

Grid Texnologiyalarında İstifadə Olunan Proqram Vəsaitələrinin Təhlili

Rəşid Ələkbərov¹, Səməd Dursunov²

^{1,2} İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

¹t.direktor_muavini@iit.science.az, ²samed.dursunov@iit.science.az

Xülasə– Məqalədə böyük hesablamaya resursları tələb edən mürəkkəb məsələlərin həllində istifadə olunan paylanmış hesablamaya sistemləri təhlil olunmuşdur. Paylanmış hesablamaya sistemlərində istifadə olunan proqram platformalar haqqında geniş məlumat verilmişdir. BOINC proqram platformasının tərkib hissələri analiz olunmuşdur.

Açar sözlər– *Grid, BOINC, modul, Utility Computing, Distributed Computing, Cluster Computing, Grid Computing*

I. GİRİŞ

Müasir dövrdə İnternetə qoşulmuş kompüterlər əsasında yaradılan yüksək məhsuldarlıqlı paylanmış hesablamaya sisteminə daha perspektivli sistemlər kimi baxılır. Etibarlılığın yüksəlməsi, əlaqə kanallarında məlumatın ötürmə sürətinin artması, informasiya texnologiyaları və şəbəkə avadanlıqlarının sürətli inkişafı şəbəkələrdə cəmlənmiş kompüterlərin hesablamaya gücünün artmasına gətirib çıxarmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, elmin müxtəlif sahələrində meydana çıxan böyük hesablamaya və yaddaş resursları tələb edən mürəkkəb məsələlərin həllində fərdi kompüterlərin hesablamaya gücü kifayət etmir. Göstərilən məsələlərin həllində yüksək hesablamaya məhsuldarlığına və böyük yaddaşa malik olan superkompüterlərdən geniş istifadə edirlər. Strateji məhsul sayılan superkompüterlərin qiymətlərinin baha olması bir çox ölkələrin onları əldə etməsinə və elmi-texniki tədqiqat işlərində istifadə etməsinə imkan vermir. Bununla yanaşı şəbəkəyə qoşulmuş yüz milyonlarla kompüterlərin hesablamaya və yaddaş resurslarından səmərəli istifadə olunmur. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, hər bir istifadəçi fərdi kompüterin imkanlarının 25-30%-dən istifadə edir. Belə olan təqdirdə, fərdi kompüterlərin istifadəsiz qalan hesablamaya və yaddaş resurslarından mürəkkəb məsələlərin həllində istifadə etmək daha məqsədə uyğun olardı. Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, dünyada mürəkkəb məsələlərin həllində ucuz başa gələn, az vəsait hesabına yaradılan paylanmış hesablamaya sistemlərindən geniş istifadə olunur [1].

II. PAYLANMIŞ HESABLAMA SİSTEMLƏRİNİN YARADILMASI ÜÇÜN İSTİFADƏ EDİLƏN TEXNOLOGİYALAR

Yüksək sürətli əlaqə kanallarının köməyi ilə verilənlərin emalı mərkəzlərinə (VEM) uzaqdan müraciətin əlyətərli olması istifadəçilər üçün gündəlik fəaliyyətlərində yeni imkanlar yaradır. Bu isə istifadəçilərin informasiyanı əldə etməsi imkanlarının artmasına və eləcə də, hesablamaya sistemlərinin təşkili prinsiplərinin keyfiyyət dəyişikliyinə səbəb olmuşdur.

Şəbəkə mühitində mürəkkəb məsələlərin həlli üçün paylanmış hesablamaya sistemlərinin yaradılmasında bir çox texnologiyalardan: Utility Computing, Distributed Computing (paylanmış hesablamaya), Cluster Computing (klaster texnologiyaları), Grid Computing (Grid texnologiyaları) və Cloud Computing-dən (bulud texnologiyaları) geniş istifadə olunur [2,3].

Utility Computing - bir kompüterin resurslarının (çoxterminallı emal sistemləri) istifadəçilər arasında paylanması prinsipinə əsaslanır.

