

UOT 001:004.7

DOI: 10.25045/jpit.v10.i2.13

Ələkbərov Oqtay R.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
oqtayalakbarov@yahoo.com

MOBİL HESABLAMA BULUDLARININ ARXİTEKTUR-TEXNOLOJİ PRİNSİPLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI

Daxil olmuşdur: 08.01.2019 Düzəliş olunmuşdur: 05.02.2019 Qəbul olunmuşdur: 19.02.2019

Məqalədə bulud texnologiyaları əsasında yaradılan mobil hesablama buludlarının arxitektura-texnoloji prinsipləri analiz olunmuşdur. Eyni zamanda, mobil hesablama buludlarının arxitekturalarının müqayisəli təhlili aparılmışdır. Cloudletlər əsasında yaradılmış iyerarxik strukturlu mobil hesablama buludlarının üstünlükləri göstərilmişdir. Təklif edilən arxitekturanın mobil avadanlıqların hesablama və yaddaş resurslarına olan tələbatını daha səmərəli təmin etməsi və şəbəkədə gecikmələri aradan qaldırması qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: mobil hesablama buludları, mobil avadanlıqlar, cloudlet, hesablama və yaddaş resursları, hesablama buludları, əlaqə kanalı, şəbəkə infrastrukturunu, bulud xidmətləri.

Giriş

Son dövrlərdə mobil qurğuların geniş istehsalı mobil hesablama buludları (MHB) texnologiyalarının inkişafına böyük təkan vermişdir. MHB mobil qurğuları bulud serverlərə qoşmaqla onların texniki xarakteristikalarında (batareyanın işləmə müddəti, hesablama və yaddaş resurslarının azlığı və s.) olan məhdudyyətləri aradan qaldırır. Böyük hesablama və yaddaş resursu tələb edən proqram əlavələri çox asanlıqla bulud serverlərində yerinə yetirilir və nəticələr mobil qurğulara göndərilir. Eyni zamanda, bulud serverlərin texniki imkanları çox geniş olduğundan məsələlər qısa müddətdə həll olunur. Bu isə mobil qurğuların bataryalarının uzun müddət işləməsinə imkan verir. Məsələ buludlarda həll edildiyi müddətdə mobil qurğular onlayn rejimdə buludlara qoşulu vəziyyətdə qalmaqla məsələnin həllini gözləyir. Bu həll vaxtı nə qədər qısa olarsa, mobil qurğuların enerji sərfiyyatı da bir o qədər az olur. Digər tərəfdən, məsələnin əsas hissəsinin bulud serverlərdə həll edilməsi mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarına qənaət edilməsinə, ekranın tam gücü ilə işləməsinə imkan yaradır. Bu da özlüyündə enerji sərfiyyatını azaldır. Beləliklə, mobil qurğunun bataryasının uzun müddət işləməsinə imkan yaranır.

Hal-hazırda mərkəzləşdirilmiş mobil hesablama sistemlərində bulud serverlərin yüksək hesablama və yaddaş resurslarına malik olmasına baxmayaraq, onlar emal olunan məlumatların yüksək sürətlə istifadəçilərə çatdırılması imkanlarına malik deyillər. Hesablama buludlarında mobil istifadəçilərin sayının sürətlə artması şəbəkənin (əlaqə kanallarının) yüklənməsinə səbəb olur və bu da emal olunan məlumatların istifadəçiyə çatdırılmasında böyük gecikmələr yaradır. Beləliklə, naqilsiz şəhər miqyaslı şəbəkələrin (*ing. WMAN – Wireless Metropolitan Area Networks*) baza stansiyalarının yaxınlığında yerləşdirilən kiçik hesablama buludlarından (*ing. cloudlet*) istifadə etməklə mobil istifadəçilərin qurğularında olan hesablama və yaddaş resursları çatışmazlığının, əlaqə kanallarında gecikmələrin aradan qaldırılması üçün iyerarxik strukturlu cloudlet şəbəkəsinin yaradılması aktual məsələlərdəndir.

Tədqiqatla əlaqədar işlərin icmalı

MHB texnologiyaları istiqamətində aparılan tədqiqatların əksəriyyəti istifadəçi sorğularının uzaqda yerləşən bulud serverlərdə emalının səmərəli təşkili məsələlərinə həsr olunmuşdur [1–2]. Mərkəzləşdirilmiş hesablama buludları sistemlərində İnternet şəbəkəsinin yüklənməsi əlaqə kanallarında (İnternet şəbəkəsində, İnternet provayderlərdə, baza stansiyaları arasında və s.) istifadəçilərin sorğularının yerinə yetirilməsində gecikmələrin artmasına səbəb olur. Gecikmələri aradan qaldırmaq üçün istifadəçilərə daha yaxın yerlərdə yerləşdirilmiş cloudlet şəbəkələrindən

istifadə edilməsi təklif edilir. Bu halda cloudletlər sorğuları daha tez emal edir və həmçinin mobil qurğuların enerjiden daha az istifadə etməsini təmin edir.

[3]-də MHB-də cloudletlərin yaradılmasını zəruri edən şərtlər araşdırılmış və onların hansı baza stansiyalarının yaxınlığında yerləşdirilməsinin proqnozlaşdırılması məsələsi həll edilmişdir.

İstifadə edilən proqram əlavələrinin köməkçi (interfeys) və əsas hissələrini uyğun olaraq mobil qurğuda və bulud serverlərdə düzgün yerləşdirməklə də enerji sərfiyyatını və gecikmələri azaltmaq olar [4]. [5]-də bulud serverlər əksər hallarda fiziki cəhətdən istifadəçilərdən uzaqda olduğu üçün məlumat mübadiləsində uzunmüddətli gecikmələrin olması qeyd edilir. Bulud serverlərin istifadəçilərə yaxın yerləşdirilməsi məlumat mübadiləsində gecikmələri əhəmiyyətli dərəcədə azaldır [6]. [7]-də istifadəçi ilə cloudlet arasında əlaqə kanallarının sayı az olduqda, cloudletdə yerinə yetirilən proqram vasitələrinin yüksək keyfiyyətlə, minimal gecikmə və qırılmalarla həyata keçirilməsi təklif edilmişdir.

[8]-də mobil rabitə vasitəsilə uzaqda yerləşən buludlara giriş məhdudiyətlərini aradan qaldırmaq məqsədilə mobil tətbiqləri mobil cihazlara yaxın ərazilərdə yerləşən cloudletlərdən istifadə olunması təklif edilir. [9]-də mobil istifadəçinin cloudletə giriş imkanları, istifadəçi ilə cloudlet arasında əlaqənin müddəti, məsələlərin həll olunma vaxtı araşdırılmışdır.

