

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

MULTİSERVİSLİ TELEKOMMUNİKASIYA ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ XİDMƏT KEYFİYYƏTİ VƏ RESURSLARIN EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI

İxtisas: 3325.01 - Telekommunikasiya texnologiyası

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Sədaqət Kamal qızı Kərimova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetinin "Radiotexnika və telekommunikasiya" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru,
professor **Alışan Nəriman oğlu Həsənov**

Rəsmi
opponentlər: texnika elmləri doktoru,
professor **Elşad Qulam oğlu İsmibəyli**
texnika elmləri doktoru,
professor **Baləmi Qasım oğlu İsmayılov**
texnika elmləri namizədi,
dosent **Qismət Qənimət oğlu İbrahimov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının sədri:
t.e.d., professor



Vaqif Əlicavad oğlu Qasimov

Dissertasiya Şurasının
elmi katibi: t.e.n., dosent



Vahid Qara oğlu Fərhadov

Elmi seminarın sədri:
t.e.d., professor



Bayram Qənimət oğlu İbrahimov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Müasir rabitə sistemləri və şəbəkələrinin əsas inkişaf ənənələri infokommunikasiya proseslərinin inkişafı qlobal informasiya cəmiyyətinin yaranması üçün obyektiv faktor olmuşdur. Texnologiyaların inkişafı, telekommunikasiya şəbəkələrinin fasiləsiz olaraq kəmiyyət və keyfiyyət dəyişikliyi bir sıra yeni təxirə salınmaz məsələlərin həllini tələb edir. Belə məsələlər sırasında telekommunikasiya şəbəkələrinin layihələndirilməsi üçün məlum olan yanaşmaların nəzəri əsaslarının sistemləşdirilməsi və yeni üsulların yaranmasının analiz və sintezini tələb edir.

Müasir telekommunikasiya şəbəkələrinin əsas vəzifəsi verilənlərin mənbədən bir və ya bir neçə istifadəçiyə arzu edilən xidmət keyfiyyətinin təmin edilməsi ilə çatdırmaqdan ibarətdir. Elmi tədqiqatlar əsasında məlum olmuşdur ki, müasir riyazi və optimallaşdırma üsullarının tətbiqi, telekommunikasiya şəbəkələrinin planlaşdırılması və istismarı zamanı bütün xərclərin 20 %-ni azaltmağa imkan verir. Müasir multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrində xidmət keyfiyyətinin artırılması üçün əsas faktor marşrutlama, trafiklərin çeşidlənməsi və şəbəkə qovşaqlarında prioritetli paketlərin emalı məsələlərinin razılaşdırılması əsasında şəbəkə resurslarından effektiv istifadə edilməsidir.

Telekommunikasiya şəbəkələrinin uzun müddətli fəaliyyət göstərməsi üçün, keyfiyyət göstəriciləri xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Telekommunikasiya şəbəkələrinin fəaliyyət göstəricilərinin artırılması üçün tələb olunur ki, gecikmə parametri (200 m/s-dən 10 san.-dək) və paketlərin itmə ehtimalılıığı (10^{-12} -dən 10^{-3} -ə qədər) ciddi təmin edilmiş olsun. Kütləvi xidmət sistemlərinin inkişafında olan nəzəri üsulları qlobal multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin müxtəlif rabitə traktlarının, qovşaq və qurğularının iş keyfiyyəti göstəriciləri və resurslardan effektiv istifadənin artırılması ilə bağlı olan çoxsaylı məsələlərini həll etməyə imkan verir. Müasir dövrdə dünyanın bir çox ölkələrində müxtəlif çoxkanallı və çoxqovşaq prioritetli və multiservisli telekommunikasiya şəbəkələri və kommutasiya sistemləri işlənilib hazırlanır və tətbiq olunur.

Telekommunikasiya şəbəkələrinin layihələndirilməsi zamanı (kommutasiya qurğuları, rəqəmli rabitə xətləri, verilənlərin ötürülməsi üçün müxtəlif veriliş mühitləri, səsələrin və videoinformasiyaların, müxtəlif multipleksləşdirmə üsullarının tətbiqilə) parallel kanalların sayının, bufer yaddaşı ölçülərinin, şəbəkənin qovşaqlarının sayının və prioritetli xidmət növünün nəzərə alınması məcburiyyəti inkar edilməyən həqiqətdir.

Telekommunikasiya sistemlərinin göstəricilərinin hesablanması modelləri və üsullarının mövcud olan variantları kifayət etmir ki, xidmət sistemlərinin struktur xüsusiyyətləri və müxtəlif növ trafikləri xidmət etmə qaydaları nəzərə alınmaqla tam şəkildə tətbiq edilsin.

Məhz bu səbəbdən dissertasiya işi multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin iş keyfiyyəti göstəricilərinin hesablanması, xidmət keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadə olunmanın artırılması üçün üsul və alqoritmin reallaşmasını nəzərdə tutur.

Dissertasiya işində müasir telekommunikasiya şəbəkələrinin iş fəaliyyətini qiymətləndirməyə imkan verən şəbəkə qovşaqlarında kanalların sayını, gözləmə yerlərinin sayını və şəbəkədə qovşaqların sayını nəzərə alan riyazi modellər işlənib hazırlanmışdır. Hesabalamalar ədədi göstəricilər alınmaqla aparılıb ki, müasir telekommunikasiya şəbəkələrinin layihələndirilməsi zamanı mühəndis istifadəsinə yararlı olan şəbəkənin və kommutasiya qovşağının iş keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Şəbəkənin artıq yüklənməsi ilə mübarizə və paket sellərinə tələb olunan səviyyədə xidmət olunmanı təmin edən Resource reSerVation Protocol (RSVP) - resursların rezervləşdirilməsi protokolu, Real-time Transport Protocol (RTP) - real zamanda nəqliyyat protokolları kimi, xidmət keyfiyyətinə aid olan əhəmiyyətli protokollar tətbiq edilir.

Telekommunikasiya şəbəkələrinin layihələndirilməsi və xidmət keyfiyyətinin təmin edilməsi aktual bir məsələnin Quality of Service (QoS) ön plana çəkilməsini tələb edir ki, bu da paketlərin ehtimal-zaman xarakteristikasının dəyişməsinə təyin etməkdən ibarətdir (paketlərin çatdırılmasının orta vaxtı, növbədəki paketlərin orta sayının və itki ehtimalının təyini). Bu göstəricilərin multiservisli, məhdud növbəli və prioritetli, birkanallı və çoxkanallı telekommunikasiya

şəbəkələrində dəyişməsinin təyin edilməsi üsullarının işlənməsi **aktual** məsələdir.

Tədqiqat obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı prioritetli rejimlə işləyən multiservisli telekommunikasiya şəbəkələridir. Tədqiqatın predmeti prioritet rejimlə işləyən multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin analitik modelləri, xidmət keyfiyyəti və resurslardan istifadə effektivliyinin artırılmasıdır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Tədqiqatın məqsədi multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin təqdim etdikləri xidmət keyfiyyətinin və fəaliyyətlərinin effektivliyinin artırılmasına yönəlmiş elmi analizlərin işlənməsi, metodologiyanın inkişaf etdirilməsi, sintez modelləri və üsullarının işlənməsi və inkişaf etdirilməsindən ibarətdir. Əsas məsələlər aşağıdakılardır:

- müxtəlif prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli şəbəkələrdə paket sellərinin ehtimal-zaman xarakteristikalarını (çatdırılma vaxtı, növbədəki paketlərin sayı, itki ehtimalı) təyin edən üsulun işlənilib hazırlanması;

- məhdud növbəli mütləq prioritetli birkanallı və çoxkanallı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin iş keyfiyyəti göstəricilərinin optimal qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritmin işlənilib hazırlanması;

- birkanallı və çoxkanallı məhdud növbəli mütləq prioritetli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarında paketlərin itmə ehtimalı və vaxtında çatdırılması ehtimallarının hesablanması üsulun işlənilib hazırlanması;

- kombinə olunmuş prioritetli rejimlə işləyən kommutasiya qovşağının parametrlərinin optimallaşdırılması alqoritmi və üsulunun işlənməsi;

- çoxqovşaqlı və çoxkanallı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin analitik modelinin işlənməsi və şəbəkənin iş keyfiyyətini hesablamağa imkan verən alqoritmin işlənməsi.