Distributed Computing - proqramın alt hissələrinin iki və daha çox kompüterlərdə yerinə yetirilməsi deməkdir. Bu halda, kompüterlərə əlaqə şəbəkə vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Cluster Computing - lokal şəbəkə texnologiyalarının köməyi ilə böyük hesablamaya və yaddaş resursları tələb edən mürəkkəb məsələnin həllində istifadə olunan və bir təşkilat daxilində yerləşən çoxsaylı hesablamaya qovşaqlarının (mikroprosessor, kompüter və s.) birləşməsi ilə yaradılan hesablamaya sistemidir.

Grid Computing - kommunikasiya texnologiyalarının köməyi ilə mürəkkəb məsələlərin həllində istifadə olunan və müxtəlif təşkilatlarda yerləşən çoxsaylı hesablamaya qovşaqlarının (server, kompüter və s.) birləşməsi ilə yaradılan paylanmış hesablamaya sistemidir.

Cloud Computing – böyük təşkilatların verilənlərin emal mərkəzlərinin hesablamaya və yaddaş resurslarından istifadə edərək məsələlərin emal və yaddaş saxlanmasına xidmət edən hesablamaya sistemidir.

Utility və Distributed Computing texnologiyalarından keçən əsrin 70-80-ci illərində geniş istifadə olunmuşdur. Kompüterlərə əlaqə kanallarının sürətinin və etibarlılıq göstəricilərinin aşağı olması bu texnologiyaların geniş tətbiq olunmasına imkan verməmişdir. Keçən əsrin 90-cı illərindən başlayaraq isə yüksək sürətli əlaqə kanallarının meydana gəlməsi yeni texnologiyaların yaranmasına imkan yaratmışdır. Bu texnologiyalara misal olaraq Cluster Computing, Grid Computing, Cloud Computing texnologiyalarını göstərmək olar [1].

III. PAYLANMIŞ HESABLAMA SİSTEMLƏRİNİN YARADILMASINDA GRID TEXNOLOGİYALARININ TƏTBIQI

Hal-hazırda dünyada superkompüterlərin yerinə yetirdiyi işləri həyata keçirən və eyni zamanda daha ucuz başa gələn

virtual superkompüterlərin – qrid sistemlərinin yaradılması üzrə intensiv tədqiqat işləri aparılır [4]. Qrid texnologiyaları kommunikasiya texnologiyalarının köməyi ilə müxtəlif təşkilatlar daxilində yerləşən kompüterlərin istifadəsiz qalan hesablama resurslarından istifadə etməklə yaradılan paylanmış hesablama sistemləridir [5]. Fundamental elmi tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı meydana çıxan böyük hesablama və yaddaş resursları tələb edən mürəkkəb məsələlərin həllini həyata keçirən belə sistemlər yüksək sürətli əlaqə kanalına malik olan kompüter şəbəkələri (KŞ) əsasında yaradılır.

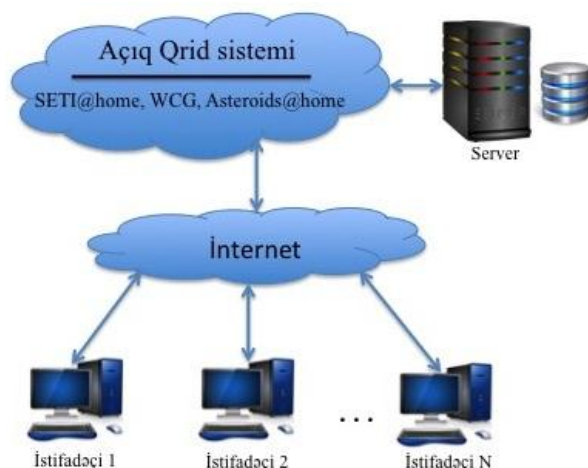
“Grid” sözünün ingilis dilindən tərcüməsi “tor” mənasını verir və ilk dəfə 1994-cü ildə amerikalı alimlər Foster və Keselman tərəfindən elmə gətirilmişdir. Bu sistemlərin işləmə mexanizmi analogi olaraq elektrik şəbəkələrindəki gərginlikdən istifadə olunma qaydalarına çox yaxındır. Belə ki, elektrik şəbəkəsindən istifadə zamanı istifadəçi gərginliyin hansı elektrik stansiyasından gəldiyi ilə maraqlanmır. Eləcə də fərdi kompüter Qrid sistemində qoşulmuş istifadəçiləri öz məsələlərinin sistemin hansı kompüterlərində həll edildiyini bilmirlər. Onlar məsələnin həlli üçün lazım olan vəsaiti ödəyir və müəyyən vaxtdan sonra nəticəni əldə edirlər [5,6].

