

Mövzu – 11 və 12.

Tədqiqat metodu ilə effektivlik kriteriyalarının seçilməsi, təhlili və tədqiqi

Yeni şəbəkə texnologiyaların tətbiqi ilə telekommunikasiyada müxtəlif informasiya sistemləri fəaliyyət göstərir və TM –a görə onların özünəməxsus qurulma prinsipləri mövcuddur. Lakin TS-in effektivliyinin qiymətləndirilməsi və onların seçilməsi hansı şərtlər daxilində, hansı kriteriyalarla aparılması elektrik rəbəltə nəzəriyyəsinin TM qarşısında duran problemlərdən biridir.

TS-də qoyulan məsələlərin həlli TM-a görə optimallaşma məsələlərinin həllinə gətirilir. Bu zaman ayrı-ayrı TS-in qovşaqlarının (veriliş sistemi, modem, kodek terminal kompleksləri, rabitə kanalları və s.) yox, bütövlükdə informasiya veriliş sisteminin optimallaşdırılması daha məqsədə uyğun hesab olunur.

İnformasiya veriliş sistemlərinin (IVS) xarakteristikalarının optimallaşdırılması və TS-nə seçimi çoxaddımlı mexanizmlər və alqoritmlər bazasında yerinə yetirilməsi əhəmiyyətli nəticələr verir. TS-inə iki böyük qrup xarakteristikalara görə seçim edilir və TM-da i – məlumatların ötürülməsi geniş aspektdə belə qiymətləndirilir:

$$Q_{TS} = \left\{ \max_i [E_{i,ef}, D_{i,man}] \right\}, \quad i = \overline{1, N} \quad (1.1)$$

burada $E_{i,ef}$, $D_{i,man}$ – telekommunikasiya sistemlərində i – məlumatların ötürülməsi zamanı effektivlik

$$\begin{aligned} E_{ef} &= (E_{1,ef}, \dots, E_{i,ef}) \\ \text{və maneqəyə davamlılıq} \\ D_{man} &= (D_1, \dots, D_i) \end{aligned}$$

xarakteristikalarının çoxluğu olub, informasiya veriliş sistemlərinin keyfiyyət və kəmiyyət göstəriciləri ilə təyin olunurlar.

İnformasiya və şəbəkə texnologiyaları bazasında telekomunikasiya şəbəkələrinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün sistemin keyfiyyət göstərijilərini təyin etmək, müxtəlif tip trafiklərin ötürülməsi və qəbulu prosesi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Telekommunikasiya sistemlərin (TS), şəbəkələrin (TS) və terminal qurğuların keyfiyyət göstəriciləri onların istifadə olunduqları şəbəkənin tipindən, emal etdikləri trafiklərin xarakterindən, QoS – parametrlərindən və RK-dan asılı olaraq, aşağıdakı ardıcılılıa təyin olunur:

1. Telekommunikasiya şəbəkələrinin maksimum buraxma qabiliyyəti kəmiyyət göstəricisi olub, K.Şennon informasiya nəzəriyyəsinə görə belə təyin olunur:

$$C_{\max} = \Delta F \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{N_0 \cdot \Delta F} \right) \geq C_{\max}^{bb.}, \text{ bit/san.}$$

Bu ifadəyə Şennon düsturu deyirlər və TS buraxma qabiliyyəti onun tezlik zolağının eni ΔF və veriljinin çıxışında siqnal-maneə nisbətindən asılıdır. Məsələn: $\Delta F = 100\text{Hz}$ (teleqraf rəbitəsində olduğu kimi) və $(P_s/P_m) = 10^3 = 3 \text{ dB}$ olarsa, $C_{\max} \approx 1000 \text{ bit/s}$ olar, burada P_s , P_m - TS-də siqnalın və maneənin gücü (V_t);

N_0 -maneənin və ya ağ küyün gücünün spektral sıxlığıdır və $N_0 = P_m/\Delta F$, (V_t/Hz).

TS-in buraxma qabiliyyəti veriliş sürətindən, kodlama üsulundan, modulyasiya növündən və sıxma əmsallarından asılıdır.