Tədqiqat metodları. Tədqiqatlar ehtimal nəzəriyyəsinin müddəalarından, riyazi statistikanın, kütləvi xidmət şəbəkələri nəzəriyyəsinin üsullarından, ədədi hesablama və kompüter modelləşdirilməsindən istifadə olunmaqla aparılmışdır.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar. Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar aşağıdakılardır:

1. Birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli, məhdud növbəli, mütləq prioritetli telekommunikasiya şəbəkələrində paket sellərinin ehtimal-zaman xarakteristikalarının riyazi modelləri və hesablanması üsulları, şəbəkə qovşaqlarında olan resursların və bufer yaddaşlarında növbədə olan paketlərin saylarının təyin edilməsi ilə xidmət keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadənin artırılması metodikası.

2. Birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli, məhdud növbəli, mütləq prioritetli telekommunikasiya şəbəkələrinin fəaliyyət göstəricilərinin optimal qiymətlərinin hesablanması üçün vacib olan hesablama alqoritmi.

3. Birkanallı və çoxkanallı məhdud növbəli, mütləq prioritetli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarında paketlərin itki ehtimalı və onların vaxtında ünvana çatdırılması ehtimallarının hesablanması ilə xidmət keyfiyyəti və resursların effektivliyinin artırılması metodikası.

4. Müxtəlif iş rejimlərində işləyən multiservisli, prioritetli və məhdud növbəli telekommunikasiya qovşaqları parametrlərinin optimallaşdırılmasına əsaslanan xidmət keyfiyyətinin artırılması üsulu.

5. Lokal və qlobal multiservisli kommutasiya qovşaqları və şəbəkələri resurslarının seçilməsi və effektiv istifadə edilməsi üsulu.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işinin elmi yenilikləri aşağıdakılardır:

1. Mütləq prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrində paket sellərinin ehtimal-zaman xarakteristikalarını təyin etməyə imkan verən üsul işlənib hazırlanmışdır.

2. Mütləq prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin iş keyfiyyətini xarakterizə edən göstəricilərin optimal qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritm işlənib hazırlanmışdır.

3. Birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı mütləq prioritetli, məhdud növbəli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarının iş keyfiyyəti

yətini təyin edən göstəricilərin optimal qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritm işlənib hazırlanmışdır.

4. Birkanallı mütləq prioritetli, məhdud növbəli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarında paketlərin itməsi və vaxtında ünvanlara çatdırılması ehtimallarının hesablanması metodu işlənib hazırlanmışdır.

5. Kombinə edilmiş iş rejimi ilə işləyən multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarının fəaliyyətlərini xarakterizə edən parametrlərin optimal qiymətlərini hesablamaq və seçmək üçün təklif işlənib hazırlanmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin yaradılması zamanı resurslardan effektiv istifadə üsullarından birinin seçilməsinin mümkün olması və həmçinin təklif edilən hesablama üsulları imkan verir ki, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli, məhdud növbəli prioritetli sistemlərdə paketlərin çatdırılma vaxtlarını, gözləmə yerlərinin sayını və paket sellərinin itmə ehtimallarını təyin etmək və seçmək mümkün olsun. Bu üsullar həm layihələndirilən, həm də istismarda olan rabitə şəbəkələri və qovşaqları üçün istifadə edilə bilərlər. Təklif edilən metodika, növbələrdəki yerlərin optimal saylarını və növbədə gözləməli olan paketlərin optimal saylarını təyin etməyə imkan verir ki, bu da xidmət keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadənin artırılması üçün mühüm şərtidir. Təqdim edilən hesablama üsulları real telekommunikasiya sistemlərində paketlərin itmə və öz vaxtında ünvana çatdırılma ehtimallarının real qiymətlərini təyin etməyə imkan verir. Kombinə edilmiş iş rejimi ilə fəaliyyət göstərən multiservisli kommutasiya qovşaqlarının parametrlərinin optimallaşma alqoritmi telekommunikasiya şəbəkəsinin ən optimal layihələndirmə üsulunu seçməyə imkan verir. Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində alınan nəticələr AzTU-da tədris prosesi və elmi-tədqiqat proseslərində tətbiq olunur.

Nəticələrin dürüstlüklük dərəcəsi. Dissertasiya işi müasir tətbiqi proqram paketlərində modelləşdirmə ilə yerinə yetirilmişdir. Kompüter modelləşdirilmənin nəticələri isə tədqiqatın dürüstlüyünü təsdiq edir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş elmi məsələlər və əldə edilmiş əsas nəticələr bilavasitə müəllif tərəfindən müstəqil olaraq alınmışdır. Mütləq prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrində paket sellərinin ehtimal-zaman xarakteristikalarını təyin etməyə imkan verən üsul, mütləq prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin iş keyfiyyətini xarakterizə edən göstəricilərin optimal qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritm, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı mütləq prioritetli, məhdud növbəli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarının iş keyfiyyətini təyin edən göstəricilərin optimal qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritm, birkanallı mütləq prioritetli, məhdud növbəli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarında paketlərin itməsi və vaxtında ünvanlara çatdırılması ehtimallarının hesablanması metodu, kombinə edilmiş iş rejimi ilə işləyən multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarının fəaliyyətlərini xarakterizə edən parametrlərin optimal qiymətlərini hesablamaq və seçmək üçün təklif müəllif tərəfindən müstəqil və ya onun məsul icraçı qisminə iştirakı ilə yerinə yetirilmişdir.

İşin nəticələrinin həyata keçirilməsi və tətbiqi. Dissertasiya işinin nəticələri Azərbaycan Texniki Universitetində elmi-tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsində və tədris prosesində tətbiq edilir.

Dissertasiya işinin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı konfranslarda ətraflı müzakirə edilmişdir: AzTU-da keçirilən aspirant və gənc tədqiqatçıların 8-ci respublika elmi konfransı, Bakı, 2002-ci il; AzTU-da keçirilən beynəlxalq elmi-texniki konfrans, Bakı, 2016-cı il; “Rabitə və texnologiyanın idarə olunması” adlı beynəlxalq konfrans, Vyana, 2021-ci il; Belarus Dövlət Rabitə Akademiyasının keçirdiyi “Müasir rabitə vasitələri” mövzusunda beynəlxalq konfrans, Minsk, 2021-ci il.

İşin nəticələrinin dərc olunması. Dissertasiyanın məzmununu əks etdirən tədqiqatlar və onların nəticələrinə dair ölkə və xarici elmi-texniki nəşrlərdə 14 elmi məqalə və konfrans materialı və 1 dərslük çap olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat. Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, üç fəsil, əsas nəticələr, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı, əlavələr, ixtisarların və şərti işarələrin siyahısı olmaqla A4 formatlı 137 səhifə kompüter mətnindən ibarətdir. İşdə 102 adda ədəbiyyatdan istifadə edilmişdir. Dissertasiyada olan işarələrin sayı 221855-ə bərabərdir. Avtoreferatda olan işarələrin sayı 39515-ə bərabərdir.