Kommunikasiya avadanlıqlarından istifadə etməklə, fərdi kompüterləri bir-birinə qoşub internet şəbəkəsi üzərində virtual verilənlərin emalı mərkəzi (VEM) şəbəkəsi yaratmaq mümkündür.

Qrid sistemlərin yaradılmasında iştirak edən istifadəçilərin fərdi kompüterlərinin hesablama resurslarından ödənişli və ödənişsiz istifadə etmək olar. Ödənişli istifadə edilən kompüterlərin istifadəsiz resurslarının satışa çıxarılması yeni bazar formalaşdırır. Qrid sistemində iştirak edən fərdi kompüterlər özlərinin hesablama gücü haqqında olan məlumatlarını sistemin mərkəzi kompüterinə göndərir və mərkəz də fərdi kompüterdən istifadə etdiyi halda istifadəçiyə buna uyğun haqq ödəyir. Belə bir baza ölkəmizdə hələ formalaşmasa da, artıq dünyanın müxtəlif ölkələrində bu istiqamətdə təcrübələr aparılır. Bu cür sistemlərin yaradılması üçün istifadə edilən əlaqə kanallarında məlumatın ötürülmə sürəti yüksək olmalıdır.

Mürəkkəb hesablama məsələlərini həll etmək üçün KŞ-dən istifadə edilməsi artıq bu gün tamamilə reallığa çevrilmişdir. Bu texnologiyaya dünya ölkələri tərəfindən coğrafi cəhətdən səpələnmiş resurslardan istifadə edən paylanmış hesablamaların aparılması üçün daha perspektivli texnologiya kimi baxılır. Hazırda dünyada, KŞ-də olan hesablama resurslarından istifadə üzrə müxtəlif layihələr həyata keçirilir ki, onların da sırasına Distributed.net, SETI@home, World Community Grid (WCG) və s. aid etmək olar. Bu layihələrdə elmin müxtəlif sahələrinə aid (tibb, riyaziyyat, fizika, biologiya və s.) işlər görülür [7].

Qrid texnologiyası əsasında yaradılan sistemin arxitekturası şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Qrid texnologiyasının arxitektura sxemi

Arxitekturdan göründüyü kimi layihələrdə iştirak edən istifadəçilər internet vasitəsi ilə açıq Qrid sistemlərinə qoşulur.

IV. QRİD HESABLAMA SİSTEMLƏRİ VƏ ARXİTEKTURALARI

Paylanmış emal sistemlərində Qrid texnologiyası əsasında paralel hesablamaları həyata keçirmək üçün aşağıdakı proqram təminatlarından geniş istifadə olunur:

Globus Toolkit – modullar vasitəsi ilə qurulan paylanmış hesablama sistemləridir. Aşağıda göstərilən modullar mövcuddur: resursların ayrılması, kommunikasiya, autentifikasiya, verilənlərə giriş, proseslərin yaradılması;

UNICORE – paylanmış hesablamaların qurulmasında istifadə olunan platformadır. UNICORE üçqat arxitektura malikdir. Onlara daxildir: istifadəçi səviyyəsi, UNICORE server və resursları idarə etmə sistemi [8].

BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing – Berklinin şəbəkə hesablamaları üçün açıq platforması) – paylanmış hesablamaların aparılması üçün açıq tipli (GNU LGPL lisenziyası altında yayılır) proqram platformasıdır.

