

TARTU ÜLIKOOL
Füüsika-keemiateaduskond
Eksperimentaalfüüsika instituut

LAURI ANTON

**ARVUTIKLASTRITE LOOMINE JA GRIIDI ÜHENDAMINE KASUTADES
NORDUGRID ARC VAHEVARA**

Diplomitöö

Juhendaja: MSc. ANDI HEKTOR

Tartu 2005

SISUKORD

SISUKORD.....	3
KASUTATUD LÜHENDID.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1 Ülevaade griidide arengust maailmas ja Eestis.....	8
1.1 Mõisted.....	8
1.1.1 Üldmõisted.....	8
1.1.2 Griidi mõiste.....	9
1.1.3 Single sign-on.....	10
1.1.4 Ressursside virtualiseerimine.....	10
1.1.5 Virtuaalsed organisatsioonid.....	10
1.2 Griidi ajalugu.....	11
1.3 Eesti Griid.....	11
1.4 Autentimine griidis, Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskus.....	13
2 Vahendid klastrite loomiseks.....	15
2.1 Klastrite loomiseks vajalik riistvara.....	15
2.1.1 Juhtarvuti riistvara.....	15
2.1.2 Arvutussõlmede riistvara.....	15
2.1.3 Klastrites kasutatavad võrguseadmed.....	16
2.2 Klastrite turvalisuse tagamine.....	17
2.3 Klastrite tarkvara.....	17
2.3.1 Portable Batch System (PBS).....	18
2.3.2 Torque.....	19
2.3.3 Sun Grid Engine (SGE).....	19
2.4 Teatedastus, Message Passing Interface (MPI)	19
3 Griidi vahevarad.....	20
3.1 Globus Toolkit.....	20
3.1.1 Globus Toolkit 4.....	21
3.2 NorduGrid ARC.....	22
Vahevara kirjeldus.....	23
Väljatöötamisel olevad komponendid:.....	24

Pakendamine, jaotamine.....	25
Allalaadimine ja paigaldamine.....	25
Uuringud ja arendustöö.....	25
Kasutajatugi, vigadest teatavitamine, dokumentatsioon.....	26
3.3 UNICORE.....	26
4 Klastri loomine.....	27
4.1 Näiteklastri loomisel kasutatud riist- ja tarkvara.....	27
4.2 Pakksüsteemi järjekordade soovituslik konfiguratsioon.....	28
4.3 TORQUE pakksüsteemi paigaldamine.....	31
5 Ressursside ühendamine griidi.....	35
5.1 NorduGrid ARC vahevara näitlik paigaldamine.....	35
5.2 NorduGrid ARCi näidiskonfiguratsioon Eesti Griidis.....	42
5.2.1 Klastri näidiskonfiguratsioon.....	42
5.2.2 Salvestuselemendi konfiguratsioon.....	44
5.2.4 Loggeri konfiguratsioon.....	46
6 Arutelu.....	47
7 Kokkuvõte.....	49
8 Summary.....	50
BIBLIOGRAAFIA.....	51
Lisa 1	
NorduGrid ARC Serveri paigaldamine.....	52
ARC serveri installeerimise juhend: griidiressursi konfigureerimine ja käivitamine.....	52
Üldised märkused:.....	52
Enne installeerimist:.....	53
Üldised nõudmised seadmetele ja vahenditele	
Riistvara, operatsioonisüsteemid jne.....	53
Globuse turvainfrastruktuuri (Globus security infrastructure, GSI) nõudmised	
nimesüsteemile (Domain Name System, DNS).....	53
Kella sünkroniseerimine.....	54
Lokaadi sättimine.....	54
Klastrid:.....	54
Salvestuselement.....	56
Griidi vahevara leidmine ja paigaldamine:.....	57
Nordugrid ARC vahevara re-kompileerimine mõne olemasolevale Globuse	

installatsioonile.....	58
griidi Turvainfrastruktuuri loomine: sertifikaadid, autentimine ja autoriseerimine.....	59
Griidiressursi konfigureerimine.....	61
Käivitamise skriptid, teenused, logifailid, vigade otsimine, testimine.....	62
Lisa 2	
grid-cert-request'ile tehtud täiendus.....	65
Lisa 3	
Veateated ja nende tähendus.....	66