TƏDQIQATIN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə tədqiq olunan mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın əsas məsələləri formalaşdırılmış, dissertasiyanın əsas elmi nəticələri şərh edilmiş, müdafiəyə təqdim edilən əsas müddəalar sadələnməmiş, dissertasiyanın strukturu və həcmi qeyd edilmiş, tədqiqatın nəticələrinin praktiki əhəmiyyəti və tətbiq sahələri təyin edilmiş, işin aprobeasiyası haqqında məlumat verilmiş və onun qısa məzmunu şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə müasir telekommunikasiya şəbəkələrinin keyfiyyətli xidmətlərini təmin edən texnologiyalar və onlara qoyulan əsas tələbatlar analiz edilmişdir. Burada klassik telekommunikasiya şəbəkələrinin qurulmasının əsas üsulları və onların analizi aparılmışdır. Telekommunikasiya və informasiya texnologiyaları sahəsində yaranan çox böyük sürətli inkişaf yeni nəsillə multiservis şəbəkəsinin funksional modelinin ümumi halda üç səviyyədə ibarət olmasını məqsəduyğun hesab edilmişdir.

Bunlar nəqliyyat səviyyəsi, kommunikasiyanın idarə olunması və informasiyanın verilməsi səviyyəsi və xidmətlərin idarə olunması səviyyələri kimi qəbul edilmişdir.

Multisevisli şəbəkə universal, çoxməqsədli mühit olub, paket kommunikasiyası texnologiyasından istifadə etməklə nitqin, təsvirlərin və verilənlərin ötürülməsini təmin edən bir şəbəkə olmalıdır. Yeni nəsillə rabitə şəbəkəsi konsepsiyasına uyğun multiservisli telekommunikasiya şəbəkəsinin qurulma variantı işlənib təklif edilmişdir.

Yeni nəsillə multiservisli rabitə şəbəkəsinə aşağıda qeyd edilən tələblər qoyulur:

- **multiservislilik** (çoxxidmətli olması). Bu tələb nəqliyyat texnologiyasından asılı olmadan təqdim edilən xidmətlərin mümkün olması deməkdir;

- **genişzolaqlılıq**. Bu tələb istifadəçinin mövcud tələbatından asılı olaraq informasiya verilişi sürətinin geniş diapazonda dinamik və çevik dəyişməsinin mümkün olmasını təmin edir;

- **multimedialıq**. Bu tələb şəbəkənin bütün növ informasiyaların (nitq, video, audio, mətn) sinxronlaşmalarının təmin edilməsi ilə real zamanda və mürəkkəb birləşmə strukturu istifadə edilməsi ilə verilməsinin təmin edilməsi qabiliyyətini təmin edir;

- **intellektuallıq**. Bu tələb xidməti təqdim edənlər, çağırış və birləşməni yaradan istifadəçilər tərəfindən idarə edilməsi imkanının olmasını təmin edir;

- **qoşulma variantının olması**. Bu tələb istifadə edilən texnologiyadan asılı olmayaraq xidmətlərə qoşulmanın mümkün olmasını bildirir;

- **çoxperiodluluq**. Bu tələb xidmətlərin təqdim olunmasında bir neçə operatorun iştirakını nəzərdə tutur ki, bu zaman onların xidmət çərçivəsində cavabdehliklərinin ayrılması təmin edilmiş olsun.

Bunlarla yanaşı gələcək nəsillər şəbəkələrinə tələbatlar müəyyən-ləşən zaman xidmətləri təqdim edənlərin fəaliyyətlərinin xüsusiyyətlərini nəzərə alan tələblər də qoyulur. Məlumdur ki, rabitə şəbəkələrini hərəkətə gətirən yük mənbələrindən şəbəkəyə daxil olan çağırışlar (informasiyalar, sorğular, tələblər, paketlər və s.) selidir. Çağırışlar şəbəkəyə təsadüfi zaman anlarında, biri digərindən asılı olmayaraq daxil olurlar. Çağırışların şəbəkəyə daxil olması ardıcılığı müəyyən paylanma qanununa əsasən müəyyən edilir.

Çağırışlar və ya paketlər selini ifadə etmək (vermək) üçün kifayətdir ki, hər bir paket arasında olan i -ci intervalların paylanması məlum olsun:

$$A_i(t) = P(\tau \leq t), i \geq 1 \quad (1)$$

$A_i(t)$ ifadəsi onu bildirir ki, hər hansı intervalda paylanma funksiyası iki qonşu çağırışın daxilolma momenti arasında olan t zaman intervalının iki qonşu çağırış intervalına bərabər və ya ondan kiçik olacaqdır. İkincidən başlayaraq paylanma funksiyaları eyni olan $A_2(t) = A_3(t) = \dots = A(t)$ məhdud nəticəli çağırış seli rekurrent sel

adlanır. $A_1(t) = A(t)$ olan rekurrent selində $A(t)=1-e^{-\lambda t}$ olarsa, belə sel Puasson seli adlanır.

Puasson selinə çox vaxt ən sadə sel deyilir. Başqa sözlə stasionar ordinar və nəticəsiz selə ən sadə sel deyilir. Belə sel üçün t zaman intervalında n çağırışın daxil olması ehtimalı $P_n(t)$ aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$P_n(t) = W[(\lambda t), n], \quad (2)$$

burada λ - daxil olan selin intensivliyidir.

Selin stasionar olması o deməkdir ki, verilən intervalda çağırış seli sabit qiymətə ($\lambda=const$) malik olacaqdır. Ən sadə sel üçün iki qonşu daxilolma momenti arasında olan orta interval $\lambda = 1/\tau_{or}$ olar. Burada τ_{or} iki qonşu daxilolma momentləri arasında olan orta qiymətdir. Sadə çağırış selində onun parametri λ intensivliyi ilə üst-üstə düşür. Rabitə şəbəkələrinə daxil olan çağırışlara (məlumatlara) rabitə qovşaqlarında xidmət prosesi həyata keçirilir. Ən sadə halda, hər bir çağırışa xidmət olunma sayəsində rabitə sisteminin müəyyən giriş xəttinin tələb olunan çıxış xəttinə qoşulması baş verir. Giriş və çıxış xəttlərinin bir-birinə bağlantı müddəti, bu zaman yaranmış dövrə ilə verilən informasiya və ya məlumatın davam etmə müddətindən asılı olur.

Beləliklə, rabitə şəbəkələrində çağırışlara xidmət olunma vaxtları təsadüfi qiymətlərə malik olurlar və məntiqi olaraq, paylanma qanunu ilə izah edilə bilər.

Fərz edək ki, t çağırışlara xidmət etmə vaxtıdır, λ çağırışlara xidmət etmə intensivliyidir (bit/s). Çağırışlara xidmət olunmanın ehtimal funksiyası aşağıda qeyd edilən paylanma qanunu ilə ifadə edilə bilər:

$$B(t, \lambda) = P\{\gamma < t, \lambda\}, \quad (t \geq 0, \lambda > 0) \quad (3)$$

$B(t)$ funksiyası xidmət olunma vaxtı γ hər hansı verilmiş t qiymətindən kiçik olacağı ehtimalını təyin edir. Buradan aydın olur ki, $B(t)$ bütün paylanma funksiyaları kimi müsbət monoton artan funksiya olmalıdır və vahiddən böyük olmamalıdır.

