

UOT 004.934.2

F.H. PAŞAYEV, B.S. AĞAYEV, V.V. BAYRAMOV

IP-TELEFON ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ SƏS KEYFİYYƏTİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNİN HİBRİD METODU

Paket kommutasiya şəbəkələri ilə ötürülən nitq informasiyasının keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi məsələlərinə baxılır. Qiymətləndirmə prosesini asanlaşdıran və xətalari azaldan hibrid (qarışıq) metod təklif edilir.

Açar sözlər: nitq siqnalları, IP-telefoniya, keyfiyyəti qiymətləndirmə metodları, paket keçirmələri, paket itkiləri, hibrid qiymətləndirmə metodu

1. Giriş. Son illər danışıqları (nitqi) paketlərlə ötürmə texnologiyaları, başqa sözlə IP protokollu verilənlər şəbəkələri ilə nitq mübadiləsinin aparılması texnologiyaları geniş istifadə edilir və sürətlə inkişaf edir. Şəbəkələrdə nitq tranzaksiyalarının həcmnin artması ilə bərabər ötürülən səs keyfiyyətinə qoyulan tələblər də yüksəlir. Ona görə də səs keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün daha dəqiq və effektiv metodların işlənməsi öz aktuallığını saxlayır.

Bu məqsədlə multimedia trafiklərinin müxtəlif xarakteristikaları analiz edilir [1] və kommunikasiya şəbəkələrinin texniki vasitələrinin işləmə atributlarının təyini sahəsində tədqiqatlar aparılır [2].

Telekommunikasiya sistem və şəbəkələrindən ötürülən səsin keyfiyyəti və keyfiyyətin qiymətləndirilməsi məsələləri ilə əsasən ITU-T (International Telecommunication Union), ETSI (European Telecommunications and Standart Institute) və onun səs keyfiyyəti üzrə komissiyası – STQ (Speech Transmissions Quality) məşğul olur. Onlar bir neçə subyektiv (qiymətləndirmə ekspertlər tərəfindən aparılır), obyektiv-texniki (qiymətləndirmə texniki vasitələrdən istifadə etməklə aparılır) və hibrid (ölçmələr texniki vasitələrlə, qiymətləndirmə ekspertlər tərəfindən aparılır) metodlar işləmişlər.

Hal-hazırda ITU-T-nin Rec. P.800 [3] tövsiyəsi üzrə ekspert-artikulyasiya metodu subyektiv və Rec. G.107 [4] üzrə E-model adlanan obyektiv metodu uyğun olaraq kanal kommutasiyalı klassik telefon şəbəkələrində (PSTN, ISDN) və paket kommunikasiyalı telefon şəbəkələrində, o cümlədən IP-telefoniya şəbəkələrində standartlaşdırılmış metodologiyalar kimi qəbul edilir.

Subyektiv metod üzrə xüsusi hazırlıq keçmiş artikulyasiya briqadasının ekspertləri (diktör) dilin qanuna uyğunluqları əsasında hazırlanmış heca-artikulyasiya cədvəlindəki ifadələri ötürmə kanalının girişində səsləndirir, kanalın çıxışında yerləşən ekspertlər (auditorlar) həmin informasiyanı eşitdikləri kimi qeyd edirlər. Səs keyfiyyəti qəbul zamanı auditorların psixi-fizioloji vəziyyətinə, başqa sözlə qəbul rahatlığına görə qiymətləndirilir. Başqa variantda keyfiyyət düz qəbul edilən ifadələrin, ötürülən ifadələrin ümumi sayına nisbəti kimi (müəyyən düzəlişlərlə) qiymətləndirilir. Bu metodika üzrə hesablanmış səs keyfiyyətinin ölçüsü MOS (Mean Opinion Score – qənaətlərin orta qiyməti) adlanır. E-model isə texniki metod kimi keyfiyyətin bəzi şəbəkə və kanal parametrlərinə görə aşağıdakı funksiya üzrə hesablanmasına əsaslanır və Quality Rating (reyting keyfiyyəti) adlanır, qısa olaraq R kimi işarələnir:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_b$$

burada $R_0 = 93,2$ kanalın girişində səsləndirilən və təhrifə uğramamış nitqin ilkin keyfiyyəti, I_s – exo effekti və kvantlamının yaratdığı təhriflərlə əlaqədar keyfiyyətin pisləşməsinə nəzərə alan faktor, I_d – cəm şəbəkə gecikmələri (şəbəkənin girişindən çıxışınadək) faktoru, I_b – şəbəkə avadanlıqları faktorudur.

VoIP şəbəkələrdə istifadə edilən bəzi hibrid qiymətləndirmə metodları ilə ITU-T Rec. P.861 [5]-də tanış olmaq olar.

2. Məsələnin qoyuluşu. Yuxarıda qeyd olunan subyektiv və obyektiv faktorlar bir sıra üstünlüklərinə baxmayaraq ciddi çatışmazlıqlara malikdir [6, 7].