Hal-hazırda dünyada yuxarıda qeyd olunan platformalardan BOINC proqram platforması daha çox istifadə olunur, buna səbəb bu platformanın qurulmasının və idarə olunmasının daha asan olmasıdır.

BOINC proqram-platforması və arxitekturasına baxaq: BOINC sistemi SETI@home layihəsinin yaratıcısı Devid Andersonun rəhbərlik etdiyi qrup tərəfindən Berkli şəhərində yerləşən Kaliforniya universitetində yaradılmışdır. Bu sistemin yaradılmasına əsas səbəb radioteleskopdan gələn məlumatların emalı üçün kifayət qədər hesablama gücünün olmaması idi. Ona görə də, sistemi yaradanlar hesablama resurslarını və bir neçə elmi layihələri birləşdirmək qərarına gəliblər. Qeyd olunan bu böyük məsələnin həlli üçün də BOINC proqram platforması yaradılıb. BOINC paylanmış hesablamaların aparılması üçün kliyent-server arxitekturasını istifadə edən bir sistemdir [9].

BOINC proqram-platformasında yaradılan layihələr:

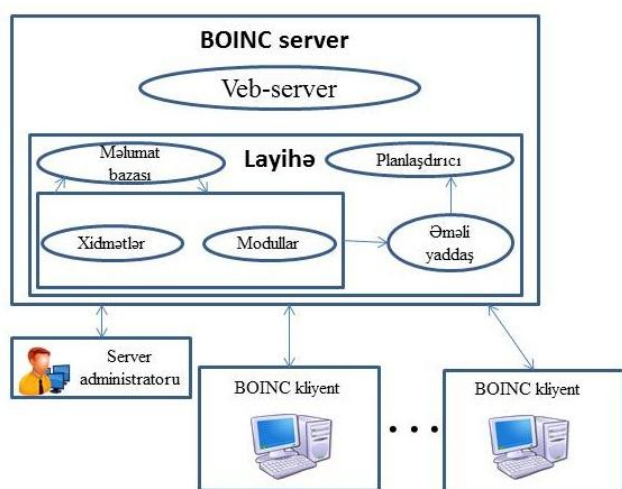
▪ **SETI@home** – yerdən kənar sivilizasiyanın olması üzrə tədqiqatlar aparən “Seti@home.com” layihəsini göstərə bilərik. Layihədə 3,7 mln. fərdi kompüter iştirak edir. İştirakçılar 384 Kb həcmində ilkin radio astronomik verilənləri qəbul edir. Alınmış verilənlər kompüterdə fon rejimində xüsusi proqramların (Furye çevricisi) köməyi ilə emal edilir;

▪ **World Community Grid (WCG)** - layihə çərçivəsində xərcəng, QİÇS (Qazanılmış İmmun Çatışmazlığı Sindromu), grip və s. kimi təhlükəli xəstəliklərin effektiv müalicəsinin tapılması istiqamətində araşdırmalar aparılır;

▪ **Proteins@home** - zülalların strukturunun araşdırılması;

▪ **Asteroids@home** - fotometrik müşahidələr vasitəsi ilə asteroidlərin forması və fırlanma parametrlərinin müəyyən olunması.

BOINC proqram platformasının arxitektura sxemi şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. BOINC proqram platformasının arxitektura sxemi

BOINC proqram platforması aşağıdakı hissələrdən ibarətdir:

Açıq Qrid sistemlərinin idarə olunması əsasən aşağıdakılardan ibarətdir:

- iştirakçıların qeydiyyatı;
- tapşırıqların paylanması;
- emal üçün nəticələrin alınması;
- layihənin verilənlər bazasının idarə olunması.

Proqram platformada istifadə olunan proqram təminatları (modullar) C++ proqramlaşdırma dilində yazılmış proqram dəstidir.

BOINC proqram platformasının komponentlərinə və tərkib hissələrinə (vəb server, verilənlər bazası, proqram modullar) daha ətraflı nəzər salaq[10].