Xidmət olunma vaxtının paylanma qanunu imkan verir ki, xidmət etmə intensivliyi təyin edilsin. Çağırışa orta xidmət etmə müddəti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$E[T_{or}(t)] = \int_0^{\infty} t dB(t), \quad (4)$$

Xidmətəmə vaxtının eksponensial qanunla dəyişdiyi halda, $B(t)=1-e^{-\mu(t)}$ olur, burada $\mu(t)$ xidmətəmə intensivliyi adlanır. Telekommunikasiya şəbəkələrində mövcud ola bilən informasiya selləri və onlara xidmətəmə vaxtlarının hər biri ayrılıqda Puasson, Erlanq, hiperekspensial və sabit qanunla paylana bilər. Puasson, Erlanq və hiperekspensial paylanmalarını müqayisə etdikdə məlum olur ki, Erlanq paylanma funksiyası $k=0$ olduqda eksponensiala çevrilir (Puasson paylanmasına), $k \rightarrow \infty$ olduqda isə Erlanq paylanması sabit xidmətəmə vaxtının paylanma funksiyasına (requlyar paylanmaya) çevrilir. Erlanq paylanma funksiyası t -nin böyük qiymətlərində çox böyük qiymət alır, nəinki Puasson paylanmasında. Multiservis xidmətlərindən yaranan trafiklər böyük zaman intervalında sıçrayış xarakterli olduğu üçün, bu xüsusiyyət şəbəkənin iş keyfiyyəti göstəricilərinə kifayət qədər ciddi təsir göstərir. Hazırkı dövrdə multiservis xidmətlərindən yaranan trafiklərin telekommunikasiya şəbəkələrinin iş keyfiyyətinə təsirinin öyrənilməsi, onların idarə olunması və hesablanması aktual məsələlərdən biri hesab edilir. Bununla əlaqədar olaraq multiservisli şəbəkənin ixtiyari qovşağına xarici yük mənbələrindən və şəbəkənin ayrı-ayrı qovşaqlarından daxil olan informasiya sellərinin qiymətini, şəbəkənin iki qovşağı arasında yarana bilən informasiya sellərinin intensivliyini, eləcə də şəbəkənin bir qovşağından çıxan və digər qovşaqlara istiqamətlənən informasiya sellərinin qiymətlərini hesablamağa imkan verən mühəndis hesablama düsturları işlənilib hazırlanmışdır.

İkinci fəsilə multiservisli şəbəkələrdə informasiya mübadiləsinin təmin edən texnologiyaların analizi şərh edilmişdir. Əsas diqqət multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrində keyfiyyətli xidməti təmin edən protokolların analizinə yetirilmişdir.

Məlumatların təqdim olunma formasını və göndərilməsi üsulunu, onların dəyişmə qaydalarını, şəbəkədə müxtəlif avadanlıqların birgə işləməsi ardıcılığını təyin edən standartlara protokol deyilir.

Protokol - qarşılıqlı fəaliyyət qaydaları deməkdir. Şəbəkə protokolu, ona qoşulan kompüterlərin işlənmə qaydalarını müəyyən edir. Müxtəlif kompüterlərin “eyni bir dildə danışmasını” standart protokollar təyin edir. Müxtəlif növ kompüterlər internetə qoşulan zaman müəyyən əməliyyatlar həyata keçirilir ki, onlar da müxtəlif əməliyyat sistemlərinin köməyi ilə idarə olunurlar.

Şəbəkədə bir-biri ilə işləyən bir neçə səviyyəli protokollar mövcuddur. Aşağı səviyyədə iki əsas protokoldan istifadə olunur. Bunlardan biri Internet Protocol (IP) - internet protokolu, digəri isə Transimission Control Protocol (TCP) - verilişi idarə edən protokol adlanır. Hər iki protokolun bir-biri ilə sıx əlaqədə olmasına görə onları çox vaxt birləşdirib TCP/IP adlandırırlar. İnternetdə baza protokolu kimi TCP/IP istifadə edilir. Qalan bütün çoxsaylı protokollar TCP/IP-nin əsasında qurulurlar. TCP/IP protokolunun internet şəbəkəsində işləmə sxemi şəkil 1-də təsvir edilmişdir. Burada, nümunə üçün “Təbrik” sözünün paketlərə bölünməsi və ünvanə çatdırılması sxematik olaraq təsvir edilmişdir.

TCP protokol veriliş zamanı informasiyaları porsiyalara (hissələrə və ya paketlərə) bölür və bütün hissələri nömrələyir. Sonra IP protokolunun köməyi ilə həmin paketlər internet şəbəkəsi vastisi ilə tələb olunan, yəni məcburi çatacaq ünvanə göndərilir. Paketlər internet şəbəkəsi vasitəsilə müxtəlif yollarla tələb olunan ünvanə çatdırılırlar. Bu zaman onlardan bəziləri gecikmə ilə ünvanə çatır və onların qəbul olunma ardıcılığı pozulur. Qəbul məntəqəsində bu paketlər texniki qurğunun vasitəsilə, protokolun tələbinə görə, öz nömrələrinə uyğun ardıcıl yerləşdirilir və ilkin formada olduğu ardıcılıqla düzülmüş olurlar. Bütün bu əməliyyatları TCP protokolu həyata keçirilir. TCP protokolu üçün əhəmiyyəti yoxdur ki, paketlər hansı yollarla ünvanə çatmışdır. Bu məsələ ilə IP protokolu məşğul olur. Hər bir paketə IP protokolu xidməti informasiya əlavə edir. Bu xidməti informasiyaya əsasən paketi göndərən və onu qəbul edən ünvan məlum olur. Paketlərin ünvanlara çatdırılmasını poçt rabitəsinə uyğun olaraq təhlil etsək görərik ki, paketlər zərflə yerləşdirilir və onun üzərinə ünvan yazılaraq şəbəkəyə daxil edilərək ünvanə göndərilir (şəkil 1). Şəkil 1-də məlumat mənbəyi (MM), məlumat alan (MA) kimi göstərilmişdir.

IP protokolu, adi poçt göndərişi kimi, bütün paketlərin ünvanlara çatdırılmasını təmin edir. Belə olan halda ayrı-ayrı hissələrin göndərilmə sürəti və keçdiyi yol müxtəlif ola bilər.

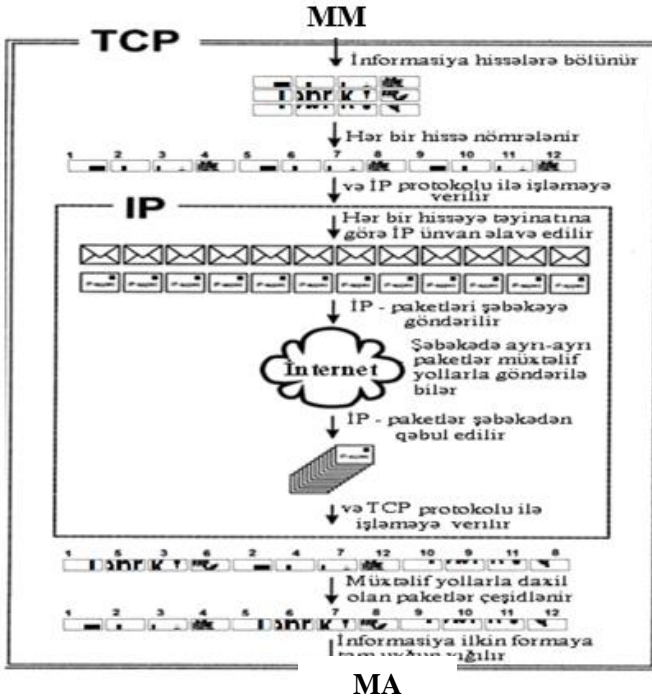
Əgər ayrı-ayrı zərflər keçdiyi yolda müəyyən təhriflərə uğrayıb səhv qəbul edilmiş olarsa, onda onların sorğu vasitəsilə təkrar olaraq bir neçə dəfə yenidən qəbul edilməsi təmin edilir.

Müxtəlif növ trafiklərin intensivliyi getdikcə daha çox fərqlənir. Artıq bir neçə ildir ki, bütün trafiklərdən tez verilənlərin ötürülməsi artmaqda davam edir. Bu növ trafik bir neçə il əvvəl nitq trafiki həcmi ötmüşdür və bu növ trafikin artım sürəti indi də davam edir. Buna görə də gələcək şəbəkə tez və verilənlərin effektiv ötürülmə şəbəkəsi ilə müəyyən ediləcəkdir.

