

UOT 004.056

DOI: 10.25045/jpit.v12.i1.02

Əlakbarov R.Q.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
rashid.alakberov@gmail.com

MOBİL BULUD TEXNOLOGİYALARI: MÖVCUD VƏZİYYƏTİ, PROBLEMLƏRİ VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK MƏSƏLƏLƏRİ

Daxil olmuşdur: 02.10.2020 Düzəliş olunmuşdur: 19.10.2020 Qəbul olunmuşdur: 02.11.2020

Məqalədə mobil qurğularda böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən məsələlərin həllində meydana çıxan problemlər (resurs qıtlığı və enerji sərfiyyatı) analiz edilmişdir. Bu problemləri aradan qaldırmaq üçün mobil hesablama buludları (MHB) texnologiyalarından geniş istifadə olunması qeyd edilmişdir. Mobil buludların müxtəlif arxitektur-texnoloji prinsipləri analiz edilmiş və onların üstünlükləri göstərilmişdir. Hesablama buludlarının (HB)-nin modelləri, xidmətləri, xüsusiyyətləri və üstünlükləri göstərilmişdir. MHB-nin mövcud vəziyyəti, imkanları, meydana çıxan problemlər və onların həlli üçün təklif və tövsiyələr verilmişdir. Eyni zamanda, MHB-də təhlükəsizlik və məxfilik məsələləri analiz edilmişdir. Mobil istifadəçilərə böyük hesablama resursları tələb edən məsələlərin həllinə imkanlar yaradan cloudletəsaslı MHB-dən istifadə edilməsi təklif edilmişdir. Eyni zamanda cloudletəsaslı iyerarxik strukturlu MHB-nin arxitektur-texnoloji prinsipləri işlənmiş və onun üstünlükləri göstərilmişdir. Təklif edilən modelin mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarına olan tələbatını təmin etməsi, şəbəkədə əlaqə kanallarının ötürücülük qabiliyyətinin artırılması, gecikmələrin aradan qaldırılması və təhlükəsizliyin təmin edilməsi qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: mobil hesablamalar, hesablama buludları, mobil hesablama buludları, hesablama və yaddaş resursları, enerji sərfiyyatı, cloudlet, cib cloudleti, təhlükəsizlik.

Giriş

İnsanlar gün ərzində mobil qurğular vasitəsi ilə bir-biriləri ilə coxsaylı ünsiyyət yaradırlar. İstifadəçilər mobil qurğulardan istifadə etməklə sənədlərin hazırlanması, filmlərə baxış, sosial şəbəkələrdən və internet-mağazalardan istifadə və s. işləri həyata keçirirlər. Eyni zamanda, istifadəçilər mobil qurğularda audio-video məlumatlardan və e-poçt xidmətindən geniş istifadə edirlər. Bu işə mobil qurğuların qida mənbəyinin tez tükənməsinə səbəb olur. Son dövrlərdə yaradılan proqram əlavələrinin istifadəsi böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edir. Mobil qurğular kiçik ölçülərə malik olduqlarından məhdud hesablama, yaddaş və enerji resurslarına malikdirlər. Mobil qurğuların texniki imkanlarının artmasına baxmayaraq, onlardan böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən proqram əlavələrindən istifadə edilməsində problemlər yaranır. Qeyd edilən problemləri yeni paradiqma olan bulud texnologiyalarından istifadə etməklə aradan qaldırmaq olar. Beləliklə, bulud texnologiyaları vasitəsilə mobil qurğuları daha yüksək hesablama və yaddaş resursları ilə təmin etməklə, onlardakı hesablama və yaddaş resurslarındakı məhdudluqları aradan qaldırmaq olar. Bulud texnologiyaları mobil istifadəçilərin məsələlərini bulud platformasında (bulud serverlərdə) işə salmaqla onları kifayət qədər hesablama və yaddaş resursları ilə təmin edir.

MHB mobil şəbəkə və HB-nin inteqrasiyasından yaradılan yeni paradiqma olub, mobil qurğularda hesablama və yaddaş resurslarındakı məhdudluqların aradan qaldırılmasını və məsələnin həllində mobil qurğunun enerji sərfiyyatının azaldılmasını təmin edir. Mobil istifadəçilər MHB-nin xidmətlərindən istifadə edərək istənilən məsələnin həllini həyata keçirə bilirlər.

Hal-hazırda istifadəçilərin istifadə etdikləri mərkəzləşdirilmiş HB yüksək hesablama və yaddaş resurslarına malik olmasına baxmayaraq, emal olunan məlumatları şəbəkədə yaranan gecikmələr nəticəsində yüksək sürətlə istifadəçilərə çatdırma imkanına malik deyil. MHB-də son dövrlərdə mobil istifadəçilərin sayının sürətlə artması, bulud serverlərin uzaqda olması və İnternet

şəbəkəsinin yüklənməsi emal olunan məlumatların istifadəçiyə çatdırılmasında böyük gecikmələrə səbəb olur. Yuxarıda qeyd edilən problemləri (resurs qıtlığını, enerji sərfiyyatını və əlaqə kanallarında gecikmələri və s.) aradan qaldırmaq üçün HB-nin resurslarının istifadəçiyə yaxın yerləşdirmək lazım gəlir. Beləliklə, qeyd edilən problemləri aradan qaldırmaq üçün cloudletəsaslı MHB-nin yaradılması və istifadə edilməsi aktual məsələlərdəndir.

Tədqiqatla əlaqədar işlər

MHB texnologiyaları istiqamətində aparılan tədqiqatların əksəriyyəti istifadəçi sorğularının uzaqda yerləşən bulud serverlərdə emalının səmərəli təşkili məsələlərinə həsr olunmuşdur [1–3]. Bəzi tədqiqat işlərində mərkəzləşdirilmiş HB sistemlərində İnternet şəbəkəsinin yüklənməsi səbəbindən əlaqə kanallarında yaranan gecikmələr nəticəsində istifadəçilərin sorğularının sürətli emalında yaranan problemlər analiz olunmuş və gecikmələri aradan qaldırmaq üçün cloudlet şəbəkələrdən istifadə edilməsi tövsiyə edilmişdir. Bu halda, cloudletlər sorğuları daha tez emal edir və, həmçinin mobil qurğuların enerjiden daha az istifadə etməsini təmin edir [4–6]. [7]-də istifadəçilərin istifadə etdikləri proqram əlavələrinin əsas və köməkçi hissələrini uyğun olaraq bulud serverlərdə və mobil qurğuda düzgün yerləşdirməklə mobil qurğuların enerji sərfiyyatının azaldılması qeyd edilir. [8]-də bulud serverlərin fiziki cəhətdən istifadəçilərdən uzaqda yerləşdiyi üçün məlumat mübadiləsində əlaqə kanallarında gecikmələrin uzunmüddətli olması qeyd edilir. Məqalədə bulud serverlərin istifadəçilərə yaxın yerləşdirilməsi ilə məlumat mübadiləsində gecikmələrin əhəmiyyətli dərəcədə azalması qeyd edilmişdir [9]. [10]-da mobil qurğuların resurslarındakı məhdudluqların, əlaqə kanalının keyfiyyətinin, tətbiqi proqramların müxtəlifliyinin HB-nin servislərindən səmərəli istifadə olunmasına təsir göstərməsi tədqiq edilmişdir. [11]-də mobil qurğuların hesablama və yaddaş resurslarındakı çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün cloudletlərdən istifadə etmək təklif olunmuşdur. Bəzi tədqiqat işlərində MHB-də cloudletlərin yaradılmasını zəruri edən şərtlər araşdırılmışdır və cloudletlərin hansı baza stansiyaları yaxınlığında yerləşdirilməsinin proqnozlaşdırılması məsələsi həll edilmişdir [12]. Bəzi tədqiqat işlərində istifadəçi ilə cloudlet arasında əlaqə kanallarının sayının az olması nəticəsində cloudletdə yerinə yetirilən proqram əlavələrinin yüksək keyfiyyətlə, minimal gecikmələr və qırılmalarla həyata keçirilməsi qeyd edilmişdir [13]. [14]-də proqram vasitələrinə müraciətlərin tezliyini nəzərə almaqla onların əvvəlcədən seçilmiş cloudletdə yerləşdirilməsi məsələsinə baxılmışdır. [15]-də mobil istifadəçinin cloudletə giriş imkanları, istifadəçi ilə cloudlet arasında əlaqə kanallarının sayının məsələlərin həll olunma vaxtına təsiri araşdırılmışdır. Bəzi tədqiqat işlərində [16–18] cloudlet şəbəkə infrastrukturunun yaradılması məsələlərinə baxılmış və cloudletlərin daha çox mobil istifadəçi olan məkanların (ticarət mərkəzləri, kitabxanalar, məktəblər, universitetlər, stadionlar, aeroportlar və s.) yaxınlıklarında yerləşdirilməsi təklif edilir.

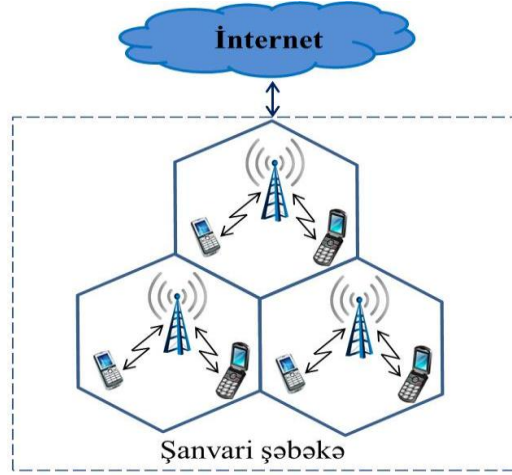
[19]-da mobil qurğu ilə bulud serverlər arasındakı əlaqə kanallarında gecikmələri aradan qaldırmaq üçün məlumatların (proqram əlavələrinin) cloudletlərdə keşlənməsi məsələlərinə baxılmışdır. [20]-də cloudletəsaslı şəbəkənin infrastruktur probleminə baxılmışdır. Məqalədə cloudletlərin harada və hansı sayda yerləşdirilməsi məsələsi təhlil edilmişdir. [21]-də bulud və cloudletəsaslı MHB-nin əlaqə kanallarının ötürücülük imkanları və gecikmələrin müqayisəli təhlili aparılmış və cloudletəsaslı modelin buludəsaslı modeldən üstün olduğu qeyd edilmişdir.