Proqram-platformanın veb serveri.Vəb server BOINC serverin vacib hissələrindən biri hesab olunur. Bu serverin olmasının əsas səbəbi “volunteer computing”-dir –

istifadəçilərin diqqətini layihələrə cəlb etməkdir. Bu məqsədlə veb sayt yaradılır, hansı ki layihənin bəşəriyyət üçün nəqədər vacib iş gördüyündən bəhs edir. Odur ki, layihəyə qoşulan iştirakçılar (könüllülər) yer kürəsindən kənar sivilizasiyanın tapılmasında (SETI@HOME), yeni dərman preparatların hazırlanmasında (Docking@Home), havanı proqnozlaşdırmada (ClimatePrediction.net) və ya çətin riyazi məsələlərin həllində yaxından iştirak edirlər. Layihə haqqında danışanda, könüllüləri cəlb edirik və onlar da potensial hesablama gücü deməkdir. BOINC platformasında olan bütün paylanmış hesablama layihələri öz iştirakçılarına komandalara birləşmək və toplanan ballarda dəyişməni izləmək imkanı verir.

Proqram platformanın verilənlər bazası.Verilənlər bazası bütün BOINC layihəsinin əsas hissəsidir.

Verilənlər bazasında yerləşir:

- BOINC serverinə aid bütün verilənlər;
- əlavələrin versiyaları və verilənləri;
- BOINC kliyent-əlavələrinin verilənləri və versiyaları;
- qeydiyyatdan keçmiş iştirakçıların və onlara bağlı olan hostlar haqqında məlumatlar;
- alt məsələlərin verilənləri və onların hesablamalarının nəticələri[7,8].

Proqram platformada istifadə olunan proqram modulları. Alt məsələlərin vəziyyətini emal edən proqram modulu (Transitioner).Bu xidmət həll olunan alt məsələlərin statusunun və hesablama nəticələrinin emalçısıdır. Bu xidmət əlavələrdən asılı deyil və bütün layihələrə xidmət göstərir. Əsas çətinlik ondadır ki, alt məsələlərin bir çox müxtəlif statusları mövcütdür. Bu statuslar özündə hesablama nəticələrinin vəziyyətini saxlayır. Emal xidməti prosessorları çox yükləyir, bunu nəzərə alaraq xidməti bir neçə modullara bölmək olar, bu modullar bir və ya bir neçə alt məsələyə cavabdehdir. Bu məsələləri nəzərə alaraq modullar tək bir fiziki serverdə yox, həm də bir neçə serverdə fəaliyyət göstərə bilər.

Nəticələrin yoxlanılmasını təmin edən proqram modulu (Validator).Xidmətin vəzifəsi daxil olan nəticələrin yoxlanılmasını təşkil etməkdir. Alt məsələlərin düz həllini təmin etmək üçün onları bir neçə fərqli kliyent-maşınlarda həll olunur. Nəticəni aldıqda onu yoxlamaq lazımdır: diqər kliyent-maşınlardan gələn cavablarla müqaisə edərək son nəticə təyin olunur.Nəticələri yoxlamaq məqsədilə xidmət məlumat bazasına alınmış yeni nəticələrin qəbulu üçün sorğu göndərir. Yeni nəticələri tapdıqdan sonra, xidmət alınmış nəticəni yoxlamaq üçün xüsusi funksiyanı işə salır. BOINC sistemi vasitəsi ilə həll olunan bütün global məsələlər üçün, yoxlama xidmətində iki funksiya yaratmaq lazımdır. Birinci funksiya iki nəticəni yoxlayır. İkinci funksiya bir neçə kliyentdən göndərilən nəticələrdən ən düzgün nəticənin tapılmasında istifadə olunur. Etalon gərəyin alınması üçün lazım olan nəticələrin sayı altməsələ yaradılarkən təyin olunur. Bu sayı həm bütövlüklə proqram-əlavəsi üçün təyin etmək mümkündür, həm də ayırı-ayrı kliyentlər üçün fərqli say təyin edilə bilər.