Buna təminatı IP protokol təşkil edir. Bu protokol internetin sürətlə inkişafına təminat yaradır. Bu protokol həmçinin, aşağı səviyyələrdə şəbəkələrin bütün mümkün variantlarda inkişafını təmin edir. Bu fəsildə birləşmiş IP şəbəkəsinin işləməsinin analizi aparılmış və qeyd edilmişdir ki, birləşmiş IP şəbəkəsinə qoyulan tələbatlar: artıq yüklənmə ilə mübarizə, gecikmənin azaldılması, yüksək buraxma qabiliyyətinin təmin edilməsi və ədalətli xidmət bu şəbəkənin əsas vəzifələrindən sayılır. Eyni zamanda bu fəsildə inteqrallaşdırılmış (Integrated Services, IS) və diferensiallaşdırılmış (Differentiated Services, DS) xidmətlərin şərhini verilmişdir.

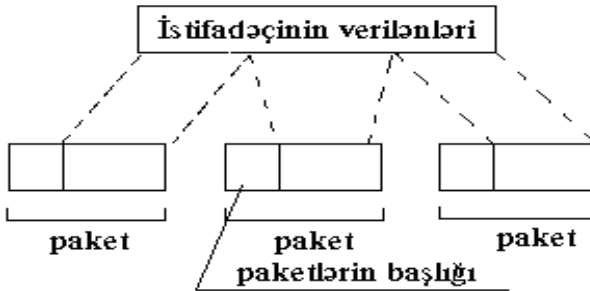
Resource Reservation Protocol (RSVP) - resursların ehtiyatlandırılması protokolu, Multi Protokol Label Switching (MPLS) - nişana görə çoxprotokollu kommutasiya və Real-time Transport Protocol (RTR) - real zamanda nəqliyyat protokolu protokolunun analizi aparılmışdır.

Ən yeni texnologiyalarla təchiz edilmiş müasir multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrində səs, mətn, video və digər növ informasiyalar rəqəm üsulu ilə paket selləri formasında, müxtəlif yollarla, elektrik və ya optik siqnalları formasında, tələb olunan ünvanlara çatdırılırlar. Paketlərin kommutasiyası rejimində işləyən belə şəbəkədə, ikili rəqəm formasına çevrilmiş hər bir informasiya (verilənlər) paketlərə bölünərək tələb olunan ünvanlara çatdırılırlar.



Şəkil 1. TCP/IP protokolunun işləmə sxemi

Hər bir paket daşıdığı verilənlərlə yanaşı başlıq və bir sıra xidməti informasiyalar yazılan sahəyə malik olur ki, o da paketin ya əvvəlində və ya axırında yerləşdirilmiş olur. Verilənlərin paketlərə bölünməsi sxematik olaraq şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Verilənlərin paketlərə bölünməsinin sxematik təsviri

Belə rejimdə hər bir paket, özündən əvvəlki və sonrakı pakətdən asılı olmayaraq şəbəkə ilə nəql edilir. Paketin nəqli zamanı şəbəkənin hər bir qovşağı, paketin başlığına və ətrafındakı qovşaqlar haqqındakı məlumatlara əsasən, paketin yenidən nəql ediləcəyi sonrakı qovşağı seçir. Bu zaman, eyni son ünvana çatacaq müxtəlif paketlər, göndərən qovşaqdan qəbuledici qovşağa müxtəlif yollarla nəql olunaraq çata bilər. Paketlərin düzgün ardıcılıqla bərpa olunması ya son qəbuledici qovşaqda, ya da qəbuledici ünvanda həyata keçirilir və paketlərin belə üsulla nəql edilməsi deytqram rejimi adlanır.

Asynchonus Transfer Mode (ATM) - verilənlərin ötürülməsinin asinxron rejimi şəbəkəsi bəzən yuvacıqların retranslyasiyası kimi informasiya seli hər bir məntiqi birləşmədə xana (cell) adlanan qeyd edilmiş ölçülü paketlər şəklində təsvir olunur. ATM şəbəkəsində 53 bayt ölçülü xanalar istifadə edilir ki, bunun 5 baytı başlıq, 48 baytı isə informasiya sahəsidir. ITU-T tərəfindən ATM üçün hazırlanmış protokolların arxitekturası şəkil 3-də təsvir edilmişdir.

Daha yüksək səviyyə
ATM-in uyğunlaşma səviyyəsi (ALL)
ATM səviyyəsi
Fiziki səviyyə

Şəkil 3. ATM protokollarının arxitekturası

Bu standartda qeyd olunan veriliş sürəti 155,52 Mbit/s və 622,68 Mbit/s təşkil edir. Həmçinin daha yüksək və daha aşağı veriliş sürətində də bu protokol işləyə bilər. ATM səviyyəsi verilənlər selinin ötürülməsini, konkret uzuluğa malik olan yuvacıqların məntiqi birləşmələrin yaradılması sayəsində təmin edir. Burada AAL alt səviyyəsi yüksək səviyyədə yerləşən informasiyaları ATM yuvacıqlarına çevirmək üçün istifadə edilir ki, onları ATM şəbəkəsi ilə vermək mümkün olsun. Sonra isə ATM yuvacıqlarından ibarət olan informasiyalar cəmlənib daha yüksək səviyyəyə daşınır.

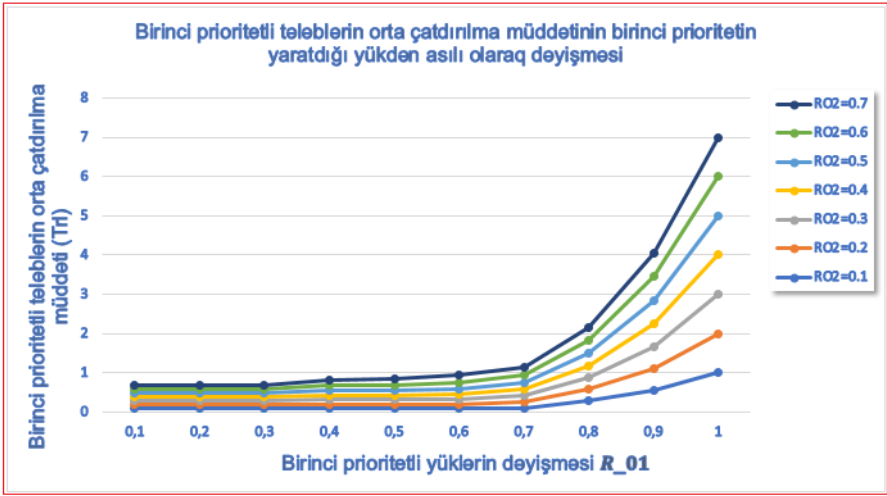
Üçüncü fəsildə multiservisli telekommunikasiya sisteminin xidmət keyfiyyəti və resurslarının effektivliyinin artırılması məsələləri

tədqiq edilmiş, bir server qarşısında yaranan növbənin analitik modeli hazırlanmışdır. Növbə üçün giriş informasiyaları kimi paketlərin qəbul edilməsi sürəti (λ) və xidmət müddəti (T_s) istifadə edilib. Növbənin analizində məqsəd belə giriş informasiyasına görə çıxışda aşağıdakı informasiyaları almaqdır: gözləyən paketlərin sayı (w), gözləmə müddəti (T_w), sistemdəki paketlərin sayı (r), paketin sistemdə olduğu müddət (T_r). Bizə ilk növbədə onların orta qiymətlərini bilmək lazımdır (w, T_w, r, T_r). Məhdud gözləmə və prioritet rejimi ilə işləyən birkanallı multiservisli rabitə sisteminin əsas göstəricilərinin hesablanması aşağıdakı şərtlər əsasında aparılır. Sistemin girişinə intensivlikləri uyğun olaraq λ_1 və λ_2 olan iki paketlər seli daxil olur. Sellərin daxil olma tezliyi Puasson paylanması ilə təyin edilir. Birinci və ikinci növ prioritetli sellərə xidmət olunma müddətlərinin paylanma funksiyası eksponensial qanunla təyin edilir. Bu halda birinci və ikinci prioritetli sellərin yaratdıqları yük uyğun olaraq ρ_1, ρ_2 olur. Növbədə gözləməkdə olan birinci prioritetli paketlərin orta sayını, gözləməkdə olan ikinci prioritetli paketlərin orta sayını, birinci prioritetli paketin xidmət sistemində qalmasının orta davamətmə müddətini və ikinci prioritetli paketin xidmət sistemində qalmasının orta davamətmə müddətini hesablamaq üçün analitik modellərlə ədədi hesablar aparılır.