Subyektiv metodlar:

– artikulyasiya briqadasının saxlanması və ya cəlb edilməsinin xeyli maliyyə vəsaitini tələb etməsi;

– qiymətləndirmə prosedurunun mürəkkəbliyi və nəticələrin subyektivliyi;

– qiymətləndirmə prosesini avtomatlaşdırmağa imkan verməməsi;

– testlərin keçirilməsi üçün xüsusi təchiz edilmiş yüksək akustik keyfiyyətlərə malik otaqlar tələb etməsi və s.

Obyektiv metodlar:

– E-modeldə R-funksiyaya daxil olan toplananların (faktorların) tərkib hissələrinin qeydə alınmasının və hesablanmasının mürəkkəbliyi, böyük xəyata malik olması;

– qiymətləndirmə prosesini avtomatlaşdırmağa imkan verməməsi və s.

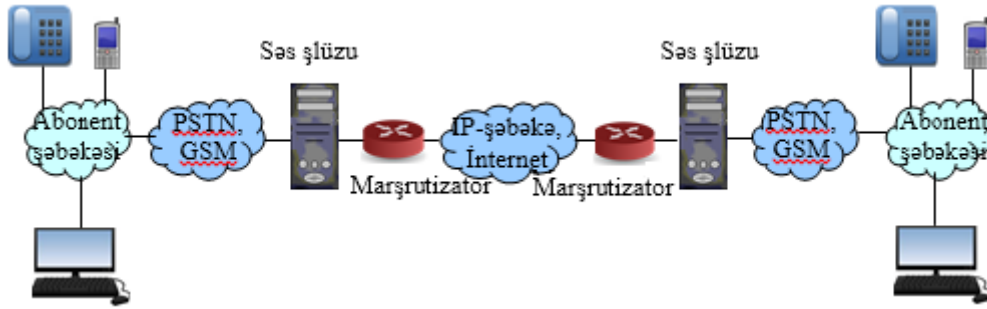
Məqalədə korporativ VoIP (Voice over IP) şəbəkələrində səs keyfiyyətini qiymətləndirmə prosesini asanlaşdıran və xətalara azaltmağa imkan verən hibrid metod təklif edilir.

3. Məsələnin həlli. Əsasən danışıqların (nitqin) ötürülməsi üçün nəzərdə tutulan kanal kommutasiyalı telefoniya şəbəkələrində (PSTN, ISTN) iki son qovşaq arasındakı çoxsaylı qovşaqları (alt şəbəkələri) birləşdirməklə vahid kanal yaradılır və səs siqnalları mübadilə seansı bitənədək bu kanal vasitəsilə ötürülür. Şəbəkə ilə ötürmə abonentlərin nitq mübadiləsi tempi ilə, sinxron və fasiləsiz şəkildə aparılır və həmişə qayda da qəbul edilir. Bu səbəbdən şəbəkənin ötürmə sürəti kanalın ötürmə sürətinə bərabərdir və qəbul edilən səs keyfiyyəti əsasən kanalın amplitud-tezlik xarakteristikasından, küyün səviyyəsindən və qeyri-xətti təhriflərdən asılıdır. Bu parametrləri kifayət qədər böyük zaman dövrü üçün stabil hesab etmək olar. Ona görə də ITU-T bu şəbəkələr üçün ekspert qiymətləndirilməsini ən dəqiq metod hesab edir.

Məlumdur ki, paket kommutasiyalı klassik kompüter şəbəkələri ilkin olaraq mətn (data) verilənlərini ötürmək məqsədilə yaradılmışdır və uzun müddət yalnız uyğun məqsədlərlə istifadə edilmişdir (fayl ötürmələri, kompüter resurslarından birgə istifadə və s.). Lakin son illər mətn tipli verilənlər də daxil olmaqla multimedia trafikinin (səs, audio, şəkil, video və s.) daşınması üçün yüksək buraxıcılıq qabiliyyətinə və optimal QoS (quality of service) xidmət keyfiyyəti göstəricilərinə malik olan multiservis şəbəkələrindən (IP, MPLS, SIP, NGN və s.) istifadə edilir. Xüsusilə internet protokollu (IP) şəbəkələr üzərindən səs ötürmə texnologiyalarından (voice over IP – VoIP) daha geniş istifadə edilir.

Paket kommutasiya prinsipi bu ötürmə sistemlərində əlavə şəbəkə avadanlıqlarının (kodeklər, şlüzlər, kommutatorlar və s.) və səs siqnallarının texnologiyaları (diskretləşdirmə, kvantlama, kompressiya, paketləmə, marşrutlaşdırma və s.) və protokollarının istifadə edilməsini nəzərdə tutur. Digər tərəfdən, ötürülən məlumatın hissələrinin informasiya vahidləri (paketlər) son qovşağa müxtəlif marşrutlarla (deytaqram rejimində), deməli, fərqli zaman müddətlərində çatdırıla bilər. Buradan da şəbəkə ilə ötürülən səs siqnallarına fərqli təsiredici amillər yaranır. Ona görə də VoIP şəbəkələrində səs keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün digər prinsiplərə əsaslanan metodlardan istifadə edilir.