Mobil hesablama şəbəkələrinin arxitekturası

Mobil hesablama. Günümüzdə mobil qurğular insanların ünsiyyət yaratmağı üçün vacib bir avadanlıq vasitəsinə çevrildi. Mobil qurğular real vaxt rejimində bəzi proqram tətbiqlərini dəstəkləyə bilsə də, resurs və enerji istehlakı baxımından məhduddur. Mobil hesablama texnologiyası qeyd edilən problemləri həll etmək üçün istifadəçiləri resursla təmin edir və böyük resurs tələb edən mürəkkəb məsələlərin mobil qurğularda həllini həyata keçirir. Mobil hesablama mobil istifadəçilərin hərəkətdə olduqları zaman hesablama və məlumat mənbələrinə girişini təmin edən İT texnologiyalarının məcmusudur. Mobil hesablama sistemlərinin yaradılması üçün mobil

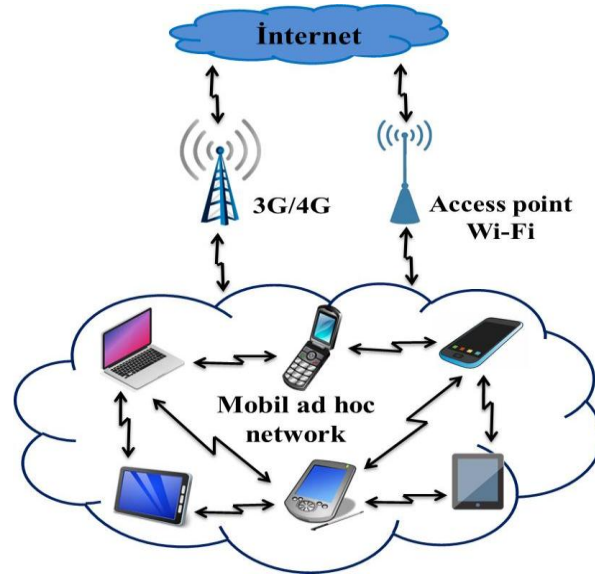
şəbəkələrdən istifadə edilir. Mobil şəbəkələr hər hansı bir coğrafi məkanda onlara qoşulmuş mobil istifadəçinin daimi hərəkəti vaxtı onun məlumat əldə etmək qabiliyyətini və proqram əlavələrindən istifadəni təmin edən şəbəkələrdir. Mobil şəbəkələr Şanvari, Mobile Ad Hoc, Mobil Simsiz Sensor tipli şəbəkələrin arxitekturası əsasında yaradılır.

Şanvari (hücrə) şəbəkə. Əvvəllər mobil şəbəkələri yüksək enerji istehlaklı tək ötürücüdən istifadə edərək yaradırdılar. Ənənəvi arxitektura böyük coğrafi ərazini əhatə edir, lakin tezliyin təkrar istifadəsi texnologiyasını dəstəkləmir. Tezliyin təkrar istifadəsini və geniş əhatə dairəsini təmin etmək üçün şanvari arxitekturalı mobil şəbəkələrdən istifadə edilməyə başlandı (şəkil 1). Şanvari arxitektura yüksək enerji istehlaklı ötürücüsünü aşağı güc ötürücüləri ilə əvəz edir. Geniş coğrafi ərazi baza stansiyası tərəfindən xidmət olunan altıbucaqlı hücrələrə bölünür. Şanvari şəbəkədəki hər bir hücrə bir sıra müstəqil hücrələr ilə əhatə olunmuşdur. Bu zaman bitişik hücrələrin sərhədi bir-birinə toxunur. Altıbucaqlı hücrə coğrafi mövqedə müəyyən ərazini əhatə edir. Hər bir hücrəyə yaxınlıqdakı baza stansiyası xidmət göstərir. Hər bir hücrəyə xidmət edən baza stansiyası müəyyən bir tezliyə malikdir. Bitişik hücrənin baza stansiyası rabitədəki fasilələri aradan qaldırmaq üçün fərqli tezlik diapazonlarına ayrılmışdır.



Şəkil 1. Şanvari şəbəkənin arxitekturası

Mobil Ad Hoc şəbəkəsi (MANET-Mobile Ad Hoc Network). Mobile Ad Hoc (ad hoc latın ifadəsi olub, xüsusi olaraq konkret məsələnin həlli üçün mənasını verir) şəbəkə mobil istifadəçilərinin bir-biri ilə ümumi giriş nöqtəsi və ya Wi-Fi router olmadan birbaşa qarşılıqlı əlaqə qurduğu mərkəzləşdirilməmiş simsiz şəbəkənin bir formasıdır. Bəzən mobil istifadəçilərin proqram tətbiqlərinin uzaqda yerləşən bulud serverlərdə yerinə yetirilməsi zəif şəbəkə əlaqələrinin və qırılmaların olması və ya ümumiyyətlə, İnternetin olmaması səbəbindən mümkün olmur. Belə vəziyyətlərdə MANET şəbəkə texnologiyalarından istifadə edirlər. Mobil qurğuları bir qrup altında birləşdirərək onların resurslarından böyük resurslar tələb edən proqram tətbiqlərinin yerinə yetirilməsində istifadə edirlər. MANET şəbəkələrinin infrastrukturunun yaradılması istiqamətində aparılan tədqiqat işləri hələ başlanğıc mərhələsindədir. İstifadəçinin məsələlərinin yaradılan şəbəkənin resursları arasında optimal paylanması, resursların səmərəli idarə olunması, səhvlərə qarşı etibarlılığın təmin edilməsi, mobilliyin idarəsi, identifikasiya, icazə və mobil qurğularda şəxsi məlumatların məxfiliyinin təmin edilməsi üçün tədqiqatların aparılmasına ehtiyac var. MANET arxitekturası minimum avadanlıq tələb edir və hər bir mobil qurğunun Wi-Fi adapteri ilə təchiz olunması kifayətdir (şəkil 2).



Şəkil 2. Mobile Ad Hoc şəbəkəsinin arxitekturası

MANET şəbəkəsində qovşaqlar və marşrutlaşdırıcıların vəziyyəti dayanıqlı olmur. Şəbəkə simsiz əlaqə vasitəsilə bir-biri ilə əlaqə quran mobil qurğulardan ibarətdir. Belə şəbəkədə mobil qurğu (qovşaq) ona yaxın qonşu qovşağa sorğu göndərir və ya ondan cavab ala bilər. Beləliklə, MANET qovşaqların sərbəst hərəkət edə biləcəyi və öz-özünü sazlayan dinamik şəbəkələrdir. MANET-dəki hər bir mobil qurğu müstəqil olaraq istənilən istiqamətdə hərəkət edə bilər və buna görə də digər mobil qurğularla əlaqələrini tez-tez dəyişdirir. Hər bir qurğu öz istifadəsi ilə əlaqəli olmayan trafiki digər qurğulara yönləndirməlidir və bu səbəbdən də marşrutlaşdırıcı rolunu oynaya bilər. Bu arxitektura ilk olaraq heç bir şəbəkə infrastrukturunun yaradılmasına ehtiyac yoxdur. Bu rejimdə hər bir qovşaq məlumatları digər qovşaqlara yönləndirərək marşrutlamada iştirak edir, beləliklə, hansı qovşaqların məlumat ötürdüyünün təyin edilməsi şəbəkə bağlantısı və istifadə olunan marşrut alqoritmi əsasında dinamik şəkildə aparılır [22].

Mobil simsiz sensor şəbəkəsi (ing. Mobile Wireless Sensor Network-MWSN). Telekommunikasiya sahəsindəki texnologiyaların inkişafı yeni bir nəsil şəbəkə infrastrukturunun – simsiz sensor şəbəkələrin (WSN) yaradılmasına təkan verdi. Bu şəbəkələrin texnoloji proseslərin idarə edilməsində geniş tətbiqi son illərin perspektivli tədqiqat sahələrindən biridir. Bu şəbəkələrdə istifadə olunan qurğular ətraf mühətdən aldıkları məlumatları lokal emal etmə qabiliyyətinə malik olur və toplanmış məlumatların simsiz əlaqə kanalı ilə lazımi yerlərə ötürülməsini təmin edirlər. Bu şəbəkə infrastrukturundan əşyaların İnterneti texnologiyalarında geniş istifadə edilir. MWSN radio kanalı ilə bir-birinə bağlı olan sensor və icra mexanizmlərindən (aktuator) ibarət olan paylanmış, öz-özünü sazlayan bir şəbəkədir. MWSN-lər statik sensor şəbəkələrinə nəzərən daha çox çevikdirlər (universaldırlar), çünki istənilən sahədə yerləşdirilə bilər və sürətli topoloji dəyişikliklərin öhdəsindən gələ bilərlər. Belə bir şəbəkənin əhatə dairəsi məlumatları bir qovşaqdan digərinə ötürmə qabiliyyəti sayəsində bir neçə metrədən bir neçə kilometrə qədər dəyişə bilər. MWSN şəbəkəsinin infrastrukturunu, sensor qovşaqlarının iştirakı istisna olmaqla, MANET şəbəkəsinin infrastrukturuna bənzəyir. MWSN-də sensor qovşaqlar hesablama və ötürmə (ünsiyyət) qabiliyyətlərinə malik olurlar. MWSN-də sensor qovşaqları məlumatları qonşu qovşaqlara ötürmək və, MANET şəbəkəsində olduğu kimi, digər şəbəkələrlə əlaqə qurmaq üçün marşrut rolunu oynayırlar [22].