Mənimləməni təmin edən proqram modulu(Assimilator).Mənimləmə xidmətinin vəzifəsi mütəmadi olaraq həl olunmuş məsələlərin mövcudluğunu yoxlamaqdır. Layihənin yaradıcısına funksiya yaratmaq lazımdır, hansı ki etalon nəticələrlə nə etmək lazım olduğunu təyin etsin. Məsələn, nəticələri arxivləşdirib və e-poçt vasitə ilə göndərmək mümkündür və ya maraqlı olan fraqmentləri seçib avtomatik olaraq sonrakı verilənlər emalı prosesini işə salmaq olar və onları sənədə yazmaq olar. Alt məsələ mənimləmə xidməti emal etdikdən sonra bitmiş kimi işarələnir.

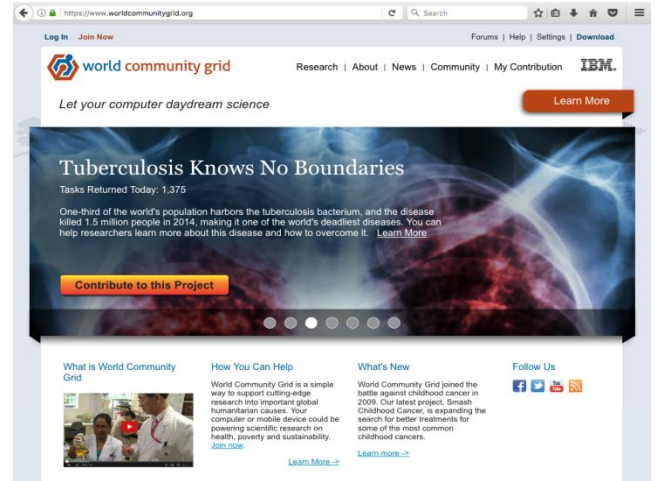
Faylların silinməsini təmin edən proqram modulu (File deleter).Fayl silmə xidməti – BOINC layihəsində zibil təmizləyən rolunu oynayır, bu xidmət məsələlərin statusunu yoxlayır, bitmiş və mənimləmiş altməsələləri axtarır, ondan sonra serverdən həmin altməsələlərə aid daxil olan və çıxan verilənləri silir. Faylları sildikdə, onlar haqqında yazılı məlumat bazasında saxlamaq imkanı var və istənilən vaxt məlumat bazasından alt məsələ haqqında məlumat almaq olar.

Ötürməni təmin edən proqram modulu(Feeder).Xidmətdə istifadə edilən proqram təminatının məqsədi həl olunmamış məsələləri yaddaşın xüsusi ayrılmış seqmentinə yükləməkdir, burada etalon nəticəsi alınmamış və məlumat bazasına daxil olunmamış məsələlər nəzərdə tutulur. Belə ilkin işləri server BOINC sisteminin məhsuldarlığını artırmaq məqsədi ilə görür, məlumat bazasına olan müraciətlərin sayını azaldaraq.

Planlayıcı proqram modulu (Scheduler).Planlayıcı – CGI-proqramdır, hansı ki, kliyent layihənin serverinəqoşulduqda və məsələnin bir hissəsini tələb etdikdə işə düşür. Məlumat bazasıyla bir başa əlaqə qurmaq yerinə, planlayıcı yaddaşın xüsusi ayrılmış seqmentindən tapşırıqları alır, bu seqmentə tapşırıqlar ötürmə xidməti ilə yüklənir. Planlayıcı kliyentlərə bir başa özü altməsələ tapşırıqlarına, ona görə ki kliyent-maşınları hamısı eyni parametrlərə malik deyil. Məsələn, bir kliyent Mac-versiyanı istifadə edə bilər və yalnız 200 MB yaddaş ayıra bilər və 200 MB əməli yaddaş, diqər kliyent isə Windows-versiyanı istifadə edə bilər və parametrləri daha az olar. Bu zaman planlayıcı Mac-kliyentə daha çox hesablaşma gücü tələb edən məsələ verir, Windows-kliyentə isə daha az hesablaşma gücü tələb edən məsələ verir [10].