Şəkil 1-də VoIP şəbəkəsinin ümumiləşdirilmiş arxitektora sxemi, cədvəl 1-də isə səs keyfiyyətinin Rec. P.800 tövsiyəsi üzrə kanal kommutasiyalı telefoniya şəbəkələri üçün subyektiv artikulyasiya metodu ilə qiymətləndirmə nəticələri göstərilmişdir.



Səkil 1. VoIP şəbəkəsinin ümumiləşdirilmiş arxitektura sxemi

Cədvəl 1
Səs keyfiyyətini qiymətləndirmə nəticələri

Auditorların psixofizioloji vəziyyəti	Keyfiyyət kateqoriyası	MOS qiymətlərində	R qiymətlərində
Heç bir gərginlik keçirmədən, tam sərbəst danışmaq	Ən yaxşı (best)	4,34-4,50	90<R<100
Danışmaq vaxtı gərginlik yoxdur, ancaq diqqətli olmaq lazımdır	Yüksək (high)	4,03-4,34	80<R<90
Danışmaq vaxtı gərginlik var, xeyli diqqət tələb olunur	Orta (medium)	3,60-4,03	70<R<80
Danışmaq çətinliklə gedir, xüsusi diqqət tələb edir	Aşağı (low)	3,10-3,60	60<R<70
Danışmaq mümkün deyil və ya çox çətinliklə gedir	Pis (poor)	2,58-3,10	50<R<60

Rec. G.107-nin sonuncu versiyalarının (son düzəlişlər 12.2014-cü ildə edilmişdir) tələblərinə uyğun olaraq istənilən metodla hesablanmış R qiymətlərini subyektiv MOS vahidlərinə çevirmək lazımdır. Ona görə də cədvəlin son sütununa $R=f(MOS)$ funksiyası üzrə hesablanmış qiymətləri də daxil edilmişdir. Bu məqsədlə tövsiyənin $MOS=f(R)$ qrafikindən və ya [8, 9]-dan istifadə etmək olar. Lakin kanal parametrlərinə əsasən E-modelin komponentlərinin hesablanması mürəkkəb olmaqla yanaşı böyük xəyata malikdir. VoIP şəbəkələrində R keyfiyyətin daha dəqiq hesablanması kütləvi xidmət nəzəriyyəsinin metodları əsasında mümkündür və [10]-da bu məsələ ətraflı araşdırılmışdır. Lakin burada alınmış riyazi ifadələr kifayət qədər mürəkkəbdir və ciddi sadələşdirmələrə əsaslandırıldığından praktiki tətbiq üçün məqsədəuyğunluğu şübhə doğurur.

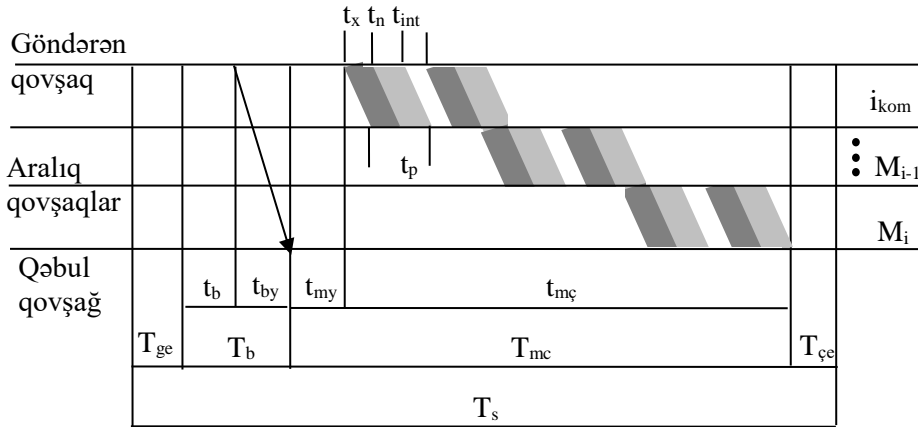
VoIP şəbəkələrin səs keyfiyyətini subyektiv və obyektiv metodlara əsaslanan hibrid (qarışıq) üsullarla, daha dəqiq və sadə prosedurlarla qiymətləndirmək mümkündür. Cədvəl-1-dən görüldüyü kimi səsin MOS keyfiyyətinin hər bir qiymətinə və ya qiymətlər intervalına bu danışığı qəbul edən ekspertlərin müəyyən psixi-fizioloji vəziyyəti ("qəbuletmənin rahatlıq dərəcəsi") uyğun gəlir. Deməli IP-şəbəkə dövrəsində, səs keyfiyyətinə təsir edən əsas amillərin qiymətlər çoxluğunu süni şəkildə yaratmaqla (emulyasiya etməklə) auditorların düşdüyü psixi-fizioloji vəziyyəti istismarda olan şəbəkə ilə ötürülən nitqin MOS keyfiyyəti kimi qəbul etmək olar. Başqa sözlə, bu prosedurlardan istifadə etməklə əsas təsiredici amillər ilə ötürülən səs keyfiyyəti arasındakı asılılığı müəyyənləşdirmək – "şəbəkənin keyfiyyət metriyasını" yaratmaq və sonradan ekspertlərin periodik işini qeyd edilən amillərin ölçülmüş (hesablanmış) qiymətlərinə əsasən keyfiyyətin bu metrika üzrə tapılması prosesi ilə əvəz etmək olar.