HB-nin modelləri və xidmətləri

Hazırda dünyada HB texnologiyasının köməyi ilə verilənlərin emalı mərkəzlərinin hesablama və yaddaş resurslarından səmərəli istifadə edilməsi istiqamətində intensiv tədqiqat işləri aparılır. Böyük hesablama və yaddaş resurslarına malik olan belə sistemlər yüksəksürətli əlaqə kanalına

malik kompüter şəbəkələri əsasında yaradılır. HB texnologiyası təşkilatların verilənlərin emalı mərkəzlərinin hesablama və yaddaş resurslarından daha səmərəli istifadə edilməsinə imkan yaradır. Bu texnologiyanın köməyi ilə istifadəçinin məlumatları HB-nin serverlərində saxlanılır, emal edilir və eyni zamanda brauzerlərin köməyi ilə nəticələrin əldə edilməsi təmin edilir [23]. HB texnologiyaları emal mərkəzlərinin hesablama və yaddaş resurslarının klasterləşməsi və virtuallaşdırılmasından geniş istifadə edilməsini təmin edirlər. HB texnologiyası istifadəçilərə güclü hesablama və yaddaş resursları əldə etməyə imkan verir və eyni zamanda, bu resursların harada yerləşməsi və sazlanması istifadəçinin marağında olmur. Qeyd edilən texnologiyanın köməyi ilə verilənlərin emalı mərkəzlərində hesablama və yaddaş resurslarından səmərəli istifadə edilməsini, məsələnin həll vaxtının azaldılmasını və şəbəkənin az yüklənməsini təmin etmək mümkündür. Son dövrlərdə bulud texnologiyalarının imkanlarından istifadə edərək mobil istifadəçilər üçün çoxsaylı mobil proqram əlavələrinin yaradılmasına təkan verilmişdir. Hazırda bulud texnologiyalarının xidmətlərindən mobil istifadəçilər də geniş istifadə edirlər. Beləliklə, HB yeni paradıqma olaraq istifadəçilərə asan idarəetmə imkanları verərək və ya servis provayderi ilə qarşılıqlı əlaqədə olmaqla, tez bir zamanda konfigurasiya olunan hesablama resurslarından istifadəni təmin edən modeldir [24–25]. Bu texnologiya istifadəçilər üçün qısa müddət ərzində mürəkkəb məsələlərin həlli üçün lazım olan hesablama və yaddaş resurslarını müəyyən edib, formalaşdırıa bilir. Bu platforma vasitəsi ilə xidmət provayderləri istifadəçilərin tələblərinə uyğun onları virtual maşınlarla təmin edirlər. İstifadəçi isə, sadəcə olaraq, ona lazım olan tətbiqləri yaradır və ya quraşdırır. HB xidmətləri Amazon, Google, Salesforce və Yahoo kimi bulud provayderləri, o cümlədən, Hewlett Packard, IBM, Intel, Microsoft kimi ənənəvi istehsalçılar tərəfindən təklif edilir.

Bulud texnologiyalarını digər informasiya texnologiyalarından fərqləndirən xüsusiyyətlər aşağıdakılardır:

Tələbə uyğun özünəxidmət. İstifadəçi məsələlərin emalı və saxlanması üçün virtual maşın tələb etdikdə, bunu istifadəçilər və xidmət təminatçıları arasında qarşılıqlı əlaqə olmadan əldə edir. İstifadəçilər provayderin qarşılıqlı xidmətindən istifadə etmədən, tələbata uyğun olaraq, lazım olan hesablama və yaddaş resurslarının həcmi təyin edə və dəyişdirə bilirlər;

Şəbəkəyə geniş giriş imkanları. Müştərilər müxtəlif qurğulardan (noutbuk, ağıllı telefon, planşet və s.) istifadə edərək istənilən vaxt, istənilən yerdən bulud serverlərinin hesablama və yaddaş resurslarından istifadə imkanları əldə edə bilirlər;

Resursların əldə edilməsi. Bulud resurslarının çoxicraçı modelində çoxsaylı istifadəçilər hesablama resurslarına daxil ola bilirlər. İstifadəçinin istifadə etdiyi resursların xidmət təminatçısı (provayder) tərəfindən haradan təmin edildiyi barədə heç bir məlumatı olmur;

Birləşdirilmiş (vahid) resurslar. Provayderin hesablama və yaddaş resurslarını vahid çətir altında birləşdirərək, paylanmış resursların çoxsaylı istifadəçilər arasında birgə istifadəsinin təmin edilməsi;

Resursların çevik elastikliyi (çevik miqyaslanan). Müştərinin tələbinə uyğun olaraq, ona lazım olan resursları əldə etməsi və onların artırılması və ya azaldılması imkanlarını qısa bir zamanda həyata keçirmək olur.

HB-nin tipləri:

- Private Cloud (Özəl buludlar);
- Community cloud (İcma buludları);
- Public cloud (İctimai buludlar);
- Hybrid cloud (Hibrid buludlar).

Private Cloud (Özəl buludlar) – bir təşkilat daxilində HB xidmətindən istifadə üçün yaradılmış infrastrukturudur. Təşkilat yaratdığı buludu özü idarə edə bilər və ya kənar təşkilata da həvalə edə bilər. İdeal variantda bulud təşkilatın daxilində yaradılır və onun əməkdaşları tərəfindən idarə olunur. Özəl buludların infrastrukturunun yaradılması, genişləndirilməsi və onun idarə edilməsi təşkilat tərəfindən həyata keçirildiyindən bu cür buludların istismar xərcləri digər tip buludlara nəzərən baha olur. Özəl buludlarda təhlükəsizlik məsələləri digər buludlara nəzərən daha yüksəkdir.

Community cloud (İcma buludları) – təşkilat daxilində ümumi problemlərin həll üçün yaradılmış müəyyən qrup (icma) istehlakçıları bulud xidmətləri ilə təmin edən bulud infrastrukturudur. Bu modeldə məlumat mərkəzi bir və ya daha çox təşkilata məxsusdur, idarəetmə ya üçüncü tərəf, ya da icma təşkilatından yalnız biri tərəfindən həyata keçirilir.

Public cloud (İctimai buludlar) – geniş ictimai kütlə üçün nəzərdə tutulmuş bulud infrastrukturudur. İctimai buludlar bulud provayderləri tərəfindən İnternet istifadəçilərinə təklif olunur. İctimai bulud xüsusi istifadəçi ilə məhdudlaşmır. O, hər növ bulud istifadəçiləri tərəfindən istifadə edilə bilər. İctimai bulud korporativ şəbəkədən kənarada yaradılır və istifadəçilər buludda yerləşən məlumatlarını idarə etmək və ona nəzarət etmək imkanlarından məhrumdurlar. İstifadəçinin məlumatlarının idarə edilməsi və təhlükəsizlik məsələləri bulud provayderləri tərəfindən həyata keçirilir. İstifadəçilər istifadə etdikləri resursa görə ödəniş edirlər. Bu tip buludlarda istifadəçilər bulud provayderlərinin təklif etdikləri standart konfigurasiyalardan istifadə edirlər. Bu işə istifadəçilər tərəfindən digər buludlara nəzərən bu tip buludlarda müxtəlif texniki imkanlara malik virtual maşınların seçilməsində problemlər yaranır.

Hybrid cloud (Hibrid buludlar) – yuxarıda qeyd edilən buludların birləşməsindən yaradılır. İstifadəçilərin bir qrupu daxili buludlardan, digər bir qrupu isə ictimai buludlardan istifadə edir. Hibrid buludlar dövlət və özəl bulud infrastrukturalarının birləşdirilməsindən yaradılır. Bu tip buludlarda idarəetmə müəssisə və ictimai (dövlət) buludlar arasında paylanır. Hibrid buludlarda xidmətin bir hissəsi təşkilat tərəfindən özəl buludlarda, digər bir hissəsi isə ictimai təşkilat tərəfindən ictimai buludda yerinə yetirilir. Bu tip buludlardan əsasən təşkilatların fəaliyyətinin mövsümi dövrlərində (işin həcmnin artdığı müddətdə) istifadə edirlər. Başqa sözlə, təşkilatın daxili şəbəkə infrastrukturunu cari işlərin yerinə yetirilməsində yaranan məsələlərin öhdəsindən gələ bilmirsə, onda bu məsələlərin bir hissəsi (məsələn, hazırda təşkilat üçün lazım olmayan emal olunmamış böyük həcmli statistik verilənlər) ictimai buludlara köçürülür. Eyni zamanda, istifadəçilərin ictimai bulud vasitəsi ilə özəl buludların resurslarına daxil olması imkanları yaradılır.

Hal-hazırda istifadəçilər HB-nin üç xidmətindən (IaaS, PaaS və SaaS) geniş istifadə edirlər:

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

PaaS (Platform-as-a-Service – platforma xidmət kimi) xidməti istifadəçilərin virtual serverlərdə yerləşən əməliyyat sistemlərindən və xüsusi proqram əlavələrindən istifadə etməsinə imkan yaradan platformadır. PaaS xidməti bulud texnologiyalarının xidmət modeli olub, istifadəçilərin buludda yerləşən proqram platformalarından: əməliyyat sistemləri, VBİS (verilənlər bazasının idarəetmə sistemləri), tətbiqi proqram təminatlarından, proqram təminatlarının işlənməsi və test edilməsi kimi proseslərdən istifadəsinə imkan verir.

SaaS (Software-as-a-Service – proqram təminatı xidmət kimi) xidməti istifadəçilərə HB serverlərində yerləşdirilən proqramlardan (Google Apps, Google Docs, Autodesk və s.) və proqram əlavələrindən istifadə etməklə öz məsələlərini həll etmək imkanı yaradır. Proqram əlavələri SaaS xidməti verən provayderin serverlərində işləyir və istifadəçiyə emal olunmuş məlumatları göndərir. Beləliklə, istifadəçi proqram təminatını almır və istifadəyə uyğun pul ödəyir. HB-nin bu xidmət modelində istifadəçilər provayder tərəfindən buluda yerləşdirilən proqram əlavələrindən istifadə edirlər.