2. TŞ-nin məhsuldarlığı və ya informasiya veriliş sürəti [22]:

$$V_i = R_i = \frac{k}{n} \cdot \frac{\log_2 m}{\tau_0}, \text{ bit/s, } n = r + k, \quad (1.2)$$

burada n, k, r - istifadə olunan kodlarda ümumi, infoRmasiya və yoxlayıcı kod elementlərin sayı; m - kodun əsası; τ_0 - impulsun davamətmə müddətidir.

3. TS-in informasiya effektivliyi η_{ie} :

$$\eta_{ie} = \frac{R_i}{C_{\max}} \leq 1, \quad R_i \leq C_{\max}. \quad (1.3)$$

Bu ifadə TS-də informasiya veriliş sürətinin nə dərəjədə sistemin buraxma qabiliyyətinə yaxınlaşdığını göstərir və bütövlükdə isə sistemin buraxma qabiliyyətindən istifadə olunmanın xarakterizə edir. Eyni zamanda (8.3)-dən görünür ki, η_{ie} həmişə $0 \leq R_i \leq C_{\max}$ və $0 \leq \eta_{ie} \leq 1$ bərabərsizliyini də odəməlidir. Əgər $\eta_{ie} \rightarrow 1$ olarsa, TS mükəmməl veriliş sistemi hesab edillər. Bu zaman (SNR) siqnal maneə-nisbəti təyinediji xarakterli olub mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

4. TS-in çıxışında və ya girişində siqnal-küy nisbəti verilmiş informasiya veriliş sürəti nəzərə alınmaqla belə təyin edilir:

$$\text{SNR}(N_0, P_s) = \eta_{sk} = \frac{P_s T_i}{N_0} > \frac{P_s}{N_0 C_{\max}}, \text{ dB.} \quad (1.4)$$

burada $\text{SNR}(N_0, P_s)$ veriliş sürətindən və ΔF -dən asılı olub, səhv ehtimalını təyin edir və keyfiyyət göstərijisidir.

5. İnfomasiya veriliş sistemlərində keyfiyyət krİteriyası olan səhv ehtimalından istifadə olunur. Bu kriteriya kodlamadan istifadə etməməklə, modəmlərdə veriliş sürətinə əsasən, İVS-in optimallığı üçün vacib kriteriya hesab olunur.

Aşağı sürətli rabitə sistemlərində diskret siqnalların U_0 və U_1 qəbulunun səhv ehtimalı belə təyin edilir [1, 3]:

$$P_{\text{sh}} = 0,5 \left\{ P(U_0) \cdot \left[1 - \Phi \left(\frac{\Pi_{\text{or}} - U_0}{\sigma_0} \right) \right] + P(U_1) \cdot \left[1 - \Phi \left(\frac{U_1 - \Pi_{\text{or}}}{\sigma_1} \right) \right] \right\}, \quad (1.5)$$

burada P_{or} – qəbuledici TQ-da həllədici qurğunun orta aatana və ya poroq qiymətidir;

$\Phi(\cdot)$ - Kramp funksiyası olub, (x – görə əlavə-2 də cədvəldən götürülür) belə təyin edilir:

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp \left(-\frac{t^2}{2} \right) dt$$

Əgər, $U_0 = 0$, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$, $P(U_1) = P(U_0) = 0,5$ və $P_{\text{or}} = P_{\text{opt}} = 0,5U_1$ qəbul etsək, onda (1.5) belə bir sadə şəkildə ifadə olunur:

$$P_{\text{sh}} = 0,5 \left[1 - \Phi \left(\frac{U_1}{2\sigma} \right) \right], \quad (1.6)$$

burada, U_0 və U_1 - uyğun olaraq 0 və 1 diskret siqnalların gərginlik qiymətləridir;

$P(0)$ və $P(1)$ - 0 və 1 siqnallarının daxil olmasının aprior ehtimallarıdır.

Alınmış ifadələr (1.5) və (1.6) veriji və qəbuledici TS iş alqoritmini və QoS – göstəricilərini xarakterizə edir.