[10]-də cloudletlərdə yaradılmış virtual maşınların texniki imkanlarından istifadə etməklə istifadəçi tələblərinə uyğun olaraq məsələnin daha tez həllini təmin edə bilən virtual maşınların seçilməsi məsələsinin həlli qarşıya qoyulmuşdur. [11]-də mobil tətbiq proqramlarının mobil şəbəkənin bulud serverləri arasında balanslı şəkildə optimal paylanması məsələsi araşdırılır. Cloudletlərarası əlaqə kanallarının ötürmə qabiliyyətinin mobil tətbiqlərin sürətlə yerinə yetirilməsi məsələsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərməsi tədqiq edilmişdir [12]. [13] və [14] naqilsiz şəhər miqyaslı şəbəkələrin giriş nöqtələrinin (*ing. Access Point*) yaxınlığında yerləşən cloudletlərin şəbəkə infrastrukturunun yaradılması məsələlərinə həsr edilmişdir. Yaxşı olar ki, qeyd edilən şəbəkənin bütün giriş nöqtələrinin yaxınlığında cloudletlər yaradılsın. Bu, iqtisadi cəhətdən səmərəli deyil və yaradılan şəbəkənin qiymətini bahalaşdırır. Digər tərəfdən də ola bilər ki, hər hansı giriş nöqtələri yaxınlığında yerləşdirilən cloudletlərdən az istifadə edilsin və ya istifadə olunmasın. Ona görə də cloudletlərin daha çox mobil istifadəçi olan məkanların (ticarət mərkəzləri, kitabxanalar, məktəblər, universitetlər, stadionlar, stansiyalar, aeroportlar və.s) yaxınlıqlarında yerləşdirilməsi təklif edilir. [15]-də istifadəçinin həll etdiyi məsələnin cloudletlə uzaqda yerləşən bulud server arasında optimal paylanması ilə enerji sərfiyyatının azalması məsələsinə baxılmışdır. [16] proqram əlavələrini bir neçə cloudlet arasında paylamaqla sorğuların qısa müddətdə emal edilməsi məsələlərinə həsr olunmuşdur. [17]-də mobil buludlarda xidmətlərin miqrasiyası məsələsinə (xidmətlərin istifadəçilərə daha yaxın cloudletlərdə yerləşdirilməsi) baxılmış və bu metodun bəzi üstünlükləri göstərilmişdir. [18]-də proqram vasitələrinə müraciətlərin tezliyini nəzərə almaqla onların əvvəlcədən seçilmiş cloudletdə yerləşdirilməsi məsələsinə baxılmışdır. Daha yüksək prioritetli proqram vasitəsinin saxlanması ehtiyac yarandıqda, yaddaşda saxlanılan, lakin nisbətən az istifadə olunan proqram vasitəsi cloudletin yaddaş resurslarından silinə bilər [19]. [20]-də hesablama buludları mühitindən səmərəli istifadə üçün iyerarxik analiz metodundan istifadə edərək ilkin hesablama resurslarının (virtual maşınların) yaradılması məsələsinə baxılmışdır.

Mobil hesablama buludlarının xidmətləri və modelləri

Mobil qurğular son dövrlərdə insan həyatının bir atributuna çevrilmişdir. İnsanlar gecə-gündüz mobil qurğulardan geniş istifadə edirlər. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, insanlar gün ərzində mobil qurğulara təxminən 110 dəfə müraciət edirlər [21]. Onlar mobil qurğulardan istifadə etməklə sənədlərin hazırlanması, filmlərə baxış və onların yadda saxlanması, sosial şəbəkələrdən və İnternet-mağazalardan istifadə və s. işləri həyata keçirirlər. Eyni zamanda, istifadəçilər mobil qurğularda audio/video məlumatlardan və e-poçt xidmətindən geniş istifadə edirlər. Son dövrlərdə mobil qurğuların texniki imkanlarının artmasına baxmayaraq, onlar üçün yaradılan mürəkkəb

proqram əlavələrindən istifadə edilməsində problemlər yaranır [22]. Məsələn, HD formatlı videofilmlər, onlayn oyunlar, sifətin tanınması, tərcümə və s. kimi proqram əlavələrindən istifadə MHB-yə böyük tələblər (hesablama resurslarına, kanalın ötürmə qabiliyyətinə, şəbəkə gecikmələrinə və s.) qoyur. Qeyd edilən problemləri bulud texnologiyalarından istifadə etməklə aradan qaldırmaq olar. Bulud texnologiyalarında çoxsaylı verilənlərin emalı mərkəzlərinin resursları İnternet şəbəkəsi vasitəsilə ilə əlaqələndirilir və yaradılan virtual resurslarda istifadəçilərə lazım olan mobil proqram əlavələrinin icrasını təmin etmək olur. Yaradılan sistem rahat miqyaslaşdırılır, mobillik və asan müraciət kimi keyfiyyətə malik olduğundan istifadəçilərin müraciətlərini asanlıqla yerinə yetirə bilər.

Mobil buludların əsas problemlərindən biri mobil qurğuların resurslarının (ekranın ölçülərinin, yaddaşın həcmnin, hesablama gücünün, batareyanın işləmə müddətinin və s.) az olmasıdır. Ona görə də mobil qurğulardakı bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün bulud texnologiyalarından istifadə olunur.

MHB-də məlumatların emalı və yadda saxlanması mobil qurğulardan kənarında həyata keçirilir. MHB-də mobil qurğular baza stansiyalarının (GPS, 3G, 4G, Wi-Fi və s.) köməyi ilə İnternet şəbəkəsi üzərindən bulud serverlərə qoşulur və onlara lazım olan xidmətlərdən istifadə edirlər. Hal-hazırda istifadəçilər bulud servislərin üç növündən (IaaS, PaaS və SaaS xidmətlərindən) geniş istifadə edirlər [23–25].

IaaS (Infrastructure-as-a-Service – infrastruktur xidməti kimi) xidməti bulud sistemlərinin hesablama və yaddaş resurslarından istifadə etmək imkanı verir. Bu xidmət modelində istifadəçi buludlarda əldə etdiyi virtual serverlərdə özünün tələblərinə uyğun əməliyyat sistemlərinin və tətbiqi proqramların quraşdırılması imkanı əldə edir.

PaaS (Platform-as-a-Service – platforma xidmət kimi) xidməti virtual serverlərdə yerləşən əməliyyat sistemlərindən və xüsusi proqram əlavələrindən istifadə edilməsinə imkan yaradan platformadır. PaaS xidməti bulud texnologiyalarının xidmət modeli olub, buludda yerləşən proqram platformalarından: əməliyyat sistemlərindən, VBİS (verilənlər bazasının idarəetmə sistemləri) ilə əlaqəli tətbiqi proqram təminatlarından, proqram təminatlarının işlənməsi və test edilməsi vasitələrindən istifadə edilməsinə imkan yaradır. Faktiki olaraq, istifadəçi veb-əlavələrin işlənməsi, yerləşdirilməsi və idarə edilməsini həyata keçirən əməliyyat sistemi və xüsusi vasitə ilə təchiz olunmuş kompüter platformasını icarəyə götürür. İstifadəçi buludların əsas infrastrukturunu (şəbəkə, server, əməliyyat sistemi və ya verilənlər saxlancını) idarə etmir, yalnız istifadə etdiyi proqram əlavələrində bəzi parametrləri idarə edir.

SaaS (Software-as-a-Service – proqram təminatı xidməti kimi) xidməti istifadəçilərə hesablama buludlarının serverlərində yerləşdirilən proqramlardan (Google Apps, Google Docs, Autodesk və s.) və proqram əlavələrindən istifadə etməklə öz məsələlərini həll etmək imkanı yaradır. SaaS xidmətində istifadəçi ona lazım olan proqram təminatının rezident hissəsini öz kompüterinə yükləmədən İnternet şəbəkəsinin köməyi ilə hesablama buludlarının serverlərində həmin proqramı işə salmaqla nəticələri əldə edə bilər. Proqram əlavələri SaaS xidməti verən provayderin serverlərində işləyir və istifadəçiyə emal olunmuş məlumatları göndərir. Beləliklə, istifadəçi proqram təminatını almır, yalnız istifadəyə uyğun pul ödəyir. Hesablama buludlarının bu xidmət modelində istifadəçilər provayder tərəfindən buluda yerləşdirilən proqram əlavələrindən istifadə edirlər. Bu xidmətdən istifadə edənlər şəbəkəni, serveri, əməliyyat sistemlərini, verilənlərin saxlancını özündə birləşdirən bulud infrastrukturunun idarə edilməsinə və nəzarətinə müdaxilə edə bilərlər.