MHB-nin arxitekturası

Son dövrlərdə hesablama texnologiyalarının sürətli inkişafı mobil qurğuların resurs tələb edən proqram əlavələrinin istifadəsi imkanlarını artırmışdır. Eyni zamanda, böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən proqram əlavələrinin yaradılması işləri də genişləndirilmişdir. Mobil qurğuların fasiləsiz inkişafına baxmayaraq, onların texniki imkanları (hesablama məhsuldarlığı, yaddaş, şəbəkə genişliyi və qida mənbəyinin (akkumulyatorun) fasiləsiz işləmə müddəti və s.)

masaüstü kompüter qurğuları ilə müqayisə baxımından məhdudiyyətlərə malikdir. Bu çatışmazlıqların bəzilərini HB tərəfindən təklif edilən xidmətlərdən istifadə etməklə mobil qurğularda aradan qaldırmaq olar. Bulud resurslarından və xidmətlərindən istifadə etməklə mobil qurğuların imkanlarının artırılması texnologiyaları MHB texnologiyaları adlanır [26]. MHB sistemlərində istifadəçilərin məsələləri bulud serverlərdə emal edilir, yadda saxlanılır və nəticələr istifadəçilərə göndərilir. Beləliklə, MHB texniki-proqram təminatından ibarət olub, mobil İnternet istifadəçilərinə uyğun veb-interfeys vasitəsilə uzaq məsafədə yerləşən bulud serverlərin resurslarından (hesablama və yaddaş resursları, proqram və verilənlər və s.) istifadə etməyə imkan verən yeni texnologiyadır. MHB-nin əsas konsepsiyası mobil istifadəçiləri hesablama və yaddaş resursları ilə təmin edən bulud xidmətlərinin təşkil edilməsidir. MHB sistemi HB ilə mobil şəbəkə mühitinin inteqrasiyasını təmin etməklə mobil istifadəçilərə yeni bulud servislərdən istifadə edilməsində imkanlar yaradır. Məsələn, böyük hesablama resursları tələb edən multimedia formatlı proqram əlavələrini bulud serverlərdə həll etməklə keyfiyyətli nəticələr əldə etmək olar. Beləliklə, buludlarda məsələlər həll olunur və sonda nəticə mobil qurğuya ötürülür. Mövcud texnologiyalar mobil qurğuların akkumulyatorlarının fasiləsiz uzun müddət işləməsini təmin edə bilmir. Akkumulyatorların fasiləsiz işlənmə müddətini uzatmaq (enerjiyə qənaət) üçün bulud texnologiyalarından istifadə edilir. 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 böyük olduğundan məsələlərin həlli də tez həyata keçirilir. Bu işə mobil qurğuların akkumulyatorlarının uzun müddət işləməsinə imkan verir.

MHB texnologiyaları resursları rahat miqyaslaşdırır, mobillik və asan müraciət kimi keyfiyyətə malik olduğundan istifadəçilərin müraciətlərini asanlıqla yerinə yetirə bilir. MHB-də mobil qurğular mobil şəbəkənin baza stansiyalarının köməyi ilə İnternet şəbəkəsi üzərindən HB sisteminə qoşulur və lazım olan xidmətlərdən istifadə edirlər. MHB-nin arxitekturası şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. MHB-nin arxitekturası

Şəkil 3-də göstərilirdiyi 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 yerlərdə (yerin relyefindən asılı olaraq) aşağıya düşür və eyni zamanda, əlaqə kanallarında qırılmalar (ayrılmalar) baş verir [27,

28]. Mobil istifadəçilər bulud serverlərə qoşulmaq üçün Wi-Fi-dan istifadə etdikdə minimum gecikmə, yüksək ötürücülük və sürətli naqilsiz girişdən yararlanmaqla şəbəkəyə giriş imkanına malik olurlar. Hal-hazırda dünyada 2,56 milyard mobil İnternet istifadəçisi var [29]. MHB şəbəkələrinin arxitekturasından görüldüyü kimi, sistem bir neçə komponentdən ibarətdir: mobil istifadəçilər (mobil qurğu, smartfon və s.), mobil rabitə şəbəkəsi, MHB. Mobil istifadəçilər əlaqə kanallarının köməyi ilə İnternet üzərindən HB 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, xidmətlər də baha başa gəlir [13].

MHB-nin üstünlükləri

Mobil qurğuların akkumulyatorlarının fasiləsiz işləmə müddətinin uzadılması. Akkumulyatorun işləmə müddətinin uzadılması mobil avadanlıqlarda ciddi bir problem yaradır. Mövcud texnologiyalar mobil qurğuların akkumulyatorlarının fasiləsiz uzun müddət işləməsini təmin edə bilmir. Akkumulyatorların problemini həll etmək üçün bir çox təklif olunan modellər var. Ancaq bunlar qurğunun dizaynının yaxşılaşdırılması məsələlərinə yönəldilmişdir. Mobil istifadəçilər gün ərzində mobil telefon vasitəsilə sosial şəbəkələrdən, İnternet-proqram əlavələrindən, telefon zənglərindən, veb-səhifələrdən istifadə edir, oyunlar oynayır, dostlarla söhbət edir, video-filmlərə baxır və s. bu kimi xidmətlərdən yararlanırlar. Bu isə mobil qurğuların akkumulyatorlarının gün ərzində tez-tez boşalmasına səbəb olur və onun elektrik şəbəkəsinə qoşulmasını tələb edir. Böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən proqram əlavələrini mobil qurğuda həll etdikdə, mobil qurğunun prosessoru və yaddaş resursları tam gücü ilə məsələlərin həllində iştirak edir. Bu isə onun akkumulyatorunun tez boşalmasına (tükənməsinə) səbəb olur. Bu problemi aradan qaldırmaq üçün bulud texnologiyasından istifadə olunur. Yəni, həll olunan məsələ bulud serverlərində yerinə yetirilir və bu zaman mobil qurğu terminal (nazik kliyent) rolunda çıxış edir. Nəticədə onun akkumulyatorunun fasiləsiz uzun müddət işləməsi təmin edilir.

Məlumatların saxlanması. MHB istifadəçisinin tələbi əsasında onu lazımi yaddaş (saxlan) resursları ilə təmin edir. Bulud saxlan sistemini istifadəçilərə istənilən vaxt istənilən yerdə məlumatları saxlamağa və əldə etməyə imkan verir. Buludda saxlanılan məlumatlar istifadəçinin hər hansı bir multimedia məlumatları və ya videofaylları ola bilər. Bulud saxlan sistemində məlumatlar şifrlənir. Əlavə olaraq, haker hücumlarından qorunmaq üçün həmin məlumatların ehtiyat nüsxələri də yaradılaraq buludun yaddaş saxlan sistemində saxlanılır.

Yüksək emal gücü təklif edir. Böyük hesablama gücü tələb edən tətbiqi proqramlar buludda yerinə yetirilir və nəticələr mobil qurğulara göndərilir. Mobil istifadəçi məhdud emal gücünə malik olduğunu hiss etmir, çünki MHB istifadəçini məhdudiyatsız hesablama resursları ilə təmin edir. MHB istifadəçilərin böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən mürəkkəb proqram əlavələrindən istifadə etməsinə imkan verir.

Resursların dinamik təminatı. Bu, istifadəçinin əvvəlcədən sifariş etmədən lazım olan resursları lazımi vaxtda əldə etməsini təmin edir. Mobil istifadəçilər provayderlər tərəfindən əvvəlcədən hər hansı bir şərt qoyulmadan bulud xidmətlərindən istifadə etmək imkanı əldə edə bilərlər. Mobil istifadəçilər məsələnin həlli üçün tələb olunan resurslara uyğun virtual maşınlar yaradaraq məsələnin həllində istifadə edirlər. İstifadəçi bulud xidmətlərindən istifadə etdikdə, virtual maşının nüvələrinin sayını və yaddaşın həcmi tələbatı əsasən dinamik olaraq artırma bilər.

Miqyaslanmanın artırılması. Miqyaslanma bulud hesablama sisteminin əhəmiyyətli xüsusiyyətlərindən biridir. Sistemin çevik miqyaslanma imkanı istifadəçinin hesablama və yaddaş resurslarına olan tələbatını qısa zaman müddətində təmin edir. İstifadəçiyə ayrılan resurslar istifadəçinin tələbinə əsasən artırılır və ya azaldılır. Bulud xidmət təminatçısı mobil istifadəçiyə tətbiqi proqramların istifadəsini təmin edən resurs ehtiyacını idarə etmək imkan yaradır.

Etibarlılıq. İstifadəçilərin məlumatlarının nüsxələrinin bir neçə ehtiyat serverlərdə saxlanmasını təmin edir. Bununla etibarlılığın artırılmasına imkan yaranır və bu da öz növbəsində mobil qurğularda məlumatların itmə riskini azaldır.

Sistemin təhlükəsizlik imkanları. Mobil istifadəçilər bulud xidmətlərdən istifadə etdikdə onların məlumatlarının bulud serverlərdə saxlanması və qorunması problemləri ilə rastlaşırlar. Xidmət göstərən provayderlərin istifadəçilərin məlumatlarını müxtəlif təhlükəsizlik proqramları vasitəsilə qorumasına baxmayaraq, onlar eyni zamanda həmin məlumatlara nəzarət etmək imkanına malikdirlər. Ona görə də, bu baxımdan məxfilik problemi çox mühüm hesab olunur. Bu tip problemlərin həlli və qeyri-qanuni müdaxilələrin qarşısının alınması məqsədilə mobil qurğular üçün yazılmış təhlükəsizlik proqramlarından istifadə edilir. Bu məqsədlə Cloud AV platforması hazırlanmışdır. Bu platforma həm bulud, həm də mobil qurğularda zərərli proqramları aşkarlayan çoxsaylı xidmətlər təklif edir.

İntegrasiya asanlıığı. Müxtəlif provayderlərin xidmətlərini bulud və İnternet vasitəsi ilə bir-birinə integrasiya etməklə istifadəçinin tələblərini ödəmək mümkündür. Eyni zamanda, MHB asanlıqla Big Data və IoT kimi yeni inkişaf etməkdə olan texnologiyalara integrasiya olunur və bu da mobil istifadəçilərə həmin texnologiyaların xidmətlərindən istifadə edilməsi imkanı yaradır.