Paketlərin orta gecikmə vaxtı, xidmət olunma vaxtlarının paylanma qanununun dəyişməsindən asılı olaraq kəskin dəyişir. Ən böyük gecikmə vaxtı hipereksponensial paylanmada, ən kiçik gecikmə isə requlyar (sabit) paylanma qanununda yaranır.

Hesablamalar göstərir ki, sistemin iş keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadə olması paketlərin orta çatdırılma vaxtı ilə yanaşı paketlərin yaratdıqları yükdən və paketlərin gözləməsi üçün ayrılan bufer yaddaşından asılı olur.

Alınmış əyriyənlərin təhlili göstərir ki, yüksək prioritetli paketlərə xidmət olunma daha tez həyata keçirilir, nəinki aşağı prioritetli paketlər (şəkil 4).



Şəkil 4. Birinci prioritetli paketin orta daşınma (çatdırılma) vaxtının (T_{T1}) birinci prioritetin yükündən (ρ_1) asılı olaraq dəyişmə əyriləri

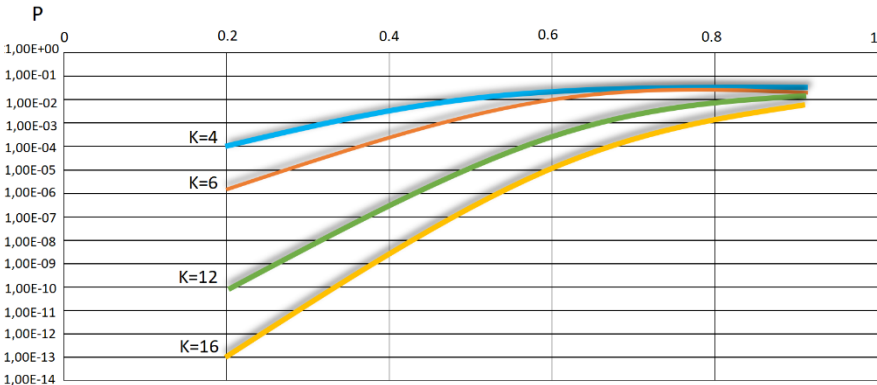
Şəkil 5-də bir qovşaqlı birkanallı şəbəkədə ($N=1$) birinci prioritetli paketlərin gözləmə yerlərinin müxtəlif qiymətlərində ($k=4-16$) birinci prioritetli paketlərin yaratdığı yükün dəyişməsindən (ρ) asılı olaraq itki ehtimallarına uyğun olan qrafik təsvir edilmişdir.

Nitq və verilənlər paketlərinə xidmət edən multiservisli rabitə qovşağının xidmət keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadə olmanın artırılması üçün çoxkanallı və prioritetli kütləvi xidmət sisteminin modelindən istifadə edilmişdir. Qovşağın vəziyyətini təyin edən tənliklər sistemi işlənib və onun daxil olan trafiklərdən, resurslardan, itki normasından asılı olan iş keyfiyyəti göstəricilərinin müxtəlif variantları hesablanaraq analiz edilmiş və effektivliyinin artırılması üçün seçim imkanı yaradılmışdır.

Mürəkkəb struktura malik olan multiservisli telekommunikasiya şəbəkəsinin iş keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadənin artırılması üçün onun analitik modelindən istifadə edilməklə tədqiqatlar aparılmışdır. Bir çox ədəbiyyatlarda çoxqovşaqlı sistemin riyazi modelini almaq üçün ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın müddəalarından istifadə edilmişdir.

Çoxqovşaqlı şəbəkələrin tədqiq edilməsi üçün qeyd edilən

ədəbiyyatda təklif edilmiş riyazi modellərdən istifadə edilmişdir.



Şəkil 5. Gözləmə yerlərinin müxtəlif qiymətlərində ($k=4-16$) birinci prioritetli paketlərin yaratdığı yükün dəyişməsindən (ρ) asılı olan itki ehtimalının qrafiki

Çoxkanallı və çoxqovşaqlı şəbəkələrdə itki ehtimalını hesabmaq üçün riyazi model, birinci prioritetli paketlər üçün xidmətdə məhdud növbə olduğundan, aşağıdakı kimidir:

$$P_{i1} = \sum_{i=1}^N \frac{\rho_{i1}^{s_i+k_i}}{s_i^{k_i} s_i!} \left[\sum_{v=0}^{s_i} \frac{\rho_{i1}^v}{v!} + \frac{\rho_{i1}^s}{s_i!} \sum_{j=1}^{k_i} \left(\frac{\rho_{i1}}{s_i} \right)^j \right]^{-1}, \quad (5)$$

burada N - şəbəkədəki qovşaqların sayı; ρ_{i1} - birinci prioritetli yükü; s_i - kanalların sayı; k_i - şəbəkənin i qovşağındakı gözləmə yerlərinin sayıdır.

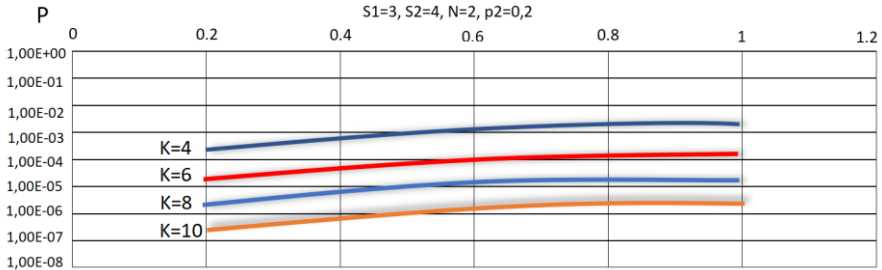
Çoxkanallı və çoxqovşaqlı şəbəkələrdə inkar etmənin ehtimalını hesablamaq üçün riyazi model, ikinci prioritetli paketlər üçün məhdud növbə ilə xidmət olunduğundan aşağıdakı kimidir:

$$P_{i2} = \sum_{i=1}^N \frac{(\rho_{i1} + \rho_{i2})^{s_i+k_i}}{s_i^{k_i} s_i!} \left[\sum_{v=0}^{s_i} \frac{(\rho_{i1} + \rho_{i2})^v}{v!} + \frac{(\rho_{i1} + \rho_{i2})^{s_i}}{s_i!} \sum_{j=1}^{k_i} \left(\frac{\rho_{i1} + \rho_{i2}}{s_i} \right)^j \right]^{-1}, \quad (6)$$

burada ρ_{i2} - şəbəkənin i -ci qovşağının ikinci prioritetinin yüküdür.

Çoxkanallı və çoxqovşaqlı şəbəkələrdə birinci və ikinci

prioritetli paketlər üçün, xidmətdə məhdud növbənin olmasını nəzərə almaqla, (itki) inkar etmənin ehtimalını hesablamaq üçün alqoritm hazırlanıb. Birinci və ikinci prioritetli paketlərə xidmət zamanı itki ehtimalının ədədi hesablanması yerinə yetirilib. Bu zaman çoxqovşaqlı şəbəkələrdə itki ehtimalı hesablanan zaman qovşaqların inkar etmə ehtimalları eyni götürülmüşdür. Belə ki, verilən rabitə şəbəkəsini layihələndirən zaman şəbəkənin layihələndirilən qovşaqlarında itki ehtimalının real qiymətini nəzərə almaq lazımdır (şəkil 6).