Beləliklə, hesablama buludları texniki-proqram təminatından ibarət olub, İnternet istifadəçilərinə uyğun veb-interfeys vasitəsilə uzaq məsafədə yerləşən kompüter resurslarından (hesablama və yaddaş resursları, proqram və verilənlər və s.) istifadə etməyə imkan verən İnternet xidmətidir. Eyni zamanda, mürəkkəb məsələlər həll edən şirkətlər üçün bulud texnologiyasından istifadə olunması tövsiyə olunur. Bu texnologiya qısa müddət ərzində mürəkkəb məsələlərin həlli üçün lazım olan hesablama və yaddaş resurslarını müəyyən edib, formalaşdırma bilər.

Son dövrlərdə bulud texnologiyalarında yeni xidmətlərin yaranması, mobil qurğular üçün mobil proqram əlavələrinin meydana gəlməsi qeyd edilən texnologiyalar əsasında mobil hesablama sistemlərinin yaradılmasına təkan vermişdir.

Hal-hazırda mobil bulud provayderlərinin xidmətindən istifadə etməklə dünyada milyonlarla mobil istifadəçi mobil əlavələrdən (mobil kommersiya, mobil təhsil, mobil sağlamlıq, mobil oyunlar və s.) geniş istifadə edir. Yaradılan mobil əlavələr mobil qurğuların əməliyyat sistemlərindən və qurğunun tipindən asılı olmur. Ona görə də bulud texnologiyalarının servislərindən istifadə edən mobil istifadəçilərin sayı gündən-günə böyük sürətlə artır. MHB-nin əsas məqsədi mobil istifadəçilərin hesablama buludlarının xidmətlərindən rahat və yüksək sürət sayəsində qısa müddət ərzində istifadə etməsini təmin etməkdir. Bu halda minimal hesablama və yaddaş resurslarına malik olan mobil avadanlıqlar özlərini İnternet şəbəkəsinə qoşulmuş nazik kliyent terminal kimi aparırlar.

Gartner şirkətinin analitiklərinin hesablamalarına görə, 2019-cu ildə mobil avadanlıqlardan istifadə edən İnternet istifadəçilərinin sayı 2,56 milyard olacaq. 2020-ci ildə bu rəqəm 5 milyarda qədər artacaq.

Mobil hesablama buludlarının modelləri. MHB-nin aşağıda göstərilən üç modelindən geniş istifadə olunur [26–27]:

- **Müştəri modeli.** Bu modeldə mobil qurğu müştəri qismində çıxış edir, mobil istifadəçi buluda veb-brauzer vasitəsi ilə giriş əldə etdikdən sonra həll olunan məsələ bulud sisteminin serverlərində yerinə yetirilir və bu zaman mobil qurğu terminal (“nazik kliyent”) rolunda çıxış edir. Bu isə onun batareyasının uzun müddət işləməsini təmin edir. Müştəri xidmətdən istifadə etdiyi müddətə görə bulud xidmətləri üçün pul ödəyir.
- **Müştəri/bulud modeli.** Bu modelin əsas konsepsiyası mobil qurğu üçün nəzərdə tutulan məsələlərin mobil qurğu və bulud serverləri arasında bölünməsidir ki, burada mobil istifadəçilər məsələlərin bir hissəsini emal üçün buluda verir. Proqram əlavələrinin böyük hissəsinin bulud serverlərdə həll edilməsi mobil qurğularda enerjiyə qənaət edilməsinə imkan verir.
- **Bulud modeli.** Bu modeldə mobil qurğunun özü buludun bir hissəsidir. Bir və ya bir neçə mobil qurğu birləşərək özləri bulud infrastrukturunu yaradırlar.

Müştəri/bulud modelindən iyerarxik arxitekturlu MHB-nin yaradılmasında geniş istifadə olunur.

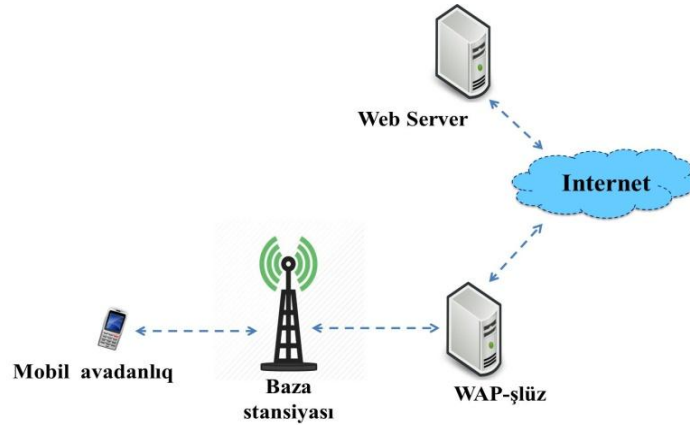
MHB-nin üstünlükləri aşağıdakılardır:

- ✓ Asan inteqrasiya olunması. Müxtəlif provayderlərin xidmətlərini bulud və İnternet vasitəsi ilə bir-birinə inteqrasiya etməklə istifadəçinin tələblərini ödəmək olur;
- ✓ Mobil qurğuların batareyalarının işləmə müddətinin artırılması;
- ✓ Mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarının imkanlarının artırılması;
- ✓ İstifadəçilərin məlumatlarının bir neçə ehtiyat kompüterdə saxlanması. Bununla etibarlılığın artırılmasına imkan yaranır və bu da öz növbəsində mobil qurğularda məlumatların itmə riskini azaldır;
- ✓ Resursların dinamik paylanması. Bu, istifadəçinin əvvəlcədən sifariş etmədən lazım olan resursları lazımı vaxtda əldə etməsini təmin edir;
- ✓ Şəbəkənin ötürmə qabiliyyətinin artması;
- ✓ Xidmətlərin ucuz başa gəlməsi;
- ✓ İstifadəçilərin məlumatlarının buludlarda saxlanması. İstifadəçinin dünyanın istənilən nöqtəsindən bu məlumatlardan istifadə etmək imkanı yaranır;
- ✓ Miqyaslanmanın artırılması. Sistem çevik resurs imkanı sayəsində istifadəçinin hesablama və yaddaş resurslarına olan tələbatını qısa zaman müddətində təmin edir;
- ✓ Sistemin təhlükəsizlik imkanları. Mobil istifadəçilər bulud servislərdən istifadə etdikdə onların məlumatlarının bulud serverlərində saxlanması və qorunması problemləri ilə rastlaşırlar. Xidmət göstərən provayderlərin istifadəçilərin məlumatlarını müxtəlif

təhlükəsizlik proqramları vasitəsilə qorularına baxmayaraq, onlar eyni zamanda həmin məlumatları müşahidə etmək imkanına malikdirlər. Ona görə də, bu baxımdan məxfilik problemi çox mühüm hesab olunur. Bu tip problemlərin həlli, qeyri-qanuni müdaxilələrin qarşısının alınması məqsədilə mobil qurğular üçün yazılmış təhlükəsizlik proqramlarından istifadə edirlər. Bu təhlükəsizlik proqramları mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarının müəyyən hissəsindən istifadə edir. Bu səbəbdən də, təhdidləri aşkarlama proqramlarını mobil qurğulardan bulud serverlərinə köçürmək məqsədəuyğun olar. Bu məqsədlə Cloud AV platforması hazırlanmışdır. Bu platforma həm bulud, həm də mobil qurğularda zərərli proqramları aşkarlayan çoxsaylı xidmətlər təklif edir.