KASUTATUD LÜHENDID

API – *Application Programming Interface*

ARC – *Advanced Resource Connector*

CA – *Certification Authority*

CERN – *European Organisation for Nuclear Research*

DNS – *Domain Name Service*

GGF – *Global Grid Forum*

GIIS – *Grid Information Index Server*

GSI – *Grid Security Infrastructure*

GSIFTP – *Grid Security Infrastructure File Transfer Protocol*

GT – *Globus Toolkit*

HTTP – *HyperText Transfer Protocol*

KKK – Korduma kippuvad küsimused

LCG – *LHC Computing Grid*

LHC – *Large Hadron Collider*

MPI – *Message Passing Interface*

NFS – *Network File System*

NG – NorduGrid

NTP – *Network Time Protocol*

OGSA – *Open Grid Services Architecture*

PBS – *Portable Batch System*

PKI – *Public Key Infrastructure*

POSIX – *Portable Operating System Interface for Unix*

PXE – *Preboot eXecution Environment System*

RAID – *Redundant Arrays of Independent Disks*

SOAP – *Simple Object Access Protocol*

SK – Sertifitseerimiskeskus

TORQUE – *Tera-scale Open-source Resource and QUEue manager*

UNICORE – *Uniform Interface to Computing Resources*

VO – *Virtual Organization*

WS – *Web Service*

WSDL – *Web Services Description Language*

XML – *Extensible Markup Language*

SISSEJUHATUS

"Griid on arenev infrastruktuur, mis muudab fundamentaalselt meie arusaamu sellest, kuidas ja milleks me kasutame arvutusressursse."

Ian Foster, Carl Kesselman [1]

Arvutustehnika ja kommunikatsioonivõrkude areng on asunud muutma arusaamu sellest, kuidas teadus- ja arendustegevus toimub. Järjest rohkem kasutatakse numbrilist modelleerimise meetodeid, andmeanalüüsi ja andmevahetust erinevate partnerite vahel. Erinevate institutsioonide ja inimeste koostöö parandamiseks on hakatud looma üle institutsioonide piiride ressursse ühendavaid võrgustikke – griide.

Griid võimaldab arvutustulemusi saavutada senisest lühema aja jooksul, samuti avab see ligipääsu mahukatele andmebaasidele ja tulevikus ka spetsiaalseadmetele. Ühtne vahevara muudab ressursside kasutamise ühetaoliseks ja lihtsaks.

Eestis on griidi arendamine alanud küllalt aktiivselt, Eesti Griidi programmi raames on loodud mitmeid klastreid ja need liidetud ühtseks süsteemiks kasutades NorduGrid ARC vahevara.

Kuna tegemist on suhteliselt uudse lähenemisega, siis napib griidialaseid juhendmaterjale. Eesti Griidi kasutamist on autor koos kolleegiga tutvustatud artiklis [2], kuid klastrite loomiseks ja griidi ühendamiseks eestikeelsed juhendmaterjalid puuduvad.

Antud diplomitöö eesmärgiks on luua juhendite komplekt, mille abil ülikoolide ja teadusasutuste süsteemiadministraatorid saavad enda käsutuses olevatest arvutitest luua klatri ja liita selle Eesti griidiga ning seeläbi suurendada ühiselt kasutatavat arvutusvõimsust.

Esimeses peatükis antakse üldine ülevaade griidi kontseptsioonist ning griidide arengust maailmas ja Eestis. Teises ja kolmandas peatükis tutvustatakse vastavalt klastrite ja griidi loomiseks vajalikku tarkvara. Neljandas peatükis tehakse näitlikult läbi arvutite klastriks ühendamine, viiendas peatükis liidetakse klaster Eesti Griidiga. Lisas 1 on eesti keelde tõlgitud NorduGrid ARC paigaldusjuhend, mis on kohaldatud vastavalt Eesti Griidi eripärale.

1 ÜLEVAADE GRIIDIDE ARENGUST MAAILMAS JA EESTIS

1.1 Mõisted

1.1.1 Üldmõisted

arvutiklaster – omavahel ühendatud arvutussõlmed, mis on tsentraalselt hallatavad ja käsutatavad juhtarvustist. Sõlmed on enamasti ühesugused, nende arv ulatub mõnest kuni tuhandeteni. Arvutiklastrid on mõeldud suurte arvutusülesannete lahendamiseks, mille jaoks ühe arvuti võimsusest jääb väheseks.