Belə əvəzləmənin texniki, operativlik, dəqiqlik və s. nöqteyi-nəzərdən məqsədəuyğunluğu şübhə doğurmur, çünki şəbəkə parametrlərinin ölçülməsi (hesablanması) ekspert briqadasının işini təşkil etməkdən və ya E-model üzrə qiymətləndirməkdən xeyli asandır.

ITU-T Rec. Y.1541 tövsiyəsi [11], eləcə də [12] IP-şəbəkələrlə ötürülən səs siqnallarına təsir edən əsas amillər kimi aşağıdakıları müəyyənləşdirir:

- şəbəkənin cəm (girişdən çıxışadək) gecikməsi (IP TD);
- paket gecikmələrinin variasiyası (IP DV);
- paket itkiləri əmsalı (IP LR);
- paketləri səhv ötürmə əmsalı (IP ER).

Məlumdur ki, VoIP şəbəkələri ilə ötürülən audioməlumatların keyfiyyəti əsas etibarilə şəbəkə boyu yaranan gecikmələrin yekun qiymətindən (IP TD) asılıdır. Gecikmələrin yekun qiymətini hesablamaq üçün analoq səs siqnallarının giriş terminalından çıxış terminalına çatanadək trafik mərəz qaldığı əməliyyatların yaratdığı gecikmələri əks etdirən aşağıdakı sxemdən istifadə edək (şəkil 2).



Şəkil 2. VoIP şəbəkələrində gecikmələrin zaman diaqramı

$$T_s = T_{ge} + T_b + T_{mc} + T_{çe} \quad (3.1)$$

Burada T_{ge} – audioinformasiyanın giriş qovşağında emal müddəti; T_b – marşrut boyu kanal yaratma müddəti; T_{mc} – audioməlumatın kanaldan cəm ötürülmə müddəti; $T_{çe}$ – audioinformasiyanın çıxış qovşağında emal müddəti.

Tərkib hissələrini göstərməklə (3.1)-i tam halda aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$T_s = t_{a-k} + t_{kod} + t_{komp} + t_{pak} + t_b + t_{by} + t_{my} + (t_x + t_n)N_p + t_{int}(N_p - 1) + t_{exo} + (t_g + t_{buf} + t_{kom})M_{kom} + t_{dpak} + t_{dekom} + t_{dekod} + t_{k-a} \quad (3.2)$$

Burada – T_{ge} ($t_{a-k}, t_{kod}, t_{komp}, t_{pak}$) və $T_{çe}$ ($t_{k-a}, t_{dekod}, t_{dekom}, t_{depak}$) – giriş və çıxış qovşaqlarında səs siqnallarının analoq-kod (kod-analoq), kodlaşma (dekodlaşma), kompressiya (dekompressiya), paketləşmə (depaketləşmə) proseslərinə sərf edilən müddət, T_b (t_b, t_{by}) – xidməti kanal yaradıcı informasiyanın emal müddəti və yayımının gecikmə müddəti, T_{mc} ($t_{my}, t_{mç}$) – audioməlumatların kanalda yayım müddəti və kanaldan ötürülmə müddəti, t_x, t_n – paketin xidməti və aktiv hissəsinin emal müddəti, t_{int} – paketlərarası interval, N_p – kadrda paketlərin sayı, t_{exo} – exo siqnalını emal müddəti, t_g – kommutatorda növbəliyi gözləmə müddəti, t_{buf} – informasiyanı buferə yazma müddəti, t_{kom} – informasiyanı çıxışa kommutasiya müddəti, M_{kom} – marşrutlaşma dövrəsində kommutatorların sayı.

Burada paket gecikmələrinin variasiyası dedikdə ötürülən səs (danışiq) fraqmentinə aid paketləri qəbul edən sonluq abonent terminalında (məsələn, “telefon-telefon” birləşməsində səs şlüzündü) birinci və sonuncu paketləri qəbul etmə anları arasındakı maksimal gecikmə vaxtıdır. Müəyyən yol verilə bilən müddətdən (citter yaddaş həcmi) çox gecikmiş paketlər atılır və depaketləşmə prosesində iştirak etmir. Ona görə də citteri gecikmə komponentlərindən biri kimi qəbul etmək olar.