Mobil hesablama buludlarının arxitekturasının analizi və tədqiqi

Naqilsiz şəbəkə infrastrukturunun sürətlə genişlənməsi və mobil qurğuların kütləvi istehsalı keçən əsrin sonlarında mobil İnternetin yaranmasına təkan verdi. Mobil telefonlar İnternetə qoşulanda iki üsuldan istifadə olunurdu. Birinci halda mobil qurğular birbaşa İnternetə mini-brauzerlərin köməyi ilə çıxış əldə edirdilər. İkinci qoşulmada isə mobil telefon modem funksiyasını həyata keçirirdi. Mobil telefonları noutbuklara qoşmaqla adi veb-brauzerlərdən istifadə etməklə veb-səhifələrə baxmaq olurdu. Mobil telefonların yaddaşının və hesablama resurslarının az olması, mini-brauzerinin imkanlarının zəif olması onların İnternetdən səmərəli istifadəsinə mane olurdu. Mobil qurğuları İnternetə qoşmaq üçün ilk olaraq naqilsiz əlavələr protokolu (*ing. Wireless Application Protocol (WAP)*) yaradıldı. WAP formatda yaradılan veb-səhifələr sadə olduğundan şəbəkənin ötürmə qabiliyyətinə böyük tələblər qoyulmur. WAP protokolu İnternet məlumatlarının smartfonlara, kommunikatorlara, telefonlara çatdırılmasına imkan yaradan protokoldur. Qeyd edilən protokol mobil qurğuların resurs imkanlarının məhdud olmasını nəzərə alaraq yaradılmışdır. WAP protokolu mobil əlaqənin bütün standartlarını nəzərə alaraq işlənmişdir. Bu da öz növbəsində mobil qurğular üçün müxtəlif firmaların proqram əlavələrinin hazırlanmasına imkan vermişdir. Mobil telefonun şəbəkə serverlərə WAP protokolu ilə qoşulması aşağıda göstərilmişdir (şəkil 1).



Şəkil 1. Mobil qurğunun İnternetə qoşulma sxemi

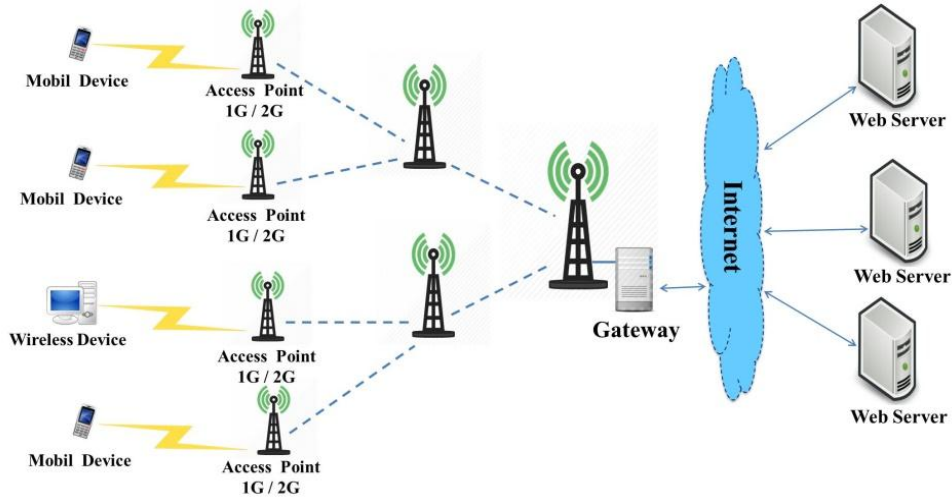
WAP protokolu vasitəsilə mobil qurğunun İnternet şəbəkəsinə qoşulma sxeminin işləmə prinsipinə baxaq. İlk olaraq, mobil qurğu yaxınlıqda yerləşən şanvari şəbəkənin baza stansiyasına qoşulmalıdır. Sonra ona lazım olan veb-səhifəni seçib naqilsiz şəbəkəni İnternet şəbəkəsi ilə əlaqələndirən WAP-şlüzə müraciəti göndərir. Şlüz server istifadəçisinin sorğusunu HTTP-müraciət formasına çevirərək lazım olan veb-serverə göndərir. Sonra veb-serverdən HTTP formatında alınan cavabı WML formatına (*ing. Wireless Markup Language*) çevirib mobil telefona göndərir və istifadəçinin mobil telefonunda veb-səhifənin mobil versiyası görünür. Son dövrlərdə

WAP-protokoldan 3G/4G texnologiyaları əsasında işləyən naqilsiz şəbəkələrdə də geniş istifadə olunur.

İnternetə ilkin qoşulmada sürət 9,5 Kbit/san idi. Bu cür sürətlə mətn tipli veb-səhifələrə baxmaq mümkün idi. Qeyd edilən veb-səhifələrdə valyuta məzənnələrinə, hava haqqında məlumatlara baxış, qısa məlumatların ötürülməsi kimi işləri həyata keçirmək olurdu.

Mobil qurğuların klaviaturalarının kiçik olması onlarda URL ünvanlarının yığılması prosesini də çətinləşdirirdi. Daha sonra da İnternetə çıxış üçün GPRS (*ing. General Packet Radio Service – ümumi təyinatlı radio əlaqə paketi*) protokolundan istifadə verilənlərin ötürülmə sürətini artırdı. GPRS texnologiyası mobil qurğuların İnternetə daha sürətlə qoşulmasını təmin edir. Ümumilikdə, mobil qurğuları şəbəkəyə qoşan əlaqə standartlarını bir neçə nəsillə bölmək olar. İlkin 1G (*ing. The 1st Generation – 1G*) nəsill qoşulma sistemi analoq tipli standart idi. Məlumat mübadiləsi analoq siqnalların köməyi ilə aparılırdı. 2-ci nəsill (*ing. The 2nd Generation - 2G*) mobil əlaqə texnologiyası GSMC standartının (*ing. Global System for Mobile Communications – hərəkətdə mobil obyektlərin global əlaqə sistemi*) yaradılması ilə daha geniş vüsət aldı. Bu protokolun köməyi ilə mobil qurğularda qısa məlumatların ötürülməsi xidmətini həyata keçirmək olurdu. Növbəti mobil əlaqə nəsill 3G/4G standartıdır və bu standartın köməyi ilə artıq mobil qurğularda İnternet üzərindən səs, mətn və videoçarxların ötürülməsi xidmətlərini həyata keçirmək mümkün oldu.

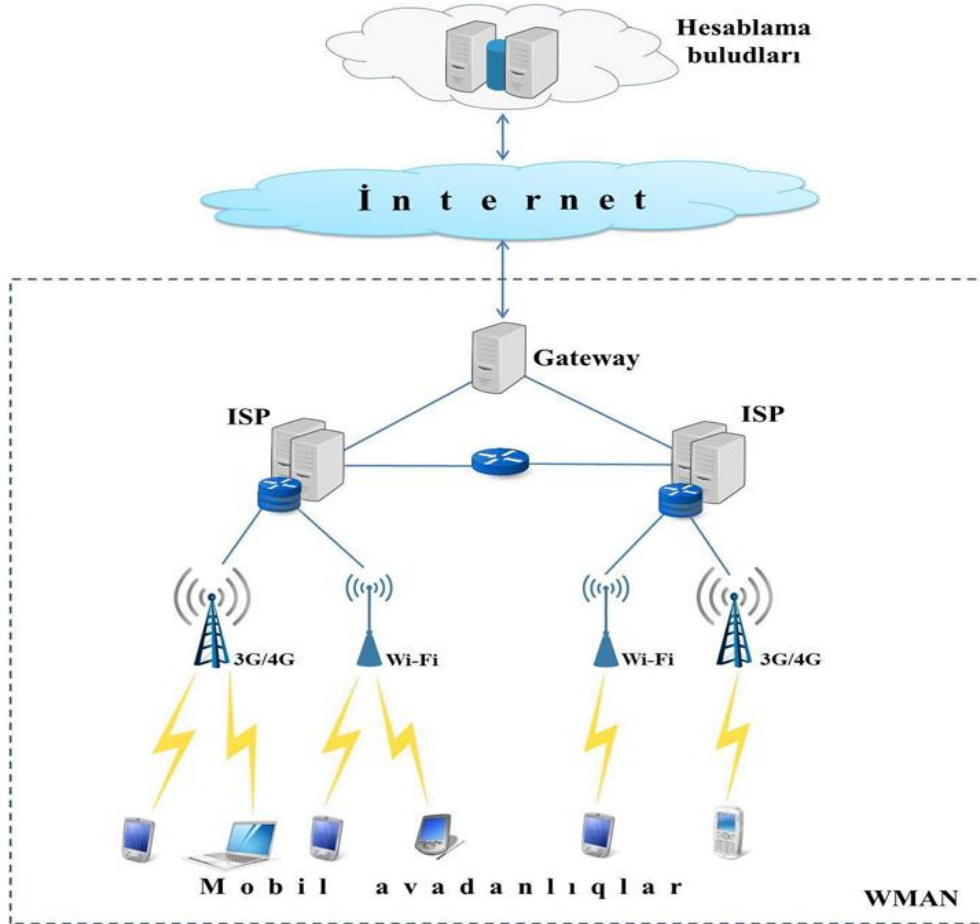
İlkin olaraq, yaradılan mobil bulud sistemlərində mobil qurğular 1G/2G əlaqə texnologiyası ilə İnternet şəbəkəsi üzərindən veb-serverlərə qoşulub onlara lazım olan məlumatları (hava haqqında məlumatlar, valyuta məzənnələri haqqında məlumatlar, e-poçt vasitəsi ilə alınan kiçik məlumatlar və s.) əldə edirdi (şəkil 2). Bu halda mobil qurğular şəbəkəyə daimi qoşulmuş halda olur və bu da onların enerji mənbəyinin tez tükənməsinə səbəb olurdu. Eyni zamanda, mobil qurğuların texniki imkanları zəif olduğundan proqram əlavələrindən geniş istifadə edilmirdi.