Arvutiklastreid kasutatakse ka teenuste käideldavuse parandamiseks, kuid seda temaatikat antud töö ei käsitle.

arvutusressurss – *computing resource*, arvutiklaster või muu arvutusseade, mille abil on võimalik lahendada arvutusülesandeid

arvutussõlm – *node*; arvuti, mis on ühendatud koos teiste arvutitega arvutiklastrisse

griid – *grid*, arvutiklastrite, salvestus- ja spetsiaalseadmete virtuaalne kogum üle institutsioonide piiride, mis on ühendatud kiire andmesidevõrgu abil ja mida on võimalik kasutada tsentraalselt

hajusarvutus – *distributed computing*, arvutuste tegemine mitmel arvutil samaaegselt

juhtarvuti – *front-end*, klasteri juhtmasin, juhib arvutussõlmede tööd ja on klasteri kontaktpunktiks välismaailmaga

klaster – vt. *arvutiklaster*

pakktöö – arvutusressursile edastatud arvutusülesanne, millel puudub võimalus kasutajaga interaktiivseks suhtlemiseks

ressursside virtualiseerimine – *resource virtualization*, ressursside kättesaadavuse lihtsustamine, kasutamise ühetaoliseks muutmise

salvestusseade – *storage resource*, suure andmemahutavusega seade, enamasti koosneb mitmest omavahel liidetud kõvakettast; võib koosneda ka lindimassiividest

sertifikaat – *certificate*, krüptograafilistel meetoditel põhinev digitaalne isikut tõendav dokument, mida väljastatakse isikutele, seadmetele ja teenustele.

sertifitseerimiskeskus – *certification authority*; institutsioon, mis tuvastab isiku ja selle põhjal allkirjastab ning väljastab isiku sertifikaadi.

vahevara – *middleware*, griidi loomiseks vajalik keskne tarkvara, mis virtualiseerib griidiga ühendatud ressursid ja avab need kasutamiseks turvaliste kanalite kaudu.

veebiteenus – *Web Service (WS)*; tarkvara ressursidevahelise iseseisva suhtlemise võimaldamiseks kasutades standardseid protokolle, nagu HTTP, SOAP, ja standardseid keeli nagu WSDL ja XML.

1.1.2 Griidi mõiste

Grid on inglise keeles paljukasutatud sõna. Teaduse ja tehnika seletavas sõnaraamatus [3] on *grid*'ile antud viis vastet:

- ehitise asendiplaan
- (elektrisüsteemi) põhivõrk
- elektronlambi võre
- võre või rest
- koordinaatide võrk

Vaba veebientsüklopeedia Wikipedia lisab veel kaks vastet: germaani hõimude mütoloogias nimetati Gridiks üht naishiiglast ning AIDSi lühendiks oli kuni 1982. a samuti GRID (*Gay-related immune deficiency*).

Antud töö raames tähendab eestindatud sõna 'griid' arvutusklastrite, salvestus- ja spetsiaalseadmete virtuaalset kogumit üle institutsioonide piiride, mis on ühendatud kiire andmesidevõrgu abil ning mida on võimalik kasutada tsentraalselt.

Griidid võivad olla ühe asutuse sisesed või asutuste piire ületavad. Mitmetel farmaatsiafirmadel on suured firmasisesed griidid uute ravimite otsimiseks, kuhu on ühendatud paljude osakondade arvutusvõimsused. Asutuste piire ületavad paljud ülikoolide ja teadusasutuste poolt arendatavad griidid, näiteks NorduGrid ühendab üle 10 riigi ülikoolide ja teadusasutuste ressursse.

Griidi loomiseks on vaja vähemalt kolme elementi:

- arvutusressurssi
- salvestusmahtu
- kiiret andmesideühendust

Arvusressurssi on vaja selleks, et üldse mingeid arvutusi teha. Salvestusmahle salvestatakse lähteandmed, vahetulemused ja lõpptulemused. Kiiret andmesideühendust on vaja andmete edastamiseks nii kliendilt griidi kui ka griidielementide vahel.