Üçüncü və dördüncü amillərin səs keyfiyyətinə təsirinə gəlincə qeyd etmək lazımdır ki, müasir IP-şəbəkə texnologiyaları ötürülən paket freymlərinin itkisinə və səhv bit çevrilmələrinə qarşı yüksək dərəcədə dayanıqlıq təmin etdiyi üçün (paketlərin səhv çatdırılma ehtimalı $-1.10^{-8}-1.10^{-12}$) bu parametrlərin audioinformasiyaya təhrifedici təsirini nəzərə almamaq olar. Ona görə də test təcrübələrində səs keyfiyyətinə təsir edən amillər kimi cəm şəbəkə gecikməsini və paket itkilərini nəzərdən keçirmək olar.

Əlavə olaraq kodeklərdə danışılarda pauzanı aradan qaldıran qurğudan (PLC – Packet Loss Concealing) istifadə edilmir. Çünki, bir qayda olaraq, informativlik nöqteyi-nəzərdən nitq mübadiləsi ötürmələrində, cümlələr və ya sözlərarası pauzalardakı siqnal itkilərinə yol verilmir (məsələn, strateji əhəmiyyətli texnoloji proseslərdə danışılqların keyfiyyətli yazılışı prosesində) və bu qurğular şəbəkə dövrəsində əlavə gecikmələr yaradır [13].

Test təcrübələri zamanı şəbəkənin cari anda malik olduğu cəm (t) gecikmə və itkilərin (n) qiymətlərinə uyğun MOS qiyməti auditorlar tərəfindən adi qaydada qiymətləndirilir. Şəbəkə dövrəsində gecikmə və itkilərin digər qiymətlər çoxluğunu müxtəlif üsullarla generasiya etmək olar. Əlverişli üsullardan biri uyğun proqram məhsullarından istifadə etməkdir. Bu məqsədlə Psytechnics firmasının PsyVoIP, NetIQ firmasının NetIQ Chariot proqram paketlərindən və s. istifadə etmək olar. IP-şəbəkənin birləşmə arxitekturasından asılı olaraq test proqramları administratorun kompüterində və ya səs şlüzündə yerləşdirilə bilər. Bu vasitələrin şəbəkə dövrəsində nitq qrafiki generasiya etmək, gecikmələri, citter ölçüsünü (həcmi) tənzimləmək, paket itkiləri yaratmaq və s. imkanları var.

Bu proqram məhsullarının qiyməti kifayət qədər yüksək olduğu üçün, adətən, parametrlərin qiymətlər çoxluğunu digər texniki üsullarla, məsələn, şəbəkə avadanlığının iş rejimini tənzimləməklə - avtonom şəkildə əldə edirlər.

Tutaq ki, qiymətləndirmə üzrə artikulyasiya komandasının (diktör və auditorların) müəyyənləşdirdiyi müəyyən sayda MOS qiymətlərinə uyğun gələn gecikmə və paket itkisi çoxluğuna görə qurulmuş $MOS=g(t)$ və $MOS=f(n)$ funksiyalarının parametrləri cədvəl 2-də göstərilən kimidir.

Təcrübə zamanı t və n parametrlərini ITU-T Rec. G.114 [14] tövsiyəsində qeyd olunan maksimal və minimal qiymətlər çərçivəsində tənzimləmək kifayətdir. ITU-T audioinformasiya trafiki üçün $t_{max}=400\text{ ms}$, $n_{max}=3\%$ (istisna hal kimi yekun gecikməsi kiçik olan VoIP şəbəkələr üçün – 5%) həddində müəyyənləşdirir. Parametrlərin maksimal qiymətləri şəbəkənin səs ötürmə keyfiyyətinin $R=50$ həddinə (Rec. G.107-yə görə $MOS \approx 2,58$) uyğun gəlir və bundan aşağı keyfiyyətli şəbəkələri layihələndirməmək tövsiyə edilir [15, 16].

Cədvəl 2
Test təcrübələrinin nəticələri

MOS qiymətləri	t	n
MOS ₁	t_1	n_1
MOS ₂	t_2	n_2
⋮	⋮	⋮
MOS _{N-1}	t_{N-1}	n_{N-1}
MOS _N	t_N	n_N

Lakin təcrübələr zamanı, adətən, istifadə edilən metodlardan asılı olmayaraq $MOS=g(t)$ və $MOS=f(n)$ qrafiklərinin səlis əyrilərini qurmaq üçün dəyişənlərin lazım olan bütün qiymətlərini almaq mümkün olmur (xüsusən t_{max} və t_{min} ətrafı qiymətləri). Bu halda riyazi metodların köməyiylə məlum qiymətlərə görə gələcək (qonşu) nöqtələri bərpa etmək (proqnozlaşdırmaq) olar. Əgər hesablamalarda təxminən 5% dəqiqlik məqbul sayılırsa proqnozlaşdırılan qiymətlərin tapılması üçün sadə metodlardan birini, məsələn, ən kiçik kvadratlar metodunu istifadə etmək olar. Daha dəqiq hesablamalar üçün digər metodlardan, məsələn, neyron şəbəkələrdən istifadə etmək olar. Lakin bu halda hesablama mürəkkəbliyi artır.