Şəkil 2. 1G/2G texnologiyası əsasında mobil İnternetin arxitekturası

Daha sonra mobil qurğuların sürətli inkişafı və hesablama buludları texnologiyalarından geniş istifadə MHB-nin yaradılmasına təkan verdi. Mobil ağıllı telefonların təqdim etdiyi imkanlara və onların həyatımızı daha da asanlaşdırmasına baxmayaraq, onlar batareyanın işləmə müddəti, emal və yaddaş resursları ilə bağlı məhdudiyyətlərə malikdir. Bu məhdudiyyətlər mobil istifadəçilərin böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən multimedia proqram vasitələrindən səmərəli istifadə etməsinə mane olur. Məhdudiyyətləri aradan qaldırmaq məqsədilə hesablama buludları texnologiyası ilə mobil qurğuların birgə inteqrasiyasından yaranan MHB sistemlərindən istifadə edirlər. MHB-nin axitekturası şəkil 3-də göstərilmişdir. MHB-də mobil istifadəçilərin

məlumatlarının emalı və yadda saxlanması bulud hesablama sisteminin serverlərində yerinə yetirilir. Yüksək hesablama gücü tələb edən proqram vasitələri buludlara köçürülür və əldə edilən son nəticə isə mobil cihazlara geri qaytarılır. Bu üsulla MHB hər iki problemi – mobil telefonların məhdud emaletmə və yaddaş məsələlərini həll etmiş olur. Digər tərəfdən, istifadəçi ona məxsus olan faylları, video və çox böyük həcmdə şəkilləri buludun serverlərində saxlaya bilər və mobil istifadəçiyə onların hər hansı biri lazım olduqda isə, onu buluddan əldə edə bilər.



Şəkil 3. MHB sisteminin arxitekturası

Bu metodologiya vasitəsilə MHB mobil telefonların məhdud yaddaş imkanı problemini həll edir. Şəkil 3-də göstəriləndiyi kimi, MHB-də mövcud olan mobil qurğuların buludla əlaqələndirilməsi üçün əksər hallarda 3G/4G-dən, bəzi hallarda Wi-Fi-dən istifadə edirlər. Wi-Fi texnologiyası gecikmələri aradan qaldırır, amma çoxsaylı istifadəçi mühitində şəbəkənin ötürmə qabiliyyətini zəiflədir. 3G/4G bağlantılarında da şəbəkənin ötürmə qabiliyyəti bir çox məkanda (yerin relyefindən asılı olaraq) aşağıya düşür və eyni zamanda, əlaqə kanallarında qırılmalar (ayrılmalar) baş verir [28]. Mobil istifadəçilər bulud serverlərə qoşulmaq üçün Wi-Fi-dən istifadə etdikdə, minimum gecikmə, yüksək ötürücülük və sürətli naqilsiz girişdən yararlanmaqla şəbəkəyə giriş vasitəsilə mobil cihazlar göndərilən sorğulara real vaxt rejimində interaktiv cavab almaq imkanına malik olur. Hal-hazırda dünyada 2,56 milyard mobil İnternet istifadəçisi var. MHB-nin arxitekturasından görüldüyü kimi, sistem bir neçə komponentdən ibarətdir: mobil istifadəçilər (mobil qurğu, smartfon və s.), mobil rabitə operatorları, əlaqə qurğuları – Access Point (3G/4G və Wi-Fi), İnternet provayder (ISP), hesablama buludları (Amazon IBM, Google, Microsoft və s.). Sxemdən görüldüyü kimi, mobil istifadəçilər 3G/4G və ya Wi-Fi əlaqə kanalları, baza stansiyaları

və şlüzün (*ing. gateway*) köməyi ilə İnternet üzərindən hesablama buludları sisteminə qoşulur və onun hesablama və yaddaş resurslarından istifadə edirlər. Bu tip qoşulmalarda şəbəkə daha çox yüklənir və emal olunmuş məlumatların əldə edilməsində gecikmələr olur. Eyni zamanda, xidmətlərin qiyməti də yüksək olur [29].

2010-cu ildən 5G (beşinci nəsil) mobil rabitə texnologiyalarından istifadə edilməyə başlanmışdır. Bu texnologiya ilə məlumatın ötürülmə sürəti saniyədə bir neçə on qıqabillərlə olacaq. Əlaqə kanallarında gecikmələr 3G/4G rabitə texnologiyalarına nəzərən 100 dəfələrlə azalır. Eyni zamanda bu texnologiya mobil istifadəçilərə mobil operatorların baza stansiyalarından istifadə etmədən də (*ing. device-to-device*) bir-birləri ilə əlaqə yaratmağa imkan verəcək. 2020-ci ildə əksər mobil provayderlər 5G mobil rabitə texnologiyasından istifadə edəcəklər.

Məsələlərin MHB-də həlli vaxtına təsir edən faktorlar aşağıdakılardır [30]:

- ✓ məsələnin bulud serverlərdə həll vaxtı;
- ✓ şəbəkədə yaranan gecikmələr;
- ✓ məlumatın əlaqə kanalında ötürülmə vaxtı.

Sonuncu iki faktor şəbəkə mühitindən asılıdır. MHB-də İnternet əlaqə kanallarından istifadə edildiyindən gecikmələr çox olur və eyni zamanda şəbəkənin ötürmə qabiliyyəti də aşağı olur. Qeyd edilən çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün iyerarxik strukturlu mobil hesablama sistemlərindən istifadə edirlər.

Mobil qurğuların enerji mənbəyinin işləmə müddəti məhdud olur. Ona görə də, qurğunun enerji mənbəyinin işləmə müddətini uzatmaq üçün onda həll olunan proqram əlavələrinin bulud serverlər və mobil qurğu arasında düzgün bölünməsinə təmin edirlər. Bu zaman proqram əlavələrinin böyük hissəsinin bulud serverlərdə yerinə yetirilməsi mobil qurğularda enerjiyə qənaət edilməsinə səbəb olur.