Näide griiditööst:

- pildite ja video renderdamine ja multimeediatöötlus
- tuumaohutuse-alased arvutused
- materjaliteaduse arvutused
- kõrge energia füüsika arvutused
- homologsete geneetiliste järjestuste leidmine

1.1.3 Single sign-on

Kasutamise lihtsustamiseks pole griidi kasutamisel vaja pidevalt oma isikut tõendada. Selle asemel genereeritakse sisselogimise järel volitus, mille abil saab kasutaja poolt määratud aja jooksul griidi ressursse kasutada.

1.1.4 Ressursside virtualiseerimine

Tänapäeval on väga palju erinevaid riistvara- ja tarkvaraplatvorme, mis omavahel tihti ei ühildu. Griidide loomise üks peaesmärke on ressursside virtualiseerimine ehk vahekihi loomine, mis võimaldaks erinevaid ressursse kasutada ühetaoliselt. Näiteks saab vastava vahevara abil kasutada samade arvutuste tegemiseks nii Intel'i kui ka Sun'i protsessoreid, kuigi oma arhitektuurilt on need protsessorid erinevad.

1.1.5 Virtuaalsed organisatsioonid

Virtuaalne organisatsioon (VO) on inimeste grupp, kellele on griidis antud mingid ühetaolised õigused. VO liikmelisuse kaudu toimub juurdepääsude andmine ressurssidele. VO on sarnane Unixi gruppidega; üks inimene võib kuuluda mitmesse VO-sse.

Näited VO-dest:

- loengukursuse "Griiditehnoloogia alused" tudengid
- Balti riikide kõrge energia füüsikud
- Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi teadlased
- Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskuse poolt allkirjastatud sertifikaadi omanikud

1.2 Griidi ajalugu

Griidi idee kirjeldati põhjalikult Ian Fosteri ja Carl Kesselmani poolt toimetatud ja 1998 a ilmunud artiklikogumikus GRID[4], mille uuendatud versioon ilmus 2002 a nime all GRID2[1]. Ameerikas loodi esimesed griidid 1990-ndate aastate keskel. 1995. aastal loodi projekti I-WAY (*Information Wide-Area Year*) raames griidisüsteemi, mida demonstreeriti konverentsi "Supercomputng '95" raames. I-WAY ühendas 17 superarvutit üle kogu USA. Projektiga näidati, et griid kui kontseptsioon toimib ja on teostatav. I-WAY andis tõe laialdaste griidiringute alustamiseks. Hakati looma griidi vahevara platvormi *Globus Toolkit*, mida 1998. a oli paigaldatud juba 80 arvutisüsteemile.

Edasine areng on olnud kiire. Tekkinud on mitmed kommertsgridilahenduste pakkujad (IBM, Sun, Platform jm). Griide kasutatakse laialdaselt simulatsioonide läbiviimiseks tööstuses (farmaatsia-, lennuki- ja autotööstuses) ja teaduses (kõrge energia füüsika, geneetika, materjaliteadus, kvantkeemia jm).

Griidide arengut võrreldakse muu infrastruktuuri arenguga. Suured infrastruktuurid liiguvad standardiseerituse suunas, näiteks elektritootmise algusaegadel oli igast elektrijaamast väljastatav pinge ja sagedus erinevad, tänapäeval on aga suurtes piirkondades elektrivoolu parameetrid ühtlustatud (sagedus 50Hz, tavatarbijale väljastatv pinge 220-230V). Samuti avavad uued infrastruktuurid sellised võimalused, mida infrastruktuuri luues ei osatud ette näha, näiteks elektritootmise süsteeme luues ei osatud ette näha, et need hakkavad käivitama arvuteid.

Griidid arenevad samuti standardiseerituse suunas, näiteks võib tuua standardi OGSA (*Open Grid Services Architecture*), mida järgib Globus Toolkit. OGSA'ga ühilduvust proovib tagada ka UNICORE. Griidi potentsiaalseid kasutusvaldkondi on palju nii tööstuses kui ka teaduses.

1.3 Eesti Griid¹

Eesti Griidi arendamine algas 2003. a alguses, kui Tartu Ülikooli teadlased kohtusid Eesti Hariduse ja Teaduse Andmesidevõrgu (EENet) esindajatega. Kuna teadlastel puudusid Eestis võimalused suuremahuliste arvutuste teostamiseks, hakati otsima võimalusi selliseid arvutusi võimaldavate arvutiressursside loomiseks.