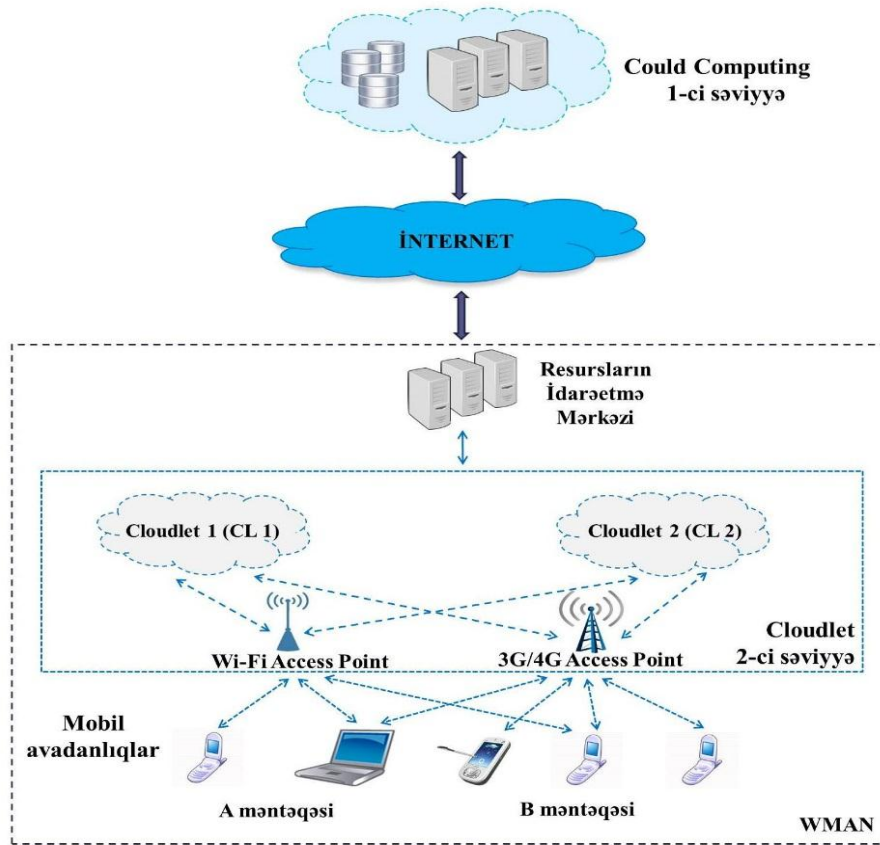
Cloudlet əsaslı mobil hesablama şəbəkələri

Hal-hazırda istifadəçilərin istifadə etdikləri mərkəzləşdirilmiş HB-nin yüksək hesablama və yaddaş resurslarına malik olmasına baxmayaraq, onlar emal olunan məlumatların yüksək sürətlə istifadəçilərə çatdırılması imkanına malik deyillər. HB-də mobil istifadəçilərin sayının sürətlə artması şəbəkənin yüklənməsinə, şəbəkənin ötürmə qabiliyyətinin aşağı düşməsinə və emal olunan məlumatların istifadəçiyə çatdırılmasında böyük gecikmələrə səbəb olur. Global No.1 Business Data Platform təşkilatının verdiyi məlumata görə, smartfon istifadəçilərinin sayı 2021-ci ildə 3.8 milyarda çatacaq və onların aylıq İnternet trafikinin həcmi 2022-ci ildə 12 Gbayt/aylıq olacaq [29]. Göstərilən bu qiymətlər çərçivəsində mərkəzləşdirilmiş MHB-dən istifadə etməklə istifadəçilərə səmərəli bulud xidmətləri göstərmək olmaz. Qeyd edilən çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün HB resurslarını istifadəçiyə yaxın yerləşdirmək lazım gəlir. MHB-də böyük resurslar tələb edən hesablama işləri istifadəçiyə yaxın yerləşən serverlərə yüklənir və bu da məsələlərin daha tez həll edilməsinə kömək edir. Beləliklə, mobil qurğuların bulud texnologiyalarından daha geniş və səmərəli istifadəsi üçün mobil şəbəkə operatorlarının baza stansiyalarının və ya istifadəçinin Wi-Fi ilə şəbəkəyə qoşulma yerlərinin yaxınlığında cloudletlər yaradılır. İstifadəçilərə lazım olan bulud xidmətləri cloudletlər vasitəsi ilə həyata keçirilir [30]. Cloudlet, uzaqda yerləşən bulud serverləri resurslarının mobil istifadəçilərə yaxınlaşdırmağı hədəfləyir. Cloudlet (kiçik HB) istifadəçilərə yaxın yerlərdə yerləşdirilən qurğu (server, noutbuk, mobil qurğu, planşetlər, laptoplar və s.) olub, uzaqda yerləşən bulud serverlərə nəzərən istifadəçiyə lazım olan məlumatların daha sürətlə çatdırılmasını təmin edir [31]. Cloudlet şəbəkəsi mobil istifadəçilərə Wi-Fi və ya 3G/4G əlaqə kanalları vasitəsilə onların yaxınlığında yerləşən cloudletlərin resurslarından istifadə etməyə imkan verir. Bu səbəbdən məsələnin icrası uzaq bulud serverlərə nisbətən tez həyata keçirilir. Həmçinin, HB-də 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 şəbəkələrin infrastrukturunu (arxitekturası) şəbəkə və xidmətyönlümlü olur [8].

Şəbəkəyönlümlü (əsaslı) cloudlet. Mobil qurğular 3G/4G və Wi-Fi rabitə texnologiyaları vasitəsilə yaxınlıqdakı cloudletlərə asanlıqla qoşula bilirlər. Server cloudlet istifadəçilərindən hesablama tapşırıqlarını alıb, icra etmək üçün şəbəkədəki mövcud cloudletlərə paylayır və nəticələri onlardan alaraq istifadəçiyə geri göndərir. Cloudletlər arasındakı məlumatlar yönləndirmə alqoritmləri vasitəsi ilə göndərilir və qəbul edilə bilər. İki çox istifadə edilən alqoritmədən istifadə etməklə şəbəkədə yerləşən cloudletlər arasında əlaqə qurmaq olar: paylanmış və mərkəzləşdirilmiş marşrut alqoritmələri. Paylanmış marşrut alqoritmində cloudletlər arasında əlaqəni yaratmaq üçün peer-to-peer rabitədən istifadə olunur. Cloudlet cari (hazırkı) yerinin koordinatlarını yaxınlıqdakı bütün mobil qurğulara paylayır, istifadəçi öz növbəsində cloudleti qəbul edib ona qoşula bilər. Mobil qurğu gələcək istifadə üçün qoşula biləcək cloudletlərin

məlumat identifikatorunu (ID) özündə saxlayır. Eyni zamanda, cloudlet ona qoşula biləcək mobil qurğuların məlumat identifikatorlarını özündə saxlayır. Cloudlet özündəki mobil istifadəçilərin mobil kimlik cədvəllərini digər cloudletlər arasında paylayır ki, gələcəkdə cloudletlərin resurslarının istifadəçilər arasında optimal paylanması təmin olunsun. Mərkəzləşdirilmiş arxitektura resursların idarə edilməsi üçün mərkəzləşdirilmiş serverdən istifadə edilir. Mərkəzləşdirilmiş serverin vəzifəsi cloudlet şəbəkəsindəki bütün mövcud cloudletlərin və mobil istifadəçilərin məlumat identifikatorlarını bir cədvəl şəklində saxlamaqdır. Mobil istifadəçinin məsələsi uzaq bulud serverlərdən cloudlet şəbəkəsinin mərkəzi serverinə yüklənir. Mərkəzi server cədvəl əsasında mobil istifadəçinin məsələsinin hansı cloudletdə həll edilməsini müəyyən edir. Mərkəzi server cloudletlərarası və ya istifadəçi ilə cloudletarası məlumat göndərmək və qəbul etmək üçün proxy server rolunu oynayır.

Xidmətyönümlü (əsaslı) cloudlet şəbəkəsi. Xidmətəsaslı cloudlet şəbəkənin arxitekturası mərkəzləşdirilmiş idarəetmə serverlərindən istifadə etməklə yaradılır. Cloudletlərin resurslarından səmərəli yararlanmaq üçün Resursları İdarəetmə Mərkəzindən (RİM) istifadə etməklə yaradılan iyerarxik strukturlu cloudletəsaslı mobil hesablama şəbəkəsi təklif edilir (şəkil 4).



Şəkil 4. Cloudletəsaslı MHB

İyerarxik strukturlu şəbəkənin RİM-də cloudletlərin yerləşdiyi məkan və onun texniki imkanları haqqında məlumatlar olur. 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 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 haqqında məlumatlar olur. Eyni zamanda, idarəetmə mərkəzində

cloudletlərin texniki imkanları 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 hansı cloudletdə yerləşdirilməsi təmin edilir. Şəkil 4-dən görüldüyü kimi, mobil İnternet istifadəçiləri onlara lazım olan tətbiqi proqramları onlara yaxın olan cloudlet sistemlərinin serverlərinə yükləyir və istifadə edir, bu da öz növbəsində İnternet şəbəkəsini yüklənmələrdən azad edir. Bu arxitektura, qismən də olsa, göstərilən bəzi parametrlərin (məsələnin həll vaxtını, əlaqə kanalında gecikmələri, qırılmaları və s.) göstəricilərini yaxşılaşdırır. İyerarxik strukturlu arxitekturalarda 1-ci səviyyədə HB sisteminin serverləri, 2-ci səviyyədə isə baza stansiyalarının yaxınlığında cloudletlər yerləşdirilir. 3-cü səviyyədə mobil qurğular yerləşir. Beləliklə, mobil qurğuların bulud texnologiyalarından daha geniş istifadəsi üçün mobil operatorların baza stansiyalarının yanında cloudlet yaradılır. Cloudletlərdən istifadənin üstünlüklərinə xidmətə sürətli giriş imkanının olması, mobilliyin dəstəklənməsi, rouminq xərcələrinin azaldılması daxildir. İstifadəçinin proqram əlavələri yaxınlıqdakı cloudletlərdə yerləşdiyindən, istifadəçilər şəbəkədə yaranmış rabitə gecikmələrini aradan qaldıraraq, məlumatlara dərhal giriş əldə edə bilirlər [23,32]. Xidmətyönümlü cloudlet şəbəkələrində istifadəçi ilə cloudlet və ya cloudletlər arasında məlumatların ötürülməsi və qəbul edilməsi prosesinə baxaq. İstifadəçi faylı uzaqda yerləşən bulud serverə və ya ona yaxın yerləşən cloudletə yükləməklə redaktə edə bilər. Cloudletlərdə redaktə etdikdən sonra istifadəçi faylı bulud serverə yükləyə bilər. Cloudlet və bulud server arasında sinxronizasiya məsələləri cloudlet agentləri vasitəsi ilə həyata keçirir. Bu agent vasitəsi ilə eyni zamanda faylın redaktəsində çoxsaylı istifadəçilər iştirak edərsə, onların işləri sinxronlaşdırılır. Faylın cloudletdə və ya bulud serverlərdə həll edilməsi məsələnin həll vaxtında mobil qurğunun istifadə etdiyi enerji sərfiyyatından və şəbəkədəki gecikmələrdən asılıdır. Məsələ cloudletdə həll edildikdə mobil qurğunun enerji sərfiyyatı məsələni bulud serverlərdə həll etdikdə sərf edilən enerjiden az olduqda, məsələ cloudletdə, əks halda isə bulud serverdə həll olunur. Eyni zamanda, bunu şəbəkədəki gecikmələrə də aid etmək olar [33].