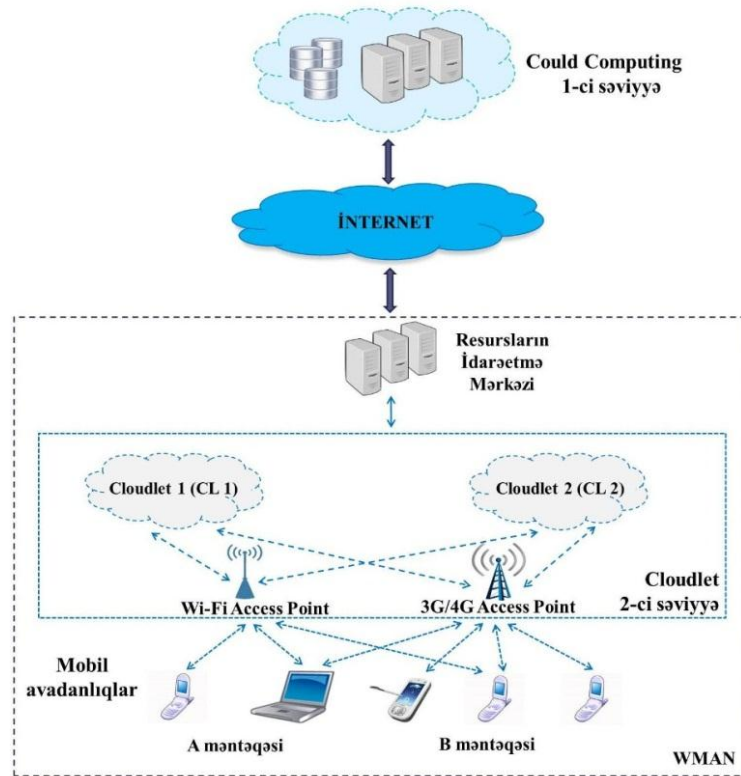
Cloudletlər əsasında iyerarxik strukturlu şəbəkə infrastrukturunun yaradılması

Hal-hazırda istifadəçilərin istifadə etdikləri mərkəzləşdirilmiş buludların yüksək hesablama və yaddaş resurslarına malik olmasına baxmayaraq, onlar emal olunan məlumatların yüksək sürətlə istifadəçilərə çatdırılması imkanına malik deyillər. Hesablama buludlarında mobil istifadəçilərin sayının sürətlə artması şəbəkənin yüklənməsinə imkan yaradır və bu da emal olunan məlumatların istifadəçiyə çatdırılmasında böyük gecikmələrə səbəb olur. Qeyd edilən çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün hesablama buludlarının resurslarını istifadəçiyə yaxın yerləşdirmək lazım gəlir. MHB-də böyük resurslar tələb edən hesablamalar istifadəçiyə yaxın yerləşən serverlərə yüklənir və bu da məsələlərin daha tez həll edilməsinə kömək edir.

Beləliklə, mobil avadanlıqların bulud texnologiyalarından daha geniş istifadəsi üçün mobil operatorların baza stansiyalarının yaxınlığında mobil serverlər (*ing. cloudlet*) yaradılır. İstifadəçilərə lazım olan bulud xidmətləri cloudletlər vasitəsi ilə həyata keçirilir [31]. Tutaq ki, istifadəçiyə hər hansı bir proqramla işləmək (SaaS xidməti) lazımdır. O, həmin proqramı özünə yaxın olan cloudletə çağırır və lazımi müddət ərzində onunla işləyir və sonradan həmin proqramı mərkəzi serverə göndərir. Bu isə buludlarda istifadə xidmətinin qiymətini azaldır, məsələnin həll vaxtı da azalır və şəbəkə az yüklənir. Digər tərəfdən, ənənəvi mərkəzləşdirilmiş bulud servislərindən istifadə etməklə yüksək hesablama və yaddaş resurslarına olan tələbatı ödəmək olur. Amma bu tip bulud xidmətlərində nəticələrin və ya verilənlərin əldə edilməsində gecikmələr baş verir. Məsələn, Google tərəfindən yeni onlayn rejimdə işləyən tərcümə xidməti (*ing. Google Translate API*) yaradılmışdır ki, bu xidmətin köməyi ilə müxtəlif dillərdə danışan istifadəçilər bir-biri ilə İnternet üzərindən danışa bilər. Bu xidmətdə istifadə edilən mobil qurğular (smartfonlar) tərcüməni yerinə yetirmirlər və onlar sözləri, cümlələri Google Cloud Platformasının serverlərinə göndərirlər. Tərcümə serverlərdə həyata keçirilir və nəticələr bir-biri ilə danışan şəxslərə göndərilir. Tərcümə bir neçə millisaniyə ərzində yerinə yetirildiyi halda, onun şəbəkə üzərindən lazımi yerə çatdırılmasında gecikmələr baş verir. Ona görə də yaxşı olardı ki, tərcümə proqramı ondan istifadə edənlərə yaxın lokal serverlərdə yerləşdirilsin və tərcümənin real vaxt rejimində

sürətlə həyata keçirilməsinə imkan yaradılsın. Eyni zamanda, istifadəçilər SaaS xidmətindən istifadə edən zaman lazım olan proqram təminatlarının onlara yaxın bulud serverlərdə yerləşdirilməsi xidmətin ucuz başa gəlməsinə, sürətli və keyfiyyətli olmasına imkan yaradır. Deyilən problemləri aradan qaldırmaq üçün iyerarxik strukturlu, cloudletəsaslı mobil hesablama sistemlərindən istifadə edilməsi təklif olunmuşdur. Bu sistemdə mobil qurğular tələb olunan əməliyyatları cloudletlərin yerinə yetirilməsi və yekun nəticənin əldə edilməsi üçün həmin əməliyyatları cloudletlərə göndərir, bu isə öz növbəsində ötürmə ilə əlaqədar baş verən gecikmələri minimuma endirir, mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarındakı məhdudluqları aradan qaldırır, həmçinin mobil qurğuların enerji istehlakını azaldır.

Hesablama buludlarının xidmətindən yararlanarkən istifadəçi iki rejimdən istifadə edir: oflayn, onlayn. Tutaq ki, istifadəçi böyük hesablama gücü tələb edən məsələlər üçün buluddan virtual hesablama maşını əldə edir. Məsələləri buluda göndərir və müəyyən müddətdən sonra nəticə əldə edir. Bu rejimdə istifadəçinin kompüterini ilə bulud arasında məsələnin həlli üçün lazım olan vaxt müddətində birbaşa bağlantı olur. Amma elə məsələlər var ki, onların həllində istifadəçi ilə bulud arasında prosesin yekunlaşması anına qədər bağlantı olur. Bu isə, qeyd edilən məsələlərin həllində şəbəkənin yüklənməsinə şərait yaradır. Şəbəkə yüklənmələrini aradan qaldırmaq üçün MHB-nin yeni arxitekturasından istifadə olunur. Buna bəzən mərkəzləşdirilməmiş bulud texnologiyaları da deyilir. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, mobil avadanlıqların istehsal həcmi və mobil İnternet istifadəçilərinin sayı durmadan artır. Bir səviyyə arxitekturaya malik mobil hesablama sistemləri çoxsaylı istifadəçilərə keyfiyyətli xidmət göstərmək imkanına malik deyil. Yəni, bu tip mobil hesablama sistemlərində şəbəkənin yüklənməsi, nəticələrin istifadəçiyə gec çatdırılması, xidmətin baha olması, gecikmələrin baş verməsi, trafikə yüklənməsi və s. halların baş verməsi keyfiyyətli xidmətin əldə olunmasına imkan vermir. Qeyd edilən çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün resursları idarəetmə mərkəzindən (RIM) istifadə etməklə yaradılan iyerarxik strukturlu arxitektura təklif edilmişdir (şəkil 4) [31].



Şəkil 4. İyerarxik strukturlu mobil hesablama buludlarının arxitekturası.