Tutaq ki, 2-ci cədvəlin verilənləri əsasında qurulmuş $MOS=g(t)$ və $MOS=f(n)$ qrafiklərinin hər parçası üçün əks yayım alqoritminə malik üç laylı neyron şəbəkədən istifadə edirik [17]. Aktivləşmə funksiyası kimi aşağıdakı düsturla hesablanan siqmoidanı seçək:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Şəbəkənin struktur elementlərini apriori aşağıdakı kimi müəyyənləşdirək:

- $W1[i, j], W2[i, j], W3[i, j]$ – uyğun olaraq şəbəkənin I, II və III laylarının çəki vektorlarıdır;
- NI – giriş verilənlərinin sayı;
- $N1, N2, N3$ – uyğun olaraq I, II və III laylardakı neyronların sayı ($N1=1, N2=1, N3=1$);
- $S1[j], S2[j], S3[j]$ – uyğun olaraq I, II və III laylardakı neyronların vəziyyətini xarakterizə edən parametrlərdir;
- $Y1[i], Y2[i], Y3[i]$ – uyğun I, II və III laylardakı neyronların çıxış funksiyalarıdır.

Giriş verilənlərini x_i ilə işarələyək və $NI=1, N3=1$ kimi qəbul edək. Giriş verilənləri t_{ki}, n_{ki} və çıxış verilənləri $MOS[k, i]$ uyğunluq cədvəlindən (cədvəl 2) götürülür.

I laydakı neyronların vəziyyəti və çıxış funksiyası aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$\left. \begin{aligned} S1[j] &= \sum_{i=1}^{NI} x_i * W1[i, j], j = 1, \dots, N1, \\ Y1[i] &= \frac{1}{1 + e^{-S1[i]}} \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

II lay üçün $S2[j]$ və $Y2[i]$ uyğun olaraq:

$$\left. \begin{aligned} S2[j] &= \sum_{i=1}^{NI} Y1 * W2[i, j], j = 1, \dots, N2, \\ Y2[i] &= \frac{1}{1 + e^{-S2[i]}} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

III lay üçün:

$$\left. \begin{aligned} S3[j] &= \sum_{i=1}^{N2} Y2[i] * W3[i, j], j = 1, \dots, N3, \\ Y3[i] &= \frac{1}{1 + e^{-S3[i]}} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

kimi hesablanır.

Hər bir parçaya aid neyron şəbəkə ümumi neyron şəbəkəsinin eyni struktura malik, lakin müxtəlif əmsallı müstəqil alt şəbəkələri kimi öyrədilir. Bu alt şəbəkələr parçaların sayına bərabər

şəbəkələr çoxluğunu, cədvəl üzrə giriş və çıxış qiymətlərindən yaradılmış çoxluqlar isə verilənlər çoxluğunu təşkil edir.

Öyrətmə aşağıdakı alqoritmlə aparılır.

$MOS[k, i]$ -ləri proqnoz verilənləri kimi qəbul etsək I, II və III laylar üçün korreksiya parametrləri aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\left. \begin{aligned} \delta 3[i] &= (MOS[k, i] - Y3[i]) * f3(S3[i]), i = 1, \dots, N3 \\ \delta 1[i] &= f1'(S1[i]) * \sum_{j=1}^{N2} w2[i, j] \delta 2[j], i = 1, \dots, N1, \\ \delta 2[i] &= f2'(S2[i]) * \sum_{j=1}^{N3} w3[i, j] \delta 3[j], i = 1, \dots, N2, \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Şəbəkə layları üçün çəki dərəcələri aşağıdakı alqoritmlərlə korreksiya edilir.

I şəbəkə layı üçün:

$$\left. \begin{aligned} WS1[i, j] &= W1[i, j] + \vartheta * \delta 1[j] \cdot x[i], i = 1, \dots, N1; j = 1, \dots, N1, \\ W1[i, j] &= WS1[i, j] \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

II şəbəkə layı üçün:

$$\left. \begin{aligned} WS2[i, j] &= W2[i, j] + \vartheta * \delta 2[j] * Y1[i], i = 1, \dots, N1; j = 1, \dots, N2, \\ W2[i, j] &= WS2[i, j] \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

III şəbəkə layı üçün:

$$\left. \begin{aligned} WS3[i, j] &= W3[i, j] + \vartheta * \delta 3[j] * Y2[i], i = 1, \dots, N2; j = 1, \dots, N3, \\ W3[i, j] &= WS3[i, j] \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

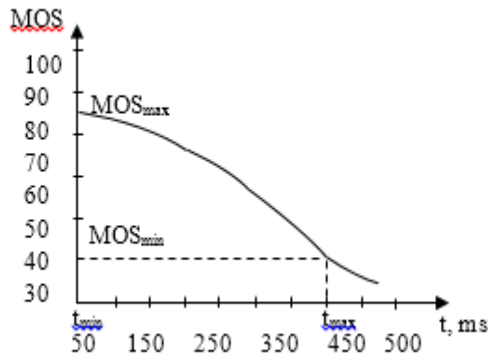
burada ϑ – öyrətmə prosesinin sürətidir.