Diskret siqnaLların qəbulu zamanı mühəndis hesabatı üçün TS keyfiyyət göstəricisi olan P_{sh} ehtimal aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$P_{\text{sh}} = \frac{0,4 \exp(-0,5\eta^2)}{\eta^2} \leq P_{\text{sh}}^{bb.}, \quad \eta = \eta_{\text{sk}} \geq 3 \text{ dB}, \quad (1.7)$$

burada $\eta = \eta_{\text{sk}}$ - poroq qurğusunun və ya həllədici qurğunun girişində siqnal-küy nisbəti η_{sk} olub, güjə P_k və gərginliyə görə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\text{SNR}(U_1) = \eta_{\text{sk}} = \frac{U_1}{2\sigma_k}, \quad \eta_{\text{sk}} = \frac{P_s}{P_k},$$

burada σ_k - qəbuledici terminalda küy gərginliyin dispersiyasıdır.

Burada (1.7) ifadəsinə optik veriliş sistemlərinə də şamil etmək olar (P_{sh} -qiymətini təyin etmək üçün əlavə1-dən istifadə oluna bilər).

6. Telekommunikasiya sistemləri ilə məlumatlar ötürülen zaman tezlik effektivliyi ($\text{bit} = \text{bit/s} \cdot \text{Hs}$):

$$\gamma_{te} = \frac{R_i}{\Delta F} = \frac{\log_2 m}{T_0 \cdot \Delta F} \geq 2, \quad \frac{\text{bit}}{\text{s} \cdot \text{Hs}},$$

(1.8)

Naykvist tezlik zolağı $\Delta F_N = \Delta F = \frac{1}{2T_0}$ nəzərə alınarsa, onda (8.8) belə bir forma alar:

$$Y_{te,max} = 2\log_2 m, \quad Y_{te,max} = 2 \frac{\text{bit}}{\text{s} \cdot \text{Hs}}.$$

Axırıncı ifadə verici və qəbulədici TS-ın və RK-ın tezlik zolağına görə istifadə olunmasını xarakterizə edir.

7. TS energetik effektivliyi isə belə ifadə olunur β_{ee} :

$$\beta_{ee} = \frac{R_i}{P_s / N_0}, \quad \frac{\text{bit}}{\text{s} \cdot \text{Vt}},$$

$$\text{Bit} = \text{bit/s} \cdot \text{Hs} = (\text{bit/s}) / (\text{Vt/Vt} \cdot \text{Hs}), \quad (8.9)$$

Burada (8.9) ifadəsi telekommunikasiya şəbəkələrində məlumatlar ötürülen zaman energetik effektivliyi təyin edir və TS-dən güjə görə istifadə olunmanın xarakterizə edir.

8. Telekommunikasiya şəbəkələrində orta gejikmə müddəti məlumatın mənbədən alana kimi veriliş traktında ötürmə müddəti başa düşülür və aşağıdakı kimi təyin edilir [27, 29, 48]:

$$T_{ogm} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{i,ogm}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (8.10)$$

burada N – veriliş traktında məlumatın ötürülməsində iştirak edən terminal və kanal avadanlıqların sayı, yəni aralıq yaddaşlı (AY) rəbitə qovşaqlarının və ya son tranzit məntəqələrin sayıdır.

Burada (8.10) ifadəsi QoS – parametri olub, keyfiyyət göstərijsi hesab olunur.

Yuxarıda təyin olunmuş TS effektivlik göstərijiləri arasında aşağıdakı münasibətləri də müəyyən etmək olar. Məsələn: Şənnon düsturuna əsasən η_{tki} belə təyin olunur:

$$\eta_{ie} = \frac{\gamma_{te}}{\log_2 \left(\frac{\gamma_{te}}{\beta_{ee}} + 1 \right)} \quad (10.10a)$$

Bu zaman qəbulədijidə siqnal-küy nisbəti güjə görə belə təyin olunur:

$$\eta_{sk} = \frac{P_s}{P_k}, \quad P_k = N_0 \cdot \int_0^{\infty} \left(\frac{\sin \pi \cdot F \cdot \tau_0}{\pi \cdot F \cdot \tau_0} \right)^2 dF = \frac{N_0}{2\tau_0}.$$

Onda, TS və RK-in tezlik və energetik effektivlikləri belə ifadə olunur:

$$\gamma_{rk} = \eta_{sk} \cdot \beta_{rk}, \quad \beta_{rk} = \frac{\gamma_{rk}}{2^{\gamma_{rk}} - 1}, \quad \eta_{rk} = 1.$$

Yekun olaraq, qeyd edək ki, TS və RK-in effektivliklərini təyin edən zaman informasiya veriliş sisteminin bütün göstərijiləri nəzərə alınmalıdır.