12. märtsil 2003. a loodi EENeti direktori käskkirjaga Eesti Griidi algatusgrupp, selle liikmeteks olid järgmiste asutuste esindajad:

- Tartu Ülikool
- Tallinna Tehnikaülikool

1 Eesti Griidi veebileht: <http://grid.eenet.ee/>

- Eesti Hariduse ja Teaduse Andmesidevõrk
- Eesti Biokeskus
- Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut
- EGeen AS
- Microlink AS

Algatusgrupi töökoosolekutel määratleti Eesti Griidi programmi arengusuunad.

2004. a jaanuaris toimus Tallinnas kohtumine NorduGridi ja Eesti Griidi arendajate vahel, mille käigus configureeriti arvutusressurss ja liideti see NorduGridiga.

2005. a kevadeks oli Eesti Griidi liidetud 8 klastrit kokku üle 100 protsessoriga ja 3,5 TB salvestusmahtu. Autor on kaasa aidanud enamiku Eesti Griidi klastrite configureerimisele.

2004. a teostati Eesti Griidil 94000 tundi arvutusi, mis on kokku üle 11 protsessoraasta. Aktiivsemad kasutajad olid kõrge energia füüsikud, materjaliteadlased ja arvutuskeemikud. Eesti Griidil tehtud arvutuste põhjal koostatud esimene teadusartikkel [5] on aktsepteeritud avaldamiseks "Teaduste Akadeemia Toimetistes".

Eesti Griidi on finantseeritud sellega liitunud asutuste eelarvete ja Eesti Infotehnoloogia Sihtasutuse grantide toel.

Eesti Griidi programmi eesmärkideks on

- liita Eestis olevad arvutusvõimsused ühtsesse süsteemi, tagamaks Eesti teadlastele juurdepääs jagatud ressurssidele ja globaalsetele andmebaasidele.
- anda teadlastele griidi kasutamiseks teadmisi ja luua Eesti teadlastele võimalus arvutusmahukate teadusprobleemide lahendamiseks. Selleks koondatakse kokku ülikoolide ja teadusasutuste arvutusvõimsused ja avatakse need griidi vahevara abil kasutamiseks.
- luua Eesti teadlastele kasutamiseks juurde uusi arvutus- ja andmesalvestusressursse.

Eesti Griid optimeerib arvutus-, visualiseerimise ja andmekogumise ressursside kasutust läbi tsentraalse riist- ja tarkvara halduse. Suurte arvutusvõimsuste arendamine on tänapäeva teadus- ja arendustegevuse üks nurgakive, see loob eeldused teadusmahuka väiketootmise arendamiseks.

Griid on oluline riiklikus teadus- ja arendusstrateegias "Teadmistepõhine Eesti"[6] võtmevaldkonnadena välja toodud biomeditsiini ja materjalitehnoloogiate arendamisel.

Organisatsiooniliselt asub Eesti Griid EENeti juures. EENet haldab ka Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskust.

Eesti Griidi eesmärgiks on integreeruda Euroopa griidiprojektidesse ja arendada sellealast rahvusvahelist koostööd. Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskus on akrediteeritud Euroopa Griidide Sertifitseerimiskeskuste Ühenduse (*European Policy Management Authority for Grid Authentication in e-Science*, EUGridPMA) liikmeks.

1.4 Autentimine griidis, Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskus

Tavamaailmas on inimestel omavahelises suhtlemises võimalik oma isikut tõendada vastava dokumendi abil, milleks võib olla näiteks isikutunnistus, pass, juhiluba vm dokument. Dokumendis on isiku pilt, ees- ja perekonnanimi ja sünniaeg. Dokumendi on väljastanud kolmas osapool, enamasti mõni riiklik asutus, millel on isiku identiteedi tuvastamiseks piisavalt infot ja ka kohased toimimisprotseduurid. Väljastatud dokumendid on suhteliselt usaldusväärsed.

Kui kaks osapoolt suhtlevad vaid digitaalseid vahendeid kasutades, on teise poole isiku kindlakstegemine keerulisem. Pole ju võimalik kasutada isiku tuvastamiseks pilti, sest teist osapoolt pole näha.