Cib cloudleti (Pocket cloudlet). Son dövrlərdə İnternet şəbəkəsindən istifadə edən mobil qurğuların sayının sürətlə artması şəbəkənin əlaqə kanallarında gecikmələrə və mobil qurğuların proqram əlavələrinin istifadəsində enerji istehlakının artmasına səbəb olur. Mobil rabitə mobil istifadəçilərin artan tələblərinə xidmət edə bilmir, mobil bulud hesablaşma problemlərini həll etmək üçün müxtəlif həll yolları təqdim edir. Mobil qurğuların texniki imkanlarını (prosessorun emal gücünü, yaddaşın həcmi və s.) müasir istehsalat texnologiyalarından istifadə etməklə artırmaq mümkündür. Məsələn, günümüzdə mobil telefonlar enerjiden asılı olmayan 128 Gb yaddaşa istehsal olunur. Mobil qurğular məlumatları lokal saxlamaq üçün kifayət qədər yaddaşa təmin olunur. Mobil qurğularda xarici yaddaşın çox hissəsi istifadə olunmamış qalır. Mobil qurğulardakı istifadə olunmayan yaddaş hissələrindən bəzi proqram əlavələrinin yerli olaraq saxlanması üçün istifadə oluna bilər. Digər tərəfdən, MHB-də mobil istifadəçilər bəzi proqram əlavələrindən tez-tez istifadə edirlər. Belə olan halda eyni proqram əlavələrinin çoxsaylı təkrar istifadəsi mobil qurğuların yüklənməsinə səbəb olur ki, bu da əlaqə kanallarında gecikməyə və mobil qurğuların daha çox enerji istehlakına səbəb olur. Bu problemi tez-tez istifadə edilən tətbiqi proqramların mobil qurğunun yaddaşına əvvəlcədən yükləməklə həll etmək olar. Bu xidməti həyata keçirən şəbəkə infrastrukturuna cib cloudlet şəbəkəsi adlanır. Cib cloudletin konsepsiyası tez-tez istifadə olunan məlumatların (proqram əlavələrinin) saxlanması ilə formalaşır [34]. Cib cloudleti mobil qurğularda enerji istehlakını və əlaqə kanallarındakı gecikməni azalda bilər. Cib cloudleti mobil qurğunun yaddaş resurslarından səmərəli istifadəni təmin edir. Mobil istifadəçilər tez-tez istifadə etdikləri və ya gələcəkdə istifadə edəcəkləri proqram əlavələrini öz mobil qurğularına köçürə bilirlər. Məlumatları iki kateqoriyaya bölmək olar: statik və dinamik məlumatlar. Statik məlumatlar vaxtaşırı mobil qurğunun akkumulyatorunun doldurulması vaxtı (gecələr) yenilənir. Dinamik məlumatlar isə şəbəkədən istifadə sürəti yüksək olduqda, real vaxt rejimində yüklənir.

Cib cloudleti mobil istifadəçilərə aşağıdakı üstünlükləri verir [8]:

- cib cloudleti məlumatları yerli olaraq saxlayaraq istifadəçinin imkanlarını artırır;

- mobil istifadəçilər istənilən vaxt gecikmədən məlumat əldə edə bilirlər;
- cib cloudlet şəbəkənin əlaqə kanallarında yüklənmələri minimuma endirir;
- istifadəçilər bəzi bulud xidmətləri tələbə uyğun olaraq mobil qurğularda saxlayaraq istifadə qaydasını asanlaşdırırlar.

MHB-də təhlükəsizlik və məxfilik problemləri

Bulud texnologiyaları istifadəçiyə audio-video məlumatlar, şəxsi məlumatlar, e-kitablar, e-poçt və s. kimi məlumatların saxlanması imkanı yaradır. Mobil qurğular haker hücumlarına və məlumatların oğurlanmasına həssasdır, çünki onlar məlumatların təhlükəsizliyini təmin edən proqramlar ilə təmin edilmir. Hakerlər asanlıqla mobil şəbəkənin əlaqə kanallarından istifadə edərək mobil qurğulara giriş əldə edirlər. Mobil qurğulara olan təhdidlərə nəzər yetirək [35, 36].

Fiziki təhdidlər. Mobil qurğuların balaca və yüngül olması onların oğurlanması və ya itirilməsi ehtimalını artırır. İstifadəçi PİN kod və ya parol vasitəsi ilə bloklanmamış mobil telefonunu itirərsə, onu əldə edən şəxsin istifadəçinin şəxsi məlumatlarına əlçatanlıq imkanı yaranar.

Şəbəkə təhdidləri. Bildiyimiz kimi, mobil qurğular müxtəlif növ naqilsiz şəbəkə texnologiyaları (Wi-Fi, bluetooth və s.) ilə təchiz olunmuşdur. Hakerlər tərəfindən ilkin olaraq məhz şəbəkə infrastrukturuna hücumlar olur. Bu hücumları həyata keçirmək üçün əsasən SMS, MMS və səsli zəng xidmətlərindən istifadə edilir.

Sistem təhdidləri. İstifadə olunan əməliyyat sistemlərində istehsalçı tərəfindən buraxılmış boşluqlara görə mobil qurğularda çox ciddi təhlükəsizlik problemləri baş verə bilər. Əməliyyat sistemlərinin daxilindəki boşluqlar mobil qurğuların hakerlərin hücumuna hədəf olmasına imkan yaradır.

Proqram əlavələrinə təhdidlər. Mobil telefonlarda müxtəlif növ proqram əlavələrindən istifadə olunur. İstifadəçi istənilən proqramı mobil telefona yükləyərkən təhlükəsizlik siyasətinə ciddi qaydada əməl etməlidir. Təcrübələr göstərir ki, kibercinayətkarlar sosial mühəndisliyin müxtəlif növlərindən istifadə etməklə, istifadəçinin məlumatlarını asanlıqla ələ keçirə bilirlər. Proqram əlavələri interfeyslərinin etibarlı idarəetmə imkanlarının olmaması mobil qurğularda məlumat itkisi riskini yaradır.

Məlumatların təhlükəsizlik məsələləri. Müştəri məlumatlarını buludda yerləşdirərkən ona həmin məlumatların yalnız provayderlər tərəfindən icazə verilmiş şəxslərdən başqa heç kimə əlçatan olmamasına zəmanət verilməlidir. Bulud provayderlərinin heyəti tərəfindən müştərinin şəxsi məlumatlarına qeyri-qanuni giriş bulud məlumatları üçün potensial təhlükələrdən biri hesab olunur. Bundan əlavə, provayderlər tərəfindən bulud istifadəçilərinin məlumatlarının təhlükəsizliyini təmin etmək üçün müştərilərə təlimlər keçirilməlidir və onlar konfidensiallıq siyasəti və prosedurlarla təmin edilməlidirlər. Bulud istifadəçisi buludda saxlanılan bütün məlumatların təhlükəsizliyinin qorunmasına əmin olmalıdır.

MHB-nin yaddaş resurslarında istifadəçilərin şəxsi məlumatları saxlanıldığından onların təhlükəsizliyi çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Hazırda bulud platformaları bulud serverlərdə məlumatların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün müxtəlif təhlükəsizlik protokolları təklif edirlər. SSL (Secure Sockets Layer) kriptografik protokol olub, mobil istifadəçi ilə bulud serveri arasında əlaqə kanalında təhlükəsizliyi təmin edir [37]. Provayderlər məlumatların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün təhlükəsizlik siyasəti və prosedurlarını həyata keçirməlidirlər. Provayderlər təhlükəsizlik siyasəti və prosedurların tam yerinə yetirildiyinə əmin olmaq məqsədilə istifadəçilərə OPSEC (Open Platform for Secure Enterprise Connectivity - şəbəkəyə təhlükəsiz qoşulmaq üçün açıq platforma) sistemi haqqında ümumi şəkildə təlimlər və təlimatlar da keçirə bilirlər. Giriş nəzarət, autentifikasiya prosedurları, şifrələmə, kontent və ümumi kommunikasiya təhlükəsizliyi ilə əlaqədar siyasətlər hazırlanmalı və onların qüvvədə olması üçün müəyyən tədbirlər görülməlidir [38]. İstifadəçi məlumatlarının və tətbiqlərin təhlükəsizliyinin və gizliliyinin təmin olunması haqqında provayder tərəfindən istifadəçiyə zəmanətin verilməsi çox vacibdir. Bu, bulud xidməti

təklif edən provayderlərin mobil platformasına inamın yaranmasına imkan verir. İtirilmiş və ya oğurlanmış qurğuların məsafədən təmizlənməsi və bloklanması ilə mobil qurğudakı məlumatların sui-istifadəsinin qarşısını almaq mümkündür. Mobil qurğular zərərli kodlar hesab olunan bir sıra (məsələn, virus, soxulcan, troyan və s. kimi) təhlükələrə qarşı çox həssasdır. İstənilən mobil qurğuda məlumatların təhlükəsizliyini təmin etməyin ən sadə yolu mobil qurğulara təhlükəsizlik proqram təminatlarının (Kaspersky, McAfee və AVG antivirus proqramlarının) quraşdırılması və istifadəsidir. Mobil qurğuların texniki imkanlarının zəif olması qeyd edilən antivirus proqramlarının yüklənilib, səmərəli istifadə edilməsinə mane olur. Antivirus proqramlarından səmərəli istifadə üçün onların bulud serverlərdə işə salınmasını təmin etmək lazımdır. Mobil qurğularda məlumatların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün bulud serverlərdə quraşdırılmış Cloud AV təhlükəsizlik platformasından istifadə edirlər. Bu platforma, həmçinin antivirus proqramlar bulud serverlərdə işə salındığından mobil qurğuların enerji sərfiyyatını 30%-dək azaldır.