İyerarxik strukturlu şəbəkənin RİM-də cloudletlərin yerləşdiyi məkan və onun texniki imkanları haqqında məlumatlar olur. Cloudlet istifadəçilərə yaxın yerlərdə yerləşdirilən qurğu (server) olub, mərkəzi serverlərdən istifadəçiyə lazım olan məlumatların daha sürətlə çatdırılmasını təmin edir. İstifadəçilərə lazım olan bulud xidmətləri cloudletlərin vasitəsi ilə həyata keçirilir və bu da xidmətlərin keyfiyyətini yüksəldir. Mobil istifadəçilər cloudlet şəbəkəsinə daxil olduqda, onlar ilk növbədə RİM-ə qoşulur, həmin mərkəz isə daha sonra istifadəçini qısa vaxt ərzində uzaqda yerləşən müvafiq bulud serverlərlə birləşdirir. Sxemdən görüldüyü kimi, mobil qurğular cloudlet şəbəkəsinə 3G/4G və Wi-Fi vasitəsi ilə qoşulur. Mobil istifadəçilərin sorğu və məlumatları (məsələn, ID və yerləşmə) mobil şəbəkəyə xidmətlər göstərən RİM-ə ötürülür. Daha sonra abunəçilərin sorğuları təklif edilən modelin RİM-də yerləşən İnternetlə əlaqəni təmin edən serverinə göndərilir və bunun köməyi ilə İnternet vasitəsilə müvafiq buludla əlaqə yaradılır. İdarəetmə mərkəzində cloudletlərin yaradılmasında istifadə edilən kompüter avadanlıqları (server, desktop, notebook və s.) haqqında məlumatlar olur. Eyni zamanda idarəetmə mərkəzində cloudletlərin texniki imkanları (prosessorun işləmə tezliyi, prosessorun nüvələrinin sayı, virtual maşınların sayı və onların texniki xarakteristikaları, yaddaşın həcmi və s.) və mobil şəbəkədə istifadəçilərin hansı cloudletə yaxın yerləşməsi haqqında məlumatlar toplanır. Ona görə də daxil olan sorğuya əsasən bulud serverlərdən çağırılan proqram əlavəsinin istifadəçinin tələblərini ödəyən cloudletdə yerləşdirilməsi təmin edilir.

Sxemdən görüldüyü kimi, mobil İnternet istifadəçiləri onlara lazım olan tətbiqi proqramları yaxınlıqda olan cloudlet sistemlərinin serverlərinə yükləyir və istifadə edir, bu da öz növbəsində İnternet şəbəkəsinə yüklənmələrdən azad edir. Bu arxitektura, qismən də olsa, göstərilən bəzi parametrlərin (məsələnin həll vaxtının, əlaqə kanalında gecikmələrin və s.) göstəricilərini yaxşılaşdırır. İyerarxik strukturlu arxitektura 1-ci səviyyədə hesablama buludları sisteminin serverləri yerləşir, 2-ci səviyyədə isə baza stansiyalarının yaxınlığında cloudletlər yerləşdirilir. Beləliklə, mobil avadanlıqların bulud texnologiyalarından daha geniş istifadəsi üçün mobil operatorların baza stansiyalarının yanında cloudlet yaradılır.

Cloudletlərdən istifadənin üstünlüklərinə xidmətə sürətli giriş imkanının olması, mobilliyin dəstəklənməsi, rouminq xərclərinin azaldılması daxildir. İstifadəçilərin proqram əlavələri yaxınlıqdakı cloudletlərdə yerləşdiyindən, onlar şəbəkədə yaranmış rabitə gecikmələrini aradan qaldıraraq, məlumatlara dərhal giriş əldə edə bilirlər. Həmçinin, hesablama buludlarında olduğu kimi, cloudletlərin də texniki imkanları mobil qurğuların texniki imkanlarından yüksəkdir ki, bu da mobil qurğuda emal edilə bilməyən proqram tətbiqlərinin cloudletlərdə icra olunmasına imkan verir.

Cloudlet şəbəkəsində mobil istifadəçi üçün mümkün mobillik ssenariləri təqdim edək. A məntəqəsindəki mobil istifadəçi Cloudlet 1-in (CL1) əhatə dairəsində mövcud olan Wi-Fi bağlantısından istifadə edərək CL1-ə qoşulur. Mobil istifadəçinin CL1-in əhatə dairəsindən kənara çıxması, yəni B məntəqəsinə doğru hərəkət etməsi və 3G/4G-nin əhatə dairəsinə keçməsi onun digər cloudletin (CL2) əhatə dairəsinə keçməsinə gətirib çıxara bilər. CL1 cloudleti naqil bağlantısı vasitəsilə uzaqda yerləşən RİM-ə qoşulur və CL2 cloudlet isə 3G/4G vasitəsilə uzaqda yerləşən RİM-ə qoşulur. Sistemin iş prinsipinə baxaq:

1. İlk olaraq mobil istifadəçi A məntəqəsində yerləşib. Bu vəziyyətdə, mobil cihaz CL1 və RİM-in vasitəsilə uzaqda yerləşən serverə daxil olur və ona lazım olan proqram vasitəsini CL1 cloudletinə yükləyir, tələb olunan əməliyyat başa çatana qədər həmin CL1-in əhatə dairəsində qalır.

2. A məntəqəsində olan mobil istifadəçi hərəkət edərək B məntəqəsinə keçir. Bu halda mobil cihaz ilkin olaraq CL1 əhatəsində olur, lakin tələb olunan əməliyyat tamamlanmadan CL1-in əhatə dairəsindən kənara çıxaraq CL2-nin əhatə dairəsinə keçir. Bu zaman, mobil cihaz yeni tapşırıqları yerinə yetirmək və ya əvvəlki əməliyyatı başa çatdırmaq üçün CL2-dən istifadə edir. CL1-də məlumat və ya tamamlanmamış proses qaldıqda isə həmin əməliyyatları tamamlamaq üçün RİM-

nin vasitəsi ilə CL1-dən məlumatların CL2-ə köçürülməsi təmin edilir. CL2 məlumatları əldə edərək prosesi başa çatdırır.

Beləliklə, təklif edilən cloudletəsaslı arxitektura, qismən də olsa, əlaqə kanallarında baş verən gecikmələri minimuma endirir, mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarındakı məhdudiyyətləri aradan qaldırır, məsələnin həll vaxtını sürətləndirir, həmçinin mobil qurğuların enerji istehlakını azaldır. Hal-hazırda mobil bazarda müxtəlif əməliyyat sistemlərinə, məhdud hesablama və yaddaş resurslarına malik olan çoxsaylı mobil qurğulardan geniş istifadə olunur və bu da belə qurğular üçün yazılan böyük hesablama və yaddaş resursu tələb edən müxtəlif mobil proqram əlavələrindən istifadə edilməsini çətinləşdirir. Təklif edilən modeldə mobil İnternet istifadəçiləri onlara lazım olan tətbiqi proqramları yaxınlıqda olan cloudletlərə yükləyir və istifadə edirlər, bu da öz növbəsində İnternet şəbəkəsini yüklənməldən azad edir. Digər tərəfdən, iyerarxik strukturlu MHB-də proqram vasitələri mobil istifadəçiyə daha yaxın cloudletlərdə yerləşdiyindən əlaqə kanallarında təhlükəsizlik məsələləri daha etibarlı təmin olunur. Çünki, mərkəzləşdirilmiş MHB-də mobil istifadəçi ilə uzaqda yerləşən bulud server arasında əlaqə İnternet şəbəkəsi üzərindən olduğundan əlaqə kanallarına icazəsiz müdaxilələrin intensivliyi artır və təhlükəsizliyin təmin edilməsi çətinləşir. Cloudletlərin hansı baza stansiyalarının yaxınlığında yerləşdirilməsi və onların hansı xarakteristikaya malik olmasının müəyyən edilməsi məsələlərinə növbəti tədqiqat işlərində baxılacaq.