Isiku tuvastamiseks võrgukeskkonnas rakendatakse krüptograafiliste meetoditega loodud sertifikaati, mille allkirjastab kolmandat osapool – *sertifitseerimiskeskus* (SK). Sertifitseerimiskeskus tuvastab sertifikaaditaotleja isiku harilikke meetodeid kasutades (passi, juhiloa vm alusel) ja kinnitab sertifikaadi allkirjastamisega isiku identiteedi. Näiteks Eesti ID-kaardil olevaid sertifikaate annab välja AS Sertifitseerimiskeskus (<http://www.sk.ee>).

Enamikus riikides Eesti ID-kaardi-laadne üldine digitaalne isikutuvastamise süsteem puudub. Sellepärast on griidiprojektid loonud oma oma sertifitseerimiskeskused, mis tuvastavad isikuid ja annavad välja sertifikaate. Sertifikaadid antakse ka griidi ühendatud seadmetele.

Euroopa griidide sertifitseerimiskeskused on moodustanud Euroopa Griidide Sertifitseerimiskeskuste Ühenduse (The European Policy Management Authority for Grid Authentication in e-Science, EUGridPMA²), mille põhiülesandeks on miinimumnõuete väljatöötamine sertifitseerimiskeskustele, sertifitseerimiskeskuste auditeerimine ja sertifitseerimiskeskuste probleemide arutamine ja lahendamine regulaarselt toimuvatel ümarlaudadel.

2 EUGridPMA veebileht: <http://www.eugridpma.org/>

EUGridPMA poolt akrediteeritud sertifitseerimiskeskused vastavad teatud miinimumnõuetele, mis on kirjeldatud dokumendis [7].

Akrediteeritud sertifitseerimiskeskused usaldavad üksteise poolt väljastatud sertifikaate. Lisaks on olemas Usaldavad Osapooled (*relaying parties*), kes kasutavad sertifikaate isikute identiteedi tuvastamiseks. Sertifitseerimiskeskused töötavad Usaldavate Osapoolte identifitseerimisprobleemide lahendamise jaoks.

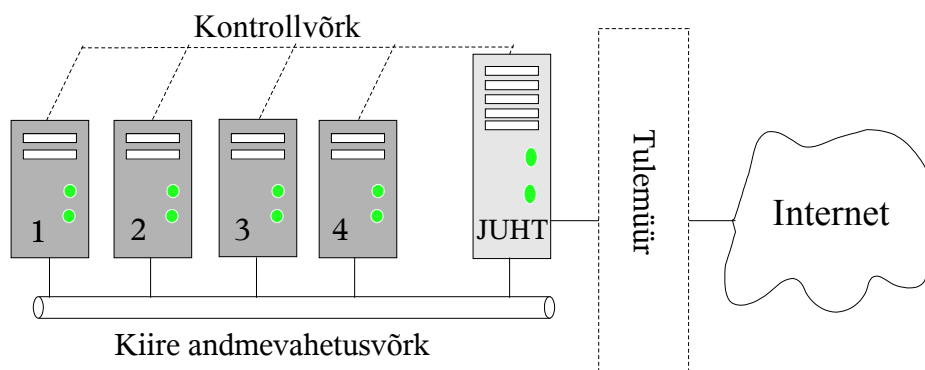
Eesti Griidil on oma sertifitseerija – Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskus, mis töötab EENeti alluvuses. Sertifitseerimiskeskus ise ei tegele enamasti isikute tuvastamisega. Sellega tegelevad registreerimisautoriteedid (*Registration Authority, RA*). RA ülesandeks on sertifikaaditaotleja isiku kontrollimine – kas sertifikaaditaotluses on ikka isiku õige nimi ja kas muud esitatud andmed on korrektsed. Andmete kontrollimise järel saadetakse sertifikaaditaotlus SK'le edasi, kes allkirjastab taotluse oma salajase võtmega ja annab välja sertifikaadi. Eesti Griidi registreerimisautoriteedid töötavad EENeti ja KBFI juures. Eesti Griidi SK on EUGridPMA akrediteeritud liige.