MHB-də məlumatların təhlükəsizliyinə olan təhdidlər:

- istifadəçi məlumatların MHB mühitində harada saxlanıldığını bilmir və bu da onun saxlanılan məlumatlar üzərində tam nəzarət etməsinə imkan vermir;
- bulud serverinin fiziki zədələnməsi, kodlaşdırma açarının itməsi məlumat itkisi riskini yarada bilər;
- müştəri bilərəkdən bulud serverinə fişinq-hücumu virusu yerləşdirə bilər ki, bu da digər istifadəçilərin məlumatlarının itirilməsinə səbəb ola bilər;
- xidmət səviyyəsində razılaşmaya uyğun olaraq, bulud provayderi təhlükəsizlik səviyyəsini təmin etməlidir. Bir serverdə yerləşdirilən virtual maşınların bir-birilərindən təcrid olmaması səbəbindən onlardan istifadədə təhlükəsizlik riski yarana bilər;
- əksər istifadəçilər məxfi və şəxsi məlumatlarını şəbəkə üzərindən mobil proqram əlavələri vasitəsi ilə paylaşırlar və bu da əlaqə kanallarında məlumatların hakerlər tərəfindən hədəf olmasına imkan yaradır.

MHB-nin təhlükəsizlik məsələləri.

SQL enjeksiyon hücumu. Hakerlər SQL-də zərərli kod əlavə edirlər ki, verilənlər bazasına icazəsiz daxil olaraq gizli məlumatları əldə edə bilsinlər.

Brauzer təhlükəsizliyi. Hər bir istifadəçi şəbəkə üzərindən məlumat ötürmək üçün brauzerdən istifadə edir. Brauzerlərdə istifadəçinin identifikasiyası məlumatlarının qorunmasını təmin etmək üçün SSL təhlükəsizlik protokolundan istifadə edirlər. Lakin hakerlər həmişə vasitəçi (aralıq) hostda quraşdırılmış “sniffing” paketindən istifadə edərək istifadəçi məlumatlarını əldə etməyə çalışırlar.

Dental of service (Xidmətdən imtina). Haker davamlı olaraq bulud serverlərə çoxsaylı müraciətlər etməklə onlarda yüklənmələr yaradır, bu da istifadəçilərin bulud xidmətlərindən istifadəsinin qarşısını alır.

Cookie poisoning (Çərəzdən zəhərlənmə). Haker “cookie”nin məzmununu dəyişdirməklə tətbiqetmə proqramlarına qanunsuz giriş əldə edir.

Flooding attacks (Daşqın hücumları). Haker davamlı olaraq bulud serverinə əlavə resurslara ehtiyac olması haqqında fasiləsiz sorğular göndərir. Bulud serverlərin miqyaslanma xüsusiyyətlərinə malik olması səbəbindən hakerin sorğularına uyğun onu tələb etdiyi resurslarla təmin edirlər. Bu da öz növbəsində resursların tükənməsinə səbəb olur və sistemin həqiqi istifadəçilərə xidmət göstərməsini dayandırır.

Məlumatların konfidensiallığı və məxfiliyi. Məlumatların təhlükəsizliyini və məxfiliyini qorumaq üçün bulud xidmət provayderləri məlumatların tamlığını, harada və hansı vəziyyətdə olduğunu müəyyən etmək üçün prosedurlar həyata keçirməlidirlər. Bulud provayderlər istifadəçilərin buludda yerləşən məlumatlarının təhlükəsizliyini və məxfiliyini təmin edən prosedurlar (protokollar) haqqında müştəriyə məlumat verməlidirlər. Mobil bulud istifadəçiləri bulud serverlərdə yerləşən məlumatlarının təhlükəsizliyi ilə bağlı ciddi narahatlıqlar keçirirlər.

Məlumatın gizliliyinin qorunması məsələsi istifadəçilərin məlumatlarının buludlarda yerləşdirilməsinə maneə olan problemlərdən biridir. Məlumatların buludlarda təhlükəsiz yerləşdirilməsi ilə bağlı problemləri qeyd edək [39]:

- Verilənlərin oğurlanması riski;
- Müştərilərin şəxsi həyatlarına aid gizlilik hüquqlarının pozulması;
- Fiziki təhlükəsizliyin pozulması;
- Şifrləmə və deşifrləmə açarlarının idarə edilməsi;
- Virtual maşınların təhlükəsizliyi və audit məsələləri;
- Məlumatların tamlığının təmin edilməsi üçün standartların olmaması;
- Müxtəlif provayderlərin təklif etdikləri xidmətlərdə yaranan uyğunsuzluqlar.

Məxfilik mobil bulud hesablamasında ciddi problemlərdən biridir. Mobil istifadəçinin coğrafi yerinin aşkarlanması istifadəçinin şəxsi məlumatlarının (doğum tarixi, kredit kart məlumatları, xəstəlik tarixçəsi və s.) təhlükəsizliyinə təhdidlər yaradır [40]. Mobil qurğular GPS texnologiyasından istifadə edirsə, bu, onun fiziki yerinin təyin edilməsini çox asanlaşdırır. Provayderlər istifadəçilərin icazəsi olmadan onların məxfi məlumatlarını dövlət qurumlarının tələbinə əsasən onlara verə bilirlər. İstifadəçinin məlumatları bulud serverlərdə yerləşdirildikdən sonra həmin məlumatlara girişin provayderlər tərəfindən icazə verilmiş şəxslər ilə məhdudlaşacağına dair bir zəmanət olmalıdır. İcazəsi olmayan bulud personalı tərəfindən istifadəçi məlumatlarına daxilolma imkanı şəxslərin bulud məlumatlarına potensial təhlükə yarada biləcək bir riskdir. Müştərilərə təminat verilməli və müvafiq qaydalar tətbiq edilməli, konfidensiallıq siyasəti və prosedurları istifadəçilərin məlumatlarının bulud serverlərində təhlükəsizliyini təmin etməlidir. Bulud istifadəçiləri buludda yerləşdirilən məlumatların etibarlı qorunmasına əmin olmalıdırlar. İstifadəçilərin məlumatlarının konfidensiallığının qorunması üçün provayderlər tərəfindən bir sıra ciddi nəzarət prosedurlarının həyata keçirilməsinə imkan verən çoxsaylı siyasət və sxemlər təklif olunmuşdur [40]. Məlumat və verilənləri toplayan şirkətlər onların təhlükəsiz emalı, saxlanması və yerləşdirilməsi üçün bəzi siyasət və prosedurlar qəbul etməli və onlara riayət etməlidirlər. Konfidensiallığın pozulması riskini məlumatların bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan sistemlər arasında paylanması tədbirlərinin görülməsi, monitorinqin aparılması, oğurluq və fırıldaqçılıq hallarının qarşısının alınması yolu ilə azaltmaq olar. Sosial mediadan istifadə haqqında siyasətin hazırlanması və infrastrukturun qorunması üçün bir neçə təhlükəsizlik prosedurlarının aparılması ilə şirkətlər özlərinin təhlükəsizlik problemlərini həll edə bilirlər. Məlumatların tamlığını və konfidensiallığını qorumağın ən effektiv yolu şifrləmədir. Şifrləmə məlumatların saxlanması, ötürülməsi və emalı prosesində onu kənar müdaxilələrdən qoruyur [41]. GPS qurğuları mobil istifadəçilərə bulud serverlərdən istifadə etmədən mobil şəbəkə vasitəsi ilə məlumat mübadiləsini həyata keçirirlər. Lakin mobil istifadəçi bu sistemdən istifadə edərək özünün şəxsi məlumatını mobil şəbəkə üzərindən paylaşır. Bu da məlumatların gizliliyinin pozulmasına səbəb ola bilər. Bu problemi mobil şəbəkələrdə lokal serverlər yaratmaqla aradan qaldırmaq olar [42].

Məlumatların yerləşdirilməsi və yerdəyişməsi. İstifadəçilər konfidensial məlumatlarının yerləşdiyi bulud serverin olduğu məkanın göstərilməsini tələb edə bilirlər. İstifadəçilər provayderlərdən məlumatlarının yerləşdiyi bulud serverlərin üstünlük verdikləri məkanlarda (məsələn, Hindistanda) olmasını da tələb edə bilirlər. Bu münasibətləri tənzimləmək üçün bulud provayderi ilə istifadəçi arasında müqavilələrin bağlanması tələb olunur. Həmin müqaviləyə əsasən, provayder məlumatların hansı serverdə saxlanması haqqında istifadəçini məlumatlandırmalıdır. Bundan əlavə, bulud provayderləri həmin sistemlərin təhlükəsizliyinin təmin edilməsinə və müştərilərin məlumatlarının qorunmasına görə məsuliyyət daşıyırlar. Digər məsələ isə məlumatların bir yerdən digərinə köçürülməsidir. Məlumatlar ilkin olaraq, bulud provayderləri tərəfindən müəyyənləşdirilmiş müvafiq yerdə saxlanılır. Buna baxmayaraq, bu məlumatlar təhlükəsizlik baxımından bir yerdən başqa yerə köçürülə bilər. Bulud provayderləri öz aralarında müqavilə bağlayaraq bir-birilərinin resurslarından istifadə edə bilirlər [43].