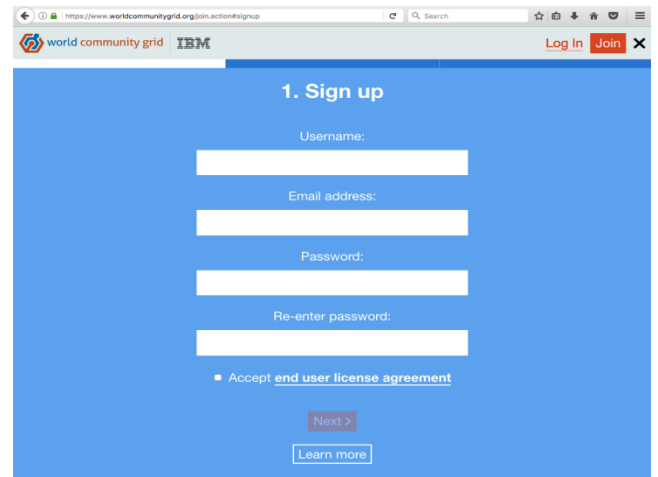
Paylanmış hesablaşma sisteminə BOINC proqram platformasının qoşulma ardıcılığı. BOINC proqram platformasında olan hər hansı bir layihəyə qoşulmaq üçün, ilk öncə layihənin rəsmi veb sahifəsinə daxil olmaq lazımdır. Məsələn,world community grid (WCG)layihəsinə qoşulma ardıcılığına baxaq:

• Layihənin veb sahifəsinə daxil oluruq (www.worldcommunitygrid.org) (şəkil 3).



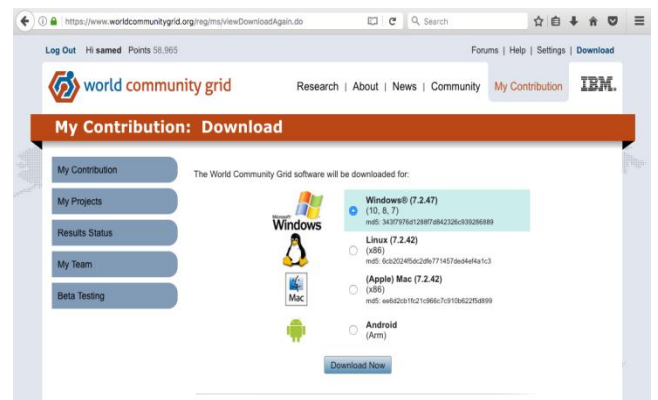
Şəkil 3. WCG layihəsinin veb sahifəsi

• Layihəyə qoşulmaq üçün ilk öncə həmin veb sahifədə qeydiyyatdan keçirik (şəkil 4).



Şəkil 4. WCG veb sahifəsinin qeydiyyat pəncərəsi

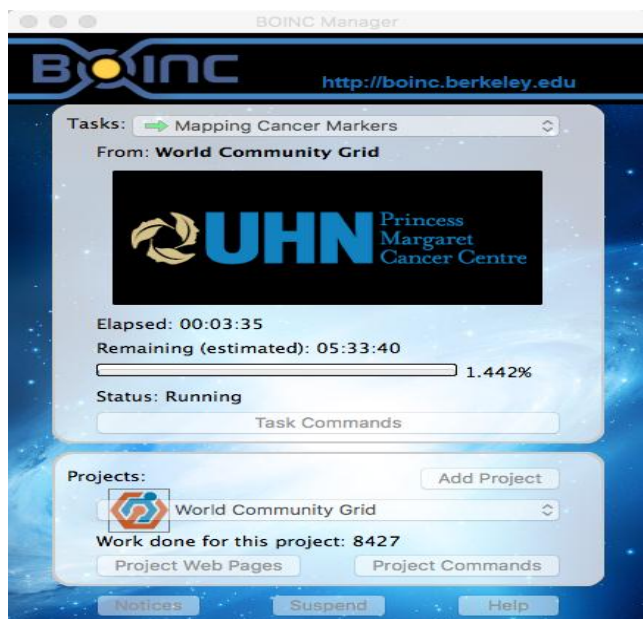
• Qeydiyyatdan keçdikdən sonra Download (yükləmə) bölməsinə keçərək BOINC kliyent proqramını hesablaşmaları aparacağımız maşına yükləyirik(şəkil 5).