Autor oli koos juhendaja ja kolleegidega osaline Eesti Griidi SK tegutsemisjuhendi koostamisel ja Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskuse akrediteeringu taotlemisel EUGridPMA juures. Samuti on autor Eesti Griidi SK esidajaks EUGridPMA juures.

Loomisel on ühtne sertifitseerimiskeskus *Baltic Grid Certification Authority* kõigi Balti riikide (Eesti, Läti ja Leedu) griididele.

2 VAHENDID KLASTRITE LOOMISEKS

2.1 Klustrite loomiseks vajalik riistvara



Joonistus 2.1 Juhtarvutist ja neljast arvutussõlmest koosneva klatri skeem

2.1.1 Juhtarvuti riistvara

Juhtarvuti ülesandeks on arvutussõlmede töö juhtimine ja andmete hoidmine ning vahendamine. See ei nõua suurt arvutusjõudlust, samas peab olema tagatud stabiilne töö. Seetõttu pannakse juhtarvuti komplekteerimisel põhirõhk kvaliteetsetele komponentidele. Juhtarvutile paigaldatakse sageli kaks Etherneti-ühendust, üks arvutussõlmedega ja teine internetiga suhtlemiseks. Juhtarvutile võib paigaldatakse suure salvestusmahu, näiteks RAID-il (*Redundant Array of Inexpensive Disks*) põhineva kettamassiivi.

2.1.2 Arvutussõlmede riistvara

Arvutussõlmedena on soovitatav kasutada sarnaseid, paremal juhul identseid arvuteid, see lihtsustab haldamist. Võimalusel kasutatakse 2-protssessorilisi emaplaate, mis võimaldab ühte korpusesse panna kaks protssessorit. Nii kulub kahe protssessori kohta üks korpused ja võrgulahendus, see aga võib anda tuntava rahalise kokkuhoiu.

2.1.3 Klasterites kasutatavad võrguseadmed

PC-tüüpi arvutitest moodustatud klasteri loomiseks piisab omavahelise võrguühenduse olemasolust. Samas seatakse reaalselt kasutatust leidvate klasterite võrguühendustele mitmed tingimusi. Klasterisisene võrguühendus peaks olema kiire ja väikese latentsusega, see tagab andmete kiire transpordi arvutussõlmede vahel, väike latentsus võimaldab kasutada teatedastust (*message passing*) kasutavaid paralleelprogramme. Soovitaval peaks arvutussõlmed asuma eraldi võrgusegmendis, see väldib turvaprobleemide tekke. Tabelis 2.1 on ära toodud levinumad võrgulahendused ja nende kasutajad Eestis.

Kiire võrgulahenduse tüüp	Ühenduskiirus (MB/s)	Latentsus lühikeste teadete korral (μ s)	Kasutajad Eestis
Gigabit Ethernet	120	~60	TÜ, KBFI klasterid, levinuim lahendus
Dolphins SCI	300	~5	EENeti, TÜ Füüsikaosakonna klasterid
Myrinet	240	~8	KBFI klaster
Infiniband	900	~5	

Tabel 2.1: Erinevate võrgulahenduste võrdlustabel

Kõige levinumaks lahenduseks on tänapäeval Gigabit Ethernet'i kasutamine, kuna see on teistest lahendustest vähemalt 10 korda odavam, samas tagab see piisava jõudluse enamiku rakenduste jaoks.

Sageli on arvutussõlmedes kaks võrguseadet, üks on harilikult Ethernetil (100 Mb/s või 1Gb/s) põhinev andmetranspordi- ja kontrollkanal ja teine on kiire ühendus sõnumiedastuseks (Gigabit Ethernet või kiirem lahendus).

2.2 Klasterite turvalisuse tagamine

Arvutiklasterite loomisel tuleb tähelepanelikult suhtuda turvalisuse tagamisse. Klasteritel käivitavad tööd võivad sisaldada tundlikke või salajasi andmeid, mille sattumine kolmandate isikute kätte on ebasoovitav.

Enamasti luuakse klasterid nii, et juhtarvuti on ühendatud internetiga ning juhtarvuti kaudu sisestatakse tööd klasterisse. Juhtarvuti on kaitstud väliste rünnakute eest sobivalt konfigureeritud tulemüüri-ga.