Nəticə

Məqalədə bulud texnologiyaların müxtəlif konsepsiyaları: mobil hesablama, HB, MHB araşdırılmışdır. Mobil qurğularda böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən proqram əlavələrinin istifadəsini təmin etmək üçün bulud texnologiyalarından istifadə edilməsi göstərilmişdir. Mobil istifadəçilərin HB-nin xidmətlərindən istifadəsində meydana çıxan problemlər analiz edilmişdir. Mobil qurğuların enerji sərfiyyatının və şəbəkədəki gecikmələrin aradan qaldırılması üçün cloudletlərdən istifadə edilməsi təklif edilmişdir. Cloudletəsaslı MHB-nin arxitektur-texnoloji prinsipləri təhlil edilmiş və onun mobil istifadəçilər üçün yaratdığı üstünlüklər göstərilmişdir. Eyni zamanda, MHB-də mobil avadanlıqların təhlükəsizliyinə olan təhdidlər və boşluqlar analiz edilmişdir. Təklif edilən cloudletəsaslı MHB-nin şəbəkə mühitində təhlükəsizliklə bağlı təhdidlərin qismən aradan qaldırılmasını təmin etməsi qeyd edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. 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.
2. Qi H., Gani A. Research on Mobile Cloud Computing: Review, Trend and Perspectives. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1206/1206.1118.pdf>.
3. Liu F., Shu P., Jin H., Ding L., Yu J., Niu D., Li B. Gearing resource-poor mobile devices with powerful clouds: architectures, challenges, and applications // *IEEE Wireless Communications*, 2013, vol.20, no.3, pp.14–22.
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. 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*, ACM, 2013, pp.153–166.
6. Kumar K., Lu Y.H. Cloud Computing for Mobile Users: Can Offloading Computation Save Energy? // *Computer*, 2010, vol.43, no.4, pp.51–56.
7. 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.
8. Somula R.S., Ra S. A survey on mobile cloud computing: Mobile Computing + Cloud Computing (MCC = MC + CC) // *Scalable Computing: Practice and Experience*, 2018, vol. 19, no. 4, pp.309–337.
9. Alekberov R.K., Alekperov O.R. Procedure of effective use of cloudlets in wireless metropolitan area network environment // *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*, 2019, vol.11, no.1, pp.93–107.
10. 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.
11. Abolfazli S. Cloud-based Augmentation for Mobile Devices: Motivation, Taxonomies, and Open Challenges // *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, 16, 2014, pp.337–368.
12. Chathura M., Magurawalage S., Yang K., Hu L., Zhang J. Energy-efficient and network-aware offloading algorithm for mobile cloud computing // *Computer Networks*, december 2014, vol.74, Part.B, pp.22–33.
13. Xu Z, Liang W, Xu W, Jia M., Guo S. Efficient Algorithms for Capacitated Cloudlet.Placements // *IEEE Transactions On Parallel And Distributed Systems*, vol.27, no. 10, 2016, pp.2866–2880.

14. P. Gupta, S. Gupta. Mobile Cloud Computing: The Future of Cloud. *International Journal of Advanced Research in Electrical // Electronics and Instrumentation Engineering*, vol.1, no.3, 2012, pp.134–144.
15. Jia M., Liang W., Xu Z., Huang M. Cloudlet load balancing in wireless metropolitan area networks / In proceedings of the 35th Annual IEEE International Conference on Computer Communications, 2016, pp.730–738.
16. Shi C., Lakafosis V., Ammar M.H., Zegura E.W. Serendipity: Enabling remote computing among intermittently connected mobile devices / In Proceedings of the thirteenth ACM international symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, June 2012, pp.145–154.
17. Li Y., Wang W. The unheralded power of cloudlet computing in the vicinity of mobile devices / IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2013, pp.4994–4999.
18. Jararweh Y., Alshara Z., Jarrah M., Kharbutli M., Alsaleh M.N. TeachCloud: a cloud computing educational toolkit // *International Journal of Cloud Computing*, 2013, vol.2, no.2/3, pp.237–257.
19. Pang Z., Sun L., Wang Z., Tian E., Yang S. A Survey of Cloudlet based Mobile Computing / *International Conference on Cloud Computing and Big Data*, 2015, pp.268–275.
20. Ceselli A., Premoli M., Secci S. Mobile Edge Cloud Network Design IEEE // *ACM Transactions on Networking (TON)*, 2017, vol.25, no.3, pp.1818–1831.
21. Jararweh Y., Tawalbeh L., Ababneha F., Khreishah A., Dosarib F. Scalable Cloudlet-based Mobile Computing Model / *The 11th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC-2014)*. *Procedia Computer Science* 34, 2014, pp.434–441.
22. Lacuesta R., Lloret J., Sendra S., Penalver L. Spontaneous Ad Hoc Mobile Cloud Computing Network // *The Scientific World Journal*, 2014, pp.1–19.
23. 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.
24. Alakbarov R.G., Alakbarov O.R. Mobile Clouds Computing: Current State, Architecture And Problems / *2nd IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (IEEE ICECCT 2017)*, Coimbatore, India, 22-24 February 2017, pp.1–6.
25. Lakshmi I. A Review on Cloud Computing in Mobile Applications // *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2016, vol.5, no.6, pp.149–161.
26. Fernando N., Seng L.W., Rahayu L. Mobile Cloud Computing: A Survey // *Journal of Future Generation System*, 2013, vol 29, no.1, pp. 84–106.
27. Sahu D., Sharma S., Dube V., Tripathi A. Cloud Computing in Mobile Applications // *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2012, vol.2, no.8, pp.1–9.
28. Wan J., Liu Z., Zhou K., Lu R. Mobile Cloud Computing: Application Scenarios and Service Models / *9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Sardinia, 1-5 July 2013, pp.644–648.
29. Global No.1 Business Data. <https://www.statista.com/statistics/738977/worldwide-monthly-data-traffic-per-smartphoneX>
30. Fesehaye D., Gao Y., Nahrstedt K., Wang G. Impact of cloudlets on interactive mobile cloud applications / *16th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC)*, 2012, pp.123–132.
31. Satyanarayanan M., Bahl P., Caceres R., Davies N. The case for vm-based cloudlets in mobile computing // *IEEE pervasive Computing*, 2009, vol.8, no.4, pp.14–23.
32. Alekberov R.G., Alekperov O.R. Procedure of effective use of cloudlets in wireless metropolitan area network environment // *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*, 2019, vol.11, no.1, pp.93–107.
33. Alekberov R.K. Study of Architectural-Technological Principles of Cloudlet Based Mobile Cloud Computing / *13th IEEE International Conference Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, 2019, pp.245–248.

34. Koukoumidis E., Lymberopoulos D., Strauss K., Liu J., Burger D. Pocket cloudlets // ACM SIGPLAN Notices (ACM), 2011, vol.46, no.3, pp.171–184.
35. Wang H., Wu S., Chen M., Wang W. Security protection between users and the mobile media cloud // IEEE Communications Magazine, 2014, vol.52, no.3, pp.73–79.
36. Gopichand M. An Overview of Security and Privacy Issue in Mobil Cloud Computing Environment // International Journal of Advanced Researc in Computer Science and Software Engineering, 2016, vol.6, no.5, pp.779–784.
37. Donald A., Oli S., Arockiam L. Mobile cloud security issues and challenges: A perspective // International Journal of Engineering and Innovative Technology, 2013, vol.3, no.1, pp.401–406.
38. Sarrab M. Mobile Cloud Computing: Security Issues and Considerations // Journal of Advances in Information Technology, 2015, vol.6, no.4, pp.248–251.
39. Ələkbərov R.Q., Ələkbərov O.R. Mobil hesablama buludlarında təhlükəsizlik və konfidensiallıq məsələləri // İnformasiya Texnologiyaları Problemləri, 2018, №1, s.92–102.
40. Bahar A.N, Habib A., Islam M. Security architecture for mobile cloud computing // International Journal of Scientific Knowledge Computing and Information Technology, 2013, vol.3, no.3, pp.11–17.
41. Schoo P., Fusenig V., Souza V., Melo M., Murray P., Debar H., Medhioub H., Zeghlach D. Challenges for Cloud Networking Security / 2nd International ICST Conference on Mobile Networks and Management, 2010, pp.2–16.
42. Zou P., Wang C., Liu Z., Bao D. Phosphor: A Cloud Based DRM Scheme with Sim Card / Proceedings of the 12th International Asia-Pacific on Web Conference (APWEB), 2010, pp.459–463.
43. Shahzad A., Hussain M. Security Issues and Challenges of Mobile Cloud Computing // International Journal of Grid and Distributed Computing, 2013, vol.6, no.6, pp.37–50.

УДК 004.056**Алекберов Рашид Г.**

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

rashid.alakberov@gmail.com**Мобильные облачные технологии: текущая ситуация, проблемы и вопросы безопасности**

В статье анализируются проблемы (дефицит ресурсов и энергопотребление), возникающие при решении задач, требующих больших вычислительных ресурсов и ресурсов памяти на мобильных устройствах. Было отмечено, что для решения этих проблем широко используются технологии мобильных облачных вычислений. Анализируются различные архитектурно-технологические принципы мобильных облаков, также показаны их преимущества. Представлены модели, сервисы, особенности и преимущества вычислительных облаков. Были описаны текущее состояние, возможности, проблемы мобильных вычислительных облаков, даны предложения и рекомендации для их решения. Кроме того, были проанализированы вопросы безопасности и конфиденциальности мобильных вычислительных облаков. Мобильным пользователям было предложено использовать мобильные вычислительные облака, основанные на cloudlet, которые позволяют решать задачи, требующие больших вычислительных ресурсов. При этом были разработаны архитектурно-технологические принципы основанных на cloudlet иерархически структурированных мобильных вычислительных облаков и показаны их преимущества. Было отмечено, что предложенная модель позволит обеспечить потребности мобильных устройств в вычислительных ресурсах и ресурсах памяти, увеличит пропускную способность каналов связи в сети, исключит задержки и обеспечит безопасность.

Ключевые слова: мобильные вычисления, вычислительные облака, мобильные вычислительные облака, вычислительные ресурсы и ресурсы памяти, энергопотребление, cloudlet, карманный cloudlet, безопасность.

Rashid G. Alakbarov

Institute of Information Technologies of ANAS, Baku, Azerbaijan

rashid.alakberov@gmail.com**Mobile cloud technologies: current state, problems and security issues**

The paper analyzes the issues (resource shortage and energy consumption) that require large computing and memory resources on mobile devices. The use of mobile cloud computing technologies is proposed to overcome these problems. Various architectural and technological principles of mobile clouds are analyzed and their advantages are shown. Models, services, features and advantages of clouds computing are demonstrated. The current state, opportunities, problems and solutions of mobile cloud computing are discussed, suggestions and recommendations are made to eliminate these problems. Also, security and privacy issues in mobile cloud computing are analyzed. Mobile users are offered to use cloudlet-based mobile cloud computing, which allows them solving problems that require large computing resources. Moreover, the architectural-technological principles of hierarchically structured cloudlet-based mobile cloud computing are developed and its advantages are shown. The paper presents that the proposed model meets the requirements of mobile devices for computing and memory resources, increases the capacity of communication channels in the network, eliminates delays and ensures security.

Keywords: mobile computing, cloud computing, mobile cloud computing, computing and memory resources, power consumption, cloudlet, pocket cloudlet, security.