Şəkil 5. WCG veb sahifəsinin yükləmə pəncərəsi

• Kliyent proqramını yükləyib quraşdırdandan sonra WCG layihəsinə verilən siyahıdan seçərək istifadəçi adı və şifrəni

daxil edirik və layihəyə qoşuluruq (şəkil 5). Kliyent proqramında istifadəçi adını və şifrəni daxil etdikdə kliyent proqramı avtomatik olaraq maşınınızın texniki göstəriciləri haqqında məlumatı serverin məlumat bazasına göndərir. Ondan sonra server həmin maşına verəcəyi məsələnin həcmi müəyyənləşdirir (şəkil 6).



Şəkil 6. BOINC kliyent proqramı

BOINC kliyent-proqramı bir neçə rejimdə işləyir:

- Kompüter işlək vəziyyətdə olarkən sizin ondan istifadə etmədiyiniz zamanlarda;
- Yalnız gecələr kompüter işlək vəziyyətdə olarkən istifadə olunmadıqda;
- Günün istənilən vaxtı kompüterin gücündən az istifadə olduqda [13,14].

NƏTİCƏ

Məqalədə paylanmış hesablaşma sistemləri haqqında geniş məlumat verilmişdir. Qrid texnologiyası arxitekturası və proqram platformaları ətrafı araşdırılmışdır. Qrid texnologiyalarında geniş istifadə olunan BOINC proqram platformasının serverinin hissələri və arxitekturasının geniş təhlili və analizi aparılmışdır. Məsələlərin alt məsələlərə bölünməsi və nəticələrin alınması haqqında geniş məlumat verilmişdir. Proqram modulların işləmə prinsipi işləmə ardıcılığına ətrafı baxılmışdır. Böyük hesablaşma resurları tələb edən məsələlərdə Qrid texnologiyasının istifadəsi çox sərfəli olduğu diqqətə çatdırılmışdır. BOINC proqram platformasının tərkibi və proqram modulları daha ətrafı tədqiq edilmişdir. BOINC sisteminin istifadə ardıcılığı göstərilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

- [1] R.Q.Ələkbərov, M.A. Həşimov, Şəbəkə mühitində paylanmış hesablaşma sisteminin yaradılması texnologiyaları, Ekspres-İnformasiya, Bakı, 2015, 74 s.
- [2] Л. Черняк «От World Wide Web к World Wide Computer», www.osp.ru/os/2008/07
- [3] А.Киселов, В.Корнеев, Р.Семенов, «Управление метакомпьютерными системами», Открытые системы, 2005, №2, с.11–16.
- [4] Ю.А.Крюков, «Вычислительная инфраструктура для прикладных задач, будущее и настоящее», Геоинформатика, 2004, №9, с.57–61.
- [5] Л. Черняк «Grid как будущее компьютеринга», Открытые системы, 2003, №1, с.16–19.
- [6] G. Lawton. “Distributed net application create virtual Supercomputers”, Computer, 2000, 33, №6, pp.16–20.
- [7] R.Q.Ələkbərov, S.M. Dursunov, “Elektron tibdə Qrid texnologiyalarının tətbiqi”, “Elektron tibbin multidissiplinar problemləri” I respublika elmi-praktiki konfransı, Bakı, 2016, s. 161-163.
- [8] https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-paroshina_toolkits/
- [9] <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-grid/>
- [10] <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-boinc/>
- [11] <http://jre.cplire.ru/alt/dec03/4/text.html>
- [12] <https://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/ServerIntro>
- [13] www.worldcommunitygrid.org
- [14] <https://ru.wikipedia.org/wiki/BOINC>

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant № EIF-2014-9(24)-KETPL-14/02/1