Bütün laylar üçün öyrətmə xətası aşağıdakı düsturla hesablanır:

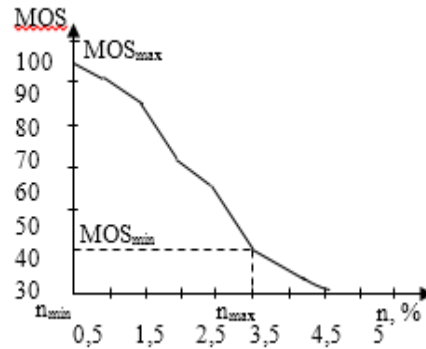
$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N3} (Y3[i] - MOS[k, i])^2 \quad (3.10)$$

Öyrətmə, xətanın tələb olunan həddi alınanaq davam etdirilir. Son nəticə baxılan interval üçün $MOS[k, i]$ qiyməti kimi qəbul edilir. Öyrətmə prosesindən sonra hər bir parçaya uyğun şəbəkə əmsalları (çəki vektorları), sonradan istifadə məqsədilə, ayrı-ayrılıqda verilənlər bazasında saxlanılır.

Eksperimentlərdən və hesablama nəticələrindən istifadə etməklə $MOS=g(t)$ və $MOS=f(n)$ qrafikləri qurulur (şəkil 3 və şəkil 4).



Şəkil 3. MOS keyfiyyətinin cəm şəbəkə gecikməsindən asılılığı



Şəkil 4. MOS keyfiyyətinin paket itkilərindən asılılığı

MOS keyfiyyətini 100 ballı R sisteminin vahidlərlə ifadə etmək tələb olunursa mürəkkəb analitik hesablamalar əvəzinə yuxarıda qeyd olunan sadə qrafiki qaydalardan istifadə etmək olar. Bəzən praktiki istifadə üçün kobud $R=20 \cdot MOS$ düsturundan da istifadə etmək olar ($\leq 11\%$ xəta ilə).

4. Nəticə. ITU-T və ETSI-nin IP protokollu telefon şəbəkələrində nitq keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün standart kimi təklif etdiyi subyektiv və obyektiv metodlar araşdırılmış, onların əsas çatışmayan cəhətləri aşkar edilmişdir (qiymətləndirmə-hesablama prosesinin mürəkkəbliyi, avtomatlaşdırmaya imkan verməməsi və s.).

Subyektiv və obyektiv metodların prosedur qaydalarını birləşdirən sadə və daha dəqiq hibrid qiymətləndirmə metodu təklif edilmişdir. Bu metod ekspertlərə keyfiyyəti nitq siqnallarına (paketlərə) təhrifedici təsir göstərən əsas amillərin (cəm şəbəkə gecikməsi, paket itkiləri) instrumental yolla yaradılan ədədi qiymətlərinə görə müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Metoddan istifadə etməklə ekspert-artikulyasiya briqadasının birdəfəlik xidməti ilə yaradılmış “keyfiyyət metrikaları” ($MOS=g(t)$ və $MOS=f(n)$) sonralar, ekspert qiymətləndirmələrini (subyektiv metod) parametrlərin cari qiymətlərinin ölçülməsi-hesablanması (obyektiv metod) işi ilə əvəz etməyə imkan verir.

Metod üzrə qiymətləndirmə prosesinin aparılması metodikasının izahı verilmiş, metrikanın yaradılması üçün çatışmayan bəzi proqnoz qiymətlərin hesablanması məqsədilə neyron şəbəkə metodundan istifadə nümunəsi verilmişdir.

Məqalədə verilmiş alqoritmlərin bəziləri “AZTELEKOM” İB-nin Bakı Beynəlxalq ATS-də (BATS) ALCATEL firmasının istehsalı olan S-12 tipli stansiyanın işinin modernizasiyası məqsədilə yaradılan “Sifarişli telefon xidməti operatorların işinə avtomatik nəzarət sistemi”-nin proqram texniki vasitələrinin tərkibində tətbiq edilmişdir [18]. Bu sistem “AZTELECOM” İB ilə AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu arasında 08.04.2005 tarixli 163 sayılı və 02.04.2007 il tarixli 03/07 sayılı təsərrüfat müqavilələri əsasında yaradılmışdır, işin yerinə yetirilməsi haqda uyğun təhvil-qəbul aktları alınmışdır.

Burada konkret korporativ şəbəkədə səs fayllarının ötürülməsinə təsir edən bəzi gecikmə mənbələrinin xarakteristikaları dəqiqləşdirilmişdir. Şəbəkədə səs keyfiyyətinin qiymətləndirməsinin obyektivliyini təmin etmək məqsədi ilə uyğun MOS qiymətlərinin zəruri uzantılarını almaq üçün Neyron şəbəkələrdən istifadə etmək ideyası yaranmışdır.

Məqalədə təklif edilən metod mövcud qiymətləndirmə metodlarının dəqiqliyini artırma bilər. Sadə və kifayət qədər dəqiq olan bu hibrid metoddan istismarda olan VoIP şəbəkələrinin səs ötürmə keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi məqsədilə istifadə edilə bilər.

Ədəbiyyat

1. Melikov A.Z., Ponomarenko L.A., Kim C.S. Approximation method for performance analysis of queuing systems with multimedia traffics // Applied and Computational Mathematics. 2007, vol. 6, No2, pp. 1-8.
2. Б.Г. Ибрагимов, Ш.М. Мамедов. Исследование и оценка характеристик терминального оборудования звена мультисервисных сетей связи. Автоматика и вычислительная техника. 2010, №6, с.75-80.
3. ITU-T. Rec. P.800. Methods for subjective determination of transmission quality. <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800/en>.
4. ITU-T. Rec. G.107. The E-model a computational model for use in transmission planning. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.107/en>
5. ITU-T. Rec. P.861. Objective quality measurement of telephone-band (300-3400 Hz) speech codecs. <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.861/en>
6. Andrew Hines, Jan Skoglund, Anil C.Kokoram, Naomi Harts. Monitoring VOIP speech quality for chopped and clipped speech. Communications, 2016, No1, pp. 3-10.
7. Терехов А.Н. Анализ возможности применения методов оценки качества передачи речи для АТС, выполненных на базе облачных технологий. Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2014, т. 14, №5, с. 255-257.
8. Nikolas Cote. Integral and diagnostic intrusive prediction of speech quality. Springer, Berlin, 2011, p. 229. <https://pdfs.semanticscholar.org/6060/f5c850290a1d97f2ed59f482c13b0d0ec9c8.pdf>
9. Байорек Крис. Качество VoIP: корреляция оценки MOS и R-фактора // Сети и системы связи, 2003, №6, с. 98.
10. Рахмангулов А.Н., Мирсагдиев О.А. Имитационная модель оценки качества передачи речи в сетях оперативно-технологической связи железнодорожном транспорте. Вестник МГТУ им. Носова. 2015, №2 (50), с. 12-20.
11. ITU-T. Rec. Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541/en>
12. Тарасов Б.Ю., Дроздов К.И. Качество речи в IP-сетях // Сети связи, 2007, №12, с. 39-45.
13. Б.С. Агаев, Ф.Г. Пашаев. Метод оценки качества речи в корпоративных VoIP-сетях // Информационные технологии, 2013, № 8. с.34-39.
14. ITU-T. Rec. G.114. One-way transmission time. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/en>
15. ITU-T. Rec. G.109. Definition of categories of Speech transmission quality. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.109/>
16. Masesov M., Panchenko I., Bondarenko L., Malyh V. Quality estimation of speech passing in communication networks of special users using IP-protocol // Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. 2014, №1 (19), pp. 57-62. <http://sit.nuou.org.ua/article/view/36757/32908>.
17. Artificial Neural Networks-Architectures and Applications. Edited by Kenji Suzuki. InTech, 2013, 264 p.
18. Q.A.Quluyev, F.H.Paşayev, B.S.Ağayev, M.A.Rəşidov. Telefon danışqlarının uçotu və qeydiyyatı sisteminin bəzi program vasitələri haqqında. АМЕА-nın Xəbərləri. Fiz.-Texn. və Riyaz. elmləri ser., Cild XXIX, №3, 2009, s.121-124

F.H. Pashayev, B.S. Agayev, V.V. Bayramov

Hybrid method for assessing speech quality in IP telephony networks

The issues of assessing the quality of speech transferred in packet switched network are investigated. A hybrid method is proposed that simplifies the process of quality assessment and reduces the error of results compared with existing methods.

Keywords: speech signals, IP telephony, quality assessment methods, delay in delivery, packet loss, hybrid assessment method

УДК 004.934.2

Ф.Г. Пашаев, Б.С. Агаев, В.В. Байрамов

Гибридный метод оценки качества речи в сетях IP-телефонии

Рассматриваются вопросы оценки качества передаваемой речи в сетях пакетной коммутации. Предложен гибридный метод, который упрощает процесс оценки качества и уменьшает погрешность результатов, в сравнении с существующими методами.

Ключевые слова: речевые сигналы, IP-телефония, методы оценки качества, задержка доставки, потери пакетов, гибридный метод оценки