Şəkil 6. Çoxqovşaqlı şəbəkələrdə itki ehtimalının kanallarının sayının gözləmə yerlərin sayından asılılıq qrafiki

Şəkil 6-da qovşaqların sayı $N=2$, ikinci prioritetli paketlərin yaratdıqları yük $\rho_2 = 0,2$, birinci qovşaqlarda fəaliyyətdə olan kanalların sayı $S_1=3$. İkinci qovşaqlarda olan kanalların sayı $S_2= 4$ və gözləmə yerlərinin (bufer yaddaşlarının) $k=4-10$ saylarını əks etdirir. Alınan xarakteristikalardan görünür ki, tələb olunan xidmət keyfiyyəti və resurslardan effektiv istifadə etməni artırmaq üçün şəbəkənin qovşaqları arasında tələb olunan paralel kanalların sayını, həmçinin uyğun rabitə qovşaqlarındakı gözləmə yerlərinin optimal saylarını (yaddaş tutumunu) təyin etməklə tənzimləmək olar.

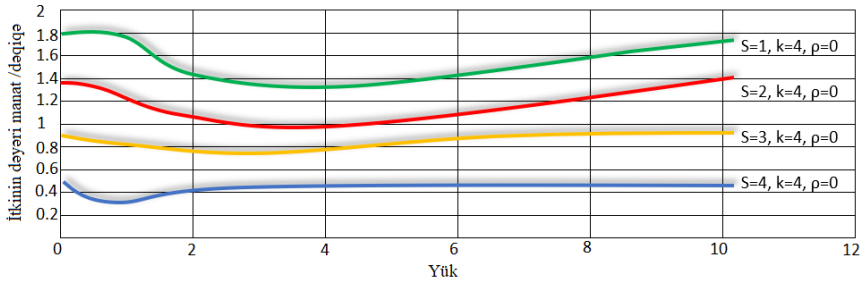
Məhdud gözləmə rejimində işləyən multiservisli kommutasiya qovşağının xidmət keyfiyyəti göstəriciləri və resurslarının optimallaşdırılması üçün iqtisadi itki funksiyasından istifadə edilmişdir:

$$G(s)=[q_{nk}(s-M_m) + q_{göz} \cdot M_{göz} + q_y \cdot W_{(s+k)} \cdot \lambda + q_k \cdot M_m]T \quad (7)$$

Bu funksiyada bütün xidmət edən rabitə kanallarının və sistemdə mövcud olan bütün gözləmə yerlərinin məşğul olması ehtimalı, lığı,

növbədə gözləməkdə olan paketlərin orta sayı, daxil olan paket selinin intensivliyi, rabitə kanalının vahid zamanda boş dayanmasının (qiyməti) dəyəri, vahid zamanda paketin növbədə gözləməsinin (qiyməti) dəyəri və bir rabitə kanalının vahid zamanda istifadəsi sayəsində əldə edilən iqtisadi dəyər və ya gəlir öz əksini tapmışdır.

Şəkil 7-də gözləmə yerlərinin sayı $k=4$ və xidmət edən kanalların müxtəlif qiymətləri üçün iqtisadi itki dəyərinin yükədən asılı olaraq dəyişmə qrafikləri göstərilmişdir.



Şəkil 7. Gözləmə yerlərinin sayı $k=4$ və xidmət edən kanalların müxtəlif qiymətləri üçün iqtisadi itki dəyərinin yükədən asılı olaraq dəyişmə qrafikləri

Şəkil 7-dən görünür ki, yükün eyni bir qiymətində $\rho =4$, $s=1$ və $k=4$ olduqda $G_{min}=1,4$ man/dəq., $s=2$ olduqda $G_{min}= 1,04$ man/dəq., $s=3$ olduqda $G_{min}=0,84$ man/dəq. və $s=4$ olduqda isə $G_{min}=0,4$ man/dəq. olur. Buradan aydın olur ki, kanalların sayı artdıqca, onların bir neçəsi boş dayanmalı olur. Bu isə dəyər funksiyasının (gəlirlərin) azalmasına səbəb olur.

Təqdim edilən metodika məhdud gözləmə rejimi ilə işləyən telekommunikasiya qovşağının optimal fəaliyyət rejimini və resursların optimal saylarını əldə etməklə, onların keyfiyyət göstəricilərinin artırılmasına nail olmaq olar.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Müasir multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin keyfiyyətli fəaliyyətini təmin edən texnologiyaların analizi göstərir ki, bu protokollar bütövlükdə paket sellərinin öz vaxtında ünvanlara çatdırılmasını təmin edir və ilkin olaraq telekommunikasiya şəbəkəsinin keyfiyyət göstəriciləri xarakteristikalarının hesablanması tələb edir. Analizlər göstərir ki, ATM və IP texnologiyalarının üstünlüklərindən birgə istifadə edilməsi sayəsində artıq yüklənmə ilə mübarizədə, gecikmələrin azaldılmasında, yüksək buraxma qabiliyyətinin təmin edilməsi və adi prioritetli paketlərə xidmət etmə keyfiyyətinin təminatında ən yaxşı nəticələr verir.

2. Məhdud gözləməli birkanallı prioritetləsiz şəbəkələrdə gözləmə yerlərinin sayının artırılması yükün az qiymətlərində paketlərin itirilmə ehtimalı hiss edilmir, yükün artması zamanı gözləmə yerlərinin eyni qiymətlərində paketlərin itmə ehtimalının ciddi artması aşkar edilmişdir.

3. Məhdud növbəli mütləq prioritetli birkanallı çoxqovşaqlı telekommunikasiya şəbəkəsinin qovşaqların sayından ayrı-ayrı qovşaqlardakı gözləmə yerlərinin sayından birinci və ikinci prioritetli paketlərin yaratdıqları yüklərdən asılı olan analitik modeli bazasında sistemin vacib ehtimal zaman xarakteristikasının hesabı aparılmışdır.

4. Birinci və ikinci prioritetli paketlərin xidmət olunması zamanı itmə ehtimallarını hesablamaq üçün alqoritmlər işlənib hazırlanmışdır. Tərtib edilmiş paket proqramların vasitəsilə hesablamalar aparılmış və yüklərin müxtəlif qiymətlərdən, şəbəkədə olan qovşaqların sayından və qovşaqlarda olan gözləmə yerlərinin sayından asılı olan paketlərin itmə ehtimallarının əyriləri qurulmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, birkanallı çoxqovşaqlı, məhdud növbəli və mütləq prioritetli şəbəkələrdə eyni bir qiymətdə qovşaqların sayı artıqca paketlərə xidmət keyfiyyəti əhəmiyyətli dərəcədə pisləşir. Belə şəbəkələrdə arzu olunun xidmət keyfiyyətini təmin etmək üçün ayrı-ayrı qovşaqlardakı gözləmə yerlərinin saylarını artırmaq vacibdir. Birkanallı çoxqovşaqlı, məhdud növbəli və mütləq prioritetli şəbəkələrin analizi göstərmişdir ki, belə şəbəkələrdə paketlərə xidmət

edilməsi keyfiyyəti müxtəlif prioritetli paketlərin yaratdıqları yüklərdən asılı olaraq dəyişir. Aparılmış ədədi hesablamalar və qurulmuş qrafiki asılılıqlar, məlum sayda qovşaqları, hər konkret qovşaqda məlum sayda gözləmə yerləri olan birinci və ikinci prioritetli paketlərin yaratdıqları trafiklərin bəlli olan qiymətlərinə malik telekommunikasiya şəbəkələrinin tələb olunan xidmət keyfiyyətini müəyyən etməyə imkan verir.