Arvutussõlmed võivad, kuid ei pruugi olla otse internetti ühendatud. Internetist lahutamine tagab parema turvalisuse ja kontrolli, samas muudab see internetist sisendandmeid saavate tööde käivitamise võimatuks.

Suhtlus arvutussõlmede ja juhtarvuti vahel tuleks teha tulemüüri-vabaks, kuna vastasel juhul võib tekkida kasutatavatel programmidel probleeme suhtlemisega.

Klasteritele ligipääs on tagatud Unixi kasutajatunnuste või sertifikaatide abil, mille kaudu on võimalik iga töö vastavusse seada konkreetse kasutajaga.

2.3 Klasterite tarkvara

Klasterite tarkvara koosneb mitmest osast:

- juhtarvuti ja arvutussõlmede operatsioonisüsteem
- rakendusprogrammid
- pakktöösüsteem (PBS)
- teatedastus (MPI)
- griidi vahevara juhtarvutis

Kui klaster koosneb mõnest sõlmest, siis võib operatsioonisüsteemi paigaldada igale sõlmele eraldi. Kui aga sõlmi on kümme või rohkem, muutub iga sõlme eraldi konfigureerimine väga tülikaks. Seejärel kasutatakse automaatseid paigaldussüsteeme või selliseid lahendusi, kus operatsioonisüsteem jm vajalikud programmid laetakse sõlme üle võrgu.

EENeti klasteris kriit.eenet.ee-s on kasutusel lahendus, kus arvutussõlmedes puuduvad kõvakettad, kogu süsteem laetakse arvutisse üle võrgu. Sõlme alglaadimise järel küsib PXE juhtarvutilt võrgukonfiguratsiooni ja Linuxi tuuma. Tuum käivitatakse sõlmes ning see liidab enda külge juhtarvutist NFS-partitsiooni, millele on paigaldatud operatsioonisüsteem ja vajalikud programmid.

TÜ klastrites on igas sõlmes olemas kõvaketas, millele on paigaldatud operatsioonisüsteem. Sõlmedes oleva tarkvara uuendamine käib tsentraalselt, vastava skripti abil.

2.3.1 Portable Batch System (PBS)

PBS on süsteem arvutustööde käivitamiseks ja haldamiseks arvutiklastritel. PBS loodi 1993.-1997. a NASA jaoks, see asendas Cray poolt loodud pakktöösüsteemi NQS (*Network Queuing System*). Väljatöötamisel osalesid NASA Ames Research Center, Lawrence Livermore National Laboratory ja Veridian Information Solutions, Inc. OpenPBSi loomisel on püütud järgida standardit *POSIX 1003.2d Batch Environment Standard*[8]. OpenPBS litsents lubab OpenPBSi vabavarana levitamist. OpenPBSi kohta annab põhjaliku ülevaate [9].

OpenPBS töötab Unixi-laadsetel operatsioonisüsteemidel. See võtab vastu pakktööd, käivitab need ja tööde lõppemisel kopeerib tulemused kasutaja kataloogi. PBSi võib kasutada tööde käivitamiseks nii ühel protsessoril kui ka suuremal süsteemil, näiteks arvutiklastril.

PBSi komponendid

PBS koosneb 4 põhilisest komponendist:

- käsustik
- tööde server (`pbs_server`)
- tööde käivitaja (`pbs_mom`)
- tööjärjekordade haldaja (`pbs_sched`)

Käsustik:

PBS sisaldab nii POSIX-standardile vastavaid käsureautiliite kui ka graafilist kasutajaliidest. Käskude abil saab töid griidi saata, neid jälgida ja kustutada. PBSi käsud võib paigaldada suvalisele Unix-laadsele süsteemile.

Tööde server (*Job server*, `pbs_server`)

Tööde server on PBSi keskne komponent. Tihti kutsutakse seda lihtsalt serveriks või deemoni nime järgi `pbs_server`'iks. Kõik käsud ja ülejäänud deemonid suhtlevad serveriga IP-võrgu vahendusel. Serveri põhiülesandeks on pakkuda põhilisi pakktööde käivitamiseks vajalikke teenuseid, näiteks tööde vastuvõtmine ja loomine, tööde muutmine, tööde kaitsmine süsteemistõrgete vastu ning tööde käivitamine.

Tööde käivitaja (*Job Executor*, `pbs_mom`)

Tööde käivitