность распределения занятости соединения. Представлены коэффициент конкурентности интернет-соединения, а также прибыль как функция зависимости от числа пользователей. Проведен эксперимент на сети пользователей компании, предоставляющей интернет-услуги, получены статистические данные использования интернета, на основе которых дана оценка прибыльности и максимально допустимого количества подписчиков.

Ключевые слова: интернет-инфраструктура, негарантированный канал связи, канал CIR, коэффициент конкурентности, математическая модель.

Z.E. NAVOYAN, H.G. ALAVERDYAN

**MATHEMATICAL MODEL OF INTERNET CHANNEL HAVING MAXIMAL
CONTENTION RATIO**

A mathematical model of internet connection with contention ratio < 1 is described. Within this model the measure of the internet service quality. The maximum permissible number of users considering the threshold parameter determining the quality of service is calculated. The density of distribution load connection is identified. It is also shown that internet connection concurrency coefficient and profitability can be described as a functional dependence on the number of connected clients. An experiment on the company user network, representing internet-service is performed, statistical data on using the internet are obtained and estimation profitability and maximum permissible number of subscribers are given.

Keywords: internet infrastructure, not guaranteed bandwidth, CIR channel, contention ratio, mathematical model.