5. Məhdud növbəli mütləq prioritetli çoxkanallı çoxqovşaqlı telekommunikasiya şəbəkəsinin qovşaqların sayından, ayrı-ayrı qovşaqlardakı gözləmə yerlərinin sayından, birinci və ikinci prioritetli paketlərin yaratdıqları yüklərdən asılı olan analitik modeli işlənilib hazırlanmışdır. Göstərilmişdir ki, çoxqovşaqlı çoxkanallı telekommunikasiya şəbəkələrində tələb olunan iş keyfiyyətini təmin etmək üçün xidmət göstərən rabitə kanallarının optimal sayını (S), qovşaqlardakı gözləmə yerlərinin sayını (K) və ayrı-ayrı qovşaqlarda yaranan trafikləri ρ_1, ρ_2 bilmək vacibdir. Müəyyən edilmişdir ki, şəbəkənin normal işini təmin etmək üçün, şəbəkədə olan qovşaqların sayı artdıqca (N), xidmət edən kanalların sayını (S) və qovşaqlardakı gözləmə yerlərinin saylarını (K) da müvafiq olaraq artırmaq lazımdır. Alınmış cədvəllər və funksional asılılıqlar tələb olunan xidmət keyfiyyətli telekommunikasiya şəbəkələrinin layihələndirilməsinə təminat yaradır.

6. Kombinə edilmiş rejimlə işləyən telekommunikasiya qovşaqları layihələndirilən zaman, rabitə kanallarının sayını və qovşaqda tələb olunan gözləmə yerlərinin saylarını optimallaşdırmaq üçün, trafikə konkret qiymətindən asılı olan iqtisadi dəyər itkisinin minimum qiymətlərinin hesablanması məqsədə uyğundur.

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə aşağıdakı əsas elmi əsərlər dərc olunmuşdur:

1. Atayev, E.B., Kərimova, S.K., Vəkilova, T.M. Dolayı rabitə kanallı şəbəkələrdə çağırış xidmət keyfiyyətinin təmin edilməsinin bir usulu // – Bakı: Azərbaycan Texniki Universitetinin elmi əsərləri, – 2000, – cild 9, – №1, – s. 92-93.
2. Kərimova, S.K. Rabitə şəbəkələrində çağırış xidmətə keyfiyyətinin yüksəlməsi üsulu // Azərbaycan Texniki Univer-

- sitetinin aspirant və gənc tədqiqatçıların 8-ci respublika elmi konfransının materialları, AzTU, – Bakı: – 2002, – s. 33-34.
3. Kərimova, S.K. Telefon çağırışlarına keyfiyyətlə xidmət edilməsinin bir istiqaməti // Azərbaycan Texniki Universitetinin aspirant və gənc tədqiqatçıların 8-ci respublika elmi konfransının materialları, – AzTU, – Bakı: – 2002, – s. 45.
 4. Kərimova, S.K., Əliyev, H.Ə. İntellektual telekommunikasiya şəbəkəsinin SCP qovşağının keyfiyyət xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi // – Bakı: Azərbaycan Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – 2015, – №6 (100), – s. 58-62.
 5. Həsənov, A.N., Kərimova, S.K. Multiservisli qlobal telekommunikasiya şəbəkəsinin qurulmasında bəzi aktual məsələlər // AzTU-da keçirilən beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, – AzTU, – Bakı: – 2016, – s. 335-341.
 6. Kərimova, S.K., Əliyev, H.Ə. Multiservis şəbəkələrinin xidməti qovşaqlarında xidmətlər selinin keyfiyyət xarakteristikalarının tədqiqi // AzTU-da keçirilən beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, – AzTU, – Bakı: – 2016, – s. 313-319.
 7. Kərimova S.K., Əliyev H.Ə. Multiservis şəbəkələrinin xidməti qovşaqlarında xidmətlər selinin keyfiyyət xarakteristikalarının tədqiqi // – Bakı: Azərbaycan Texniki Universitetinin elmi əsərləri, – 2016, – №4, – s. 148-152.
 8. Kərimova, S.K., Əliyev, H.Ə. Məhdud resurslar şəraitində multivervis şəbəkələrinin buraxma qabiliyyətinin optimallaşdırılması // – Bakı: Azərbaycan Texniki Universitetinin elmi əsərləri, – 2017, – №2, – s. 34-39.
 9. Kərimova, S.K., İmamverdiyev, Q.M., Əliyev, H.Ə. Çoxkanallı rəqəm veriliş sisteminin tətbiqi ilə muxtəlif qanunlarla paylanan siqnalların qəbulunda potensial maneədayanlıqlığın təyini // – Bakı: Azərbaycan Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – 2017, – cild 19, – №5 (109), – s. 91-96.
 10. Керимова, С.К., Левеберг, Е.В. Метод расчета характеристик узла доступа сети NGN при обслуживании трафика передачи речи и данных // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С.Попова, – 2018, – №2, – с. 83-88.

11. Kərimova, S.K., Əliyev, H.Ə. Multiserviz şəbəkələrinin xidməti qovşaqlarında xidmətlər selinin keyfiyyət xarakteristikalarının tədqiqi // – Bakı: Azərbaycan Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – 2019, – №1 (117), – s. 87-92.
12. Kərimova, S.K. İntelektual telekommunikasiya şəbəkələri / – Bakı: – Dərs vəsaiti, – 2021, – 110 s.
13. Hasanov, A.N., Karimova, S.K. Methods For Increasing The Accuracy Of Calculation Of Characteristics The Quality Of Service Of The Telecommunication Network // International Conference “Engineering management of communication and technology, – Vienna: – 2021, – INSPEC Accession Number: 21481706, – pp. 1-7.
14. Karimova, S.K. Streaming Model of Traffic Management in the Telecommunication Network // International Conference “Engineering management of communication and technology, – Vienna: – 2021, – INSPEC Accession Number: 21587504, – pp. 7-13.
15. Karimova, S.K. Methods for increasing the accuracy of calculation of characteristics the quality of service of the telecommunication network // Материалы XXVI Международной научно-технической конференции «Современные средства связи», – Белорусская Государственная Академия Связи, – Минск: – 2021, – с. 218-220.

Həmmüəlliflərlə çap olunmuş elmi işlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

-[1, 2, 12, 14, 15] - sayılı işlər müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir;

-[3-11, 13] - sayılı işlərdə mütləq prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrində paket sellərinin ehtimal-zaman xarakteristikalarını təyin etməyə imkan verən üsul, mütləq prioritetli, məhdud növbəli, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı multiservisli telekommunikasiya şəbəkələrinin iş keyfiyyətini xarakterizə edən göstəricilərin optimal qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritm, birkanallı və çoxkanallı çoxqovşaqlı mütləq prioritetli, məhdud növbəli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarının iş keyfiyyətini təyin edən göstəricilərin optimal

qiymətlərini hesablamaq üçün alqoritm, birkanallı mütləq prioritetli, məhdud növbəli multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarında paketlərin itməsi və vaxtında ünvanlara çatdırılması ehtimallarının hesablanması metodu, kombinə edilmiş iş rejimi ilə işləyən multiservisli telekommunikasiya qovşaqlarının fəaliyyətlərini xarakterizə edən parametrlərin optimal qiymətlərini hesablamaq və seçmək üçün təklif müəllif tərəfindən yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi 27 oktyabr 2022-ci il tarixində saat 13⁰⁰-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: H.Cavid prospekti 25, Bakı, Azərbaycan, AZ 1073, Azərbaycan Texniki Universiteti.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya işi və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 26.09.2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.09.2022
Kağızın formatı: A5
Həcm: 39515
Tiraj: 100