Nəticə

Məqalədə naqilsiz şəhər miqyaslı şəbəkələrin baza stansiyalarının yaxınlığında yerləşdirilmiş cloudletəsaslı şəbəkə infrastrukturunun arxitektur-texnoloji prinsipləri işlənmişdir. Təklif edilən iyerarxik strukturlu MHB-nin mobil qurğuların enerji sərfiyyatında, hesablama və yaddaş resurslarında mövcud olan çatışmazlıqların aradan qaldırılmasını təmin etdiyi qeyd edilmişdir. Eyni zamanda cloudletəsaslı şəbəkənin verilənlərin emalı mərkəzlərinin hesablama və yaddaş resurslarından səmərəli istifadə edilməsini, məsələnin həll vaxtının azadılmasını və şəbəkənin az yüklənməsini və etibarlılığın artmasını təmin etməsi göstərilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Fernando N., Loke S.W., Rahayu W. Mobile Cloud Computing: A survey // *Future Generation Computer Systems*, 2013, vol.29, no.1, pp.84–106.
2. Dinh H.T., Lee C., Niyato D., Wang P. A survey of mobile cloud computing: Architecture, applications, and approaches // *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2013, vol.13, no.18, pp.1587–1611.
3. Alekberov R.K., Pashayev F.H., Alekperov O.R. Forecasting Cloudlet Development on Mobile Computing Clouds // *Information Technology and Computer Science*, 2017, no. 11, pp. 23–34.
4. Shim Y.C. Effects of cloudlets on interactive applications in mobile cloud computing environments // *International Journal of Advanced Computer Technology*, 2015, vol.4, no.1, pp.54–62.
5. Satyanarayanan M., Bahl P., Caceres R., Davies N. The case for vm-based cloudlets in mobile computing // *Pervasive Computing, IEEE*, 2009, vol.8, no.4, pp.14–23.
6. Ha K., Pillai P., Richter W., Abe Y. Satyanarayanan M. Just-in-time provisioning for cyberforaging / in *Proceeding of the 11th annual international conference on Mobile systems, applications, and services*, 2013, ACM, pp.153–166.
7. Shim Y.C. Effects of cloudlets on interactive applications in mobile cloud computing environments // *International Journal of Advanced Computer Technology*, 2015, vol.4, no.1, pp.54–62.

8. Qi H., Gani A. Research on Mobile Cloud Computing: Review, Trend and Perspectives / IEEE 2nd International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications, 2012, pp.195–202.
9. Li Y., Wang W. The Unheralded Power of Cloudlet Computing in the Vicinity of Mobile Devices / IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2013, pp.4959–4964.
10. Huerta-Canepa G., Lee D. A virtual cloud computing provider for mobile devices // International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 2017, vol.3, no.3, pp. 411–414.
11. Jia M., Liang W., Xu Z., Huang M. Cloudlet load balancing in wireless metropolitan area networks // IEEE, 10-14 April, 2016, pp.730–738.
12. Shi C., Lakafosis V., Ammar M.H., Zegura E.W. Serendipity: enabling remote computing among intermittently connected mobile devices / in Proc. of the ACM MobiHoc, 2012, pp.145–154.
13. Alekberov R.K., Alekperov O.R. Effective use Method of Cloudlet Resources by Mobile Users // International Journal of Computer Network and Information Security, 2018, vol.10, no.2, pp.46–52.
14. Sarddar D., Bose R. A Mobile Cloud Computing Architecture with Easy Resource Sharing // International Journal of Current Engineering and Technology, 2014, vol.4, no.3, pp.1249–1254.
15. Gelenbe E., Lent R., Douratsos M. Choosing a local or remote cloud / Proceedings of 2nd International Symposium on Network Cloud Computing and Applications, 2012, pp.25–30.
16. Verbelen T., Simoons P., Turck F.D., Dhoedt B. Cloudlets: Bringing the cloud to the mobile user // Proceedings of 3rd workshop on Mobile Cloud Computing and Services, ACM, 2012, pp.29–36.
17. Alakbarov R., Pashayev F., Hashimov M. Development of the Method of Dynamic Distribution of Users' Data in Storage Devices in Cloud Technology // Advances in Information Sciences and Service Sciences, 2016, vol.8, no.1, pp.16–21.
18. Gupta P., Gupta S. Mobile Cloud Computing: The Future of Cloud // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2012, vol.1, no.3, pp.134–144.
19. Liu F., Shu P., Jin H., Ding L., Yu J., Niu D., Li B. Gearing resource-poor mobile devices F.with power fulclouds: architectures, challenges, and applications // IEEE Wireless Communications, 2013, vol.20, no.3, pp.14–22.
20. Микрюков А.А., Хантимиров Р.И. Задача первоначального выделения ресурсов в облачных вычислительных средах на основе метода анализа иерархий // Прикладная информатика, 2015, no.8, pp.184–185.
21. How often do you check your phone? The average person does it 110 times a day. available online at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2449632>
22. Collings R. Mobile Cloud Adoption Challenges in the Enterprise. <http://cloudcomputingtopics.com/2012/04/mobile-cloud-adoption-challenges-in-the-enterprise>
23. Amazon Drive. <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2382825,00.asp>
24. Amazon elastic compute cloud (Amazon EC2). <http://aws.amazon.com/ec2>
25. Amazon S3. 2012. http://ru.wikipedia.org/wiki/Amazon_S3
26. Diaby T., Rad B.B. Cloud Computing: A review of the Concepts and Deployment Models // International Journal of Information Technology and Computer Science, 2017, vol.9, no.6, pp.50–58.
27. Akomolafe O.P., Abodunrin M.O. A hybrid cryptographic model for data storage in mobile cloud computing // International Journal of Computer Network and Information Security, 2017, no.6, pp.53–60.

28. Kovachev D., Klamma R. Framework for Computation Offloading in Mobile Cloud Computing // International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia, 2012, vol.1, no.7, pp.6.
29. Goyal M., Singh S. Mobile Cloud Computing // International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering, 2014, vol.3, no.4, pp.517–521.
30. Diaby T., Rad B.B. Cloud Computing: A review of the Concepts and Deployment Models // International Journal of Information Technology and Computer Science, 2017, vol.9, no.6, pp.50–58.
31. Alguliyev R.M., Aliguliyev R.M., Alekberov R.K., Alekperov O.R. The Skyline Operator for Selection of Virtual Machines in Mobile Computing // International Journal of Modern Education and Computer Science, 2018, vol.10, no.11, pp.1–10.

УДК 004.71

Алекперов Огтай Р.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
oqtayalakbarov@yahoo.com

Исследование архитектурно-технологических принципов мобильных облачных вычислений

В статье проанализированы архитектурно-технологические принципы мобильных облачных вычислений, созданных на основе облачных технологий. В то же время был проведен сравнительный анализ архитектур мобильных облачных вычислений. Показаны преимущества, а также создание мобильных облачных вычислений иерархической структуры, созданных на основе cloudlet. Отмечены более эффективное обеспечение потребностей к вычислительным ресурсам и ресурсам памяти мобильных оборудований предлагаемой архитектуры, а также устранение задержек в сети.

Ключевые слова: мобильные облачные вычисления, мобильные оборудования, cloudlet, вычислительные ресурсы и ресурсы памяти, облачные вычисления, канал связи, сетевая инфраструктура, облачные сервисы.

Oqtay R. Alakbarov

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan
oqtayalakbarov@yahoo.com

Research of architectural-technological principles of mobile cloud computing

The article analyzes the architectural and technological principles of mobile cloud computing based on cloud technologies. At the same time, a comparative analysis of the architecture of mobile cloud computing is carried out. Development of hierarchical structured mobile cloud computing based on cloudlets and its advantages are displayed. The proposed architecture provides more efficient use of computing and memory resources for mobile equipment and eliminates delays on the network.

Keywords: mobile cloud computing, mobile equipment, cloudlet, computing and memory resources, computing clouds, communication channel, network infrastructure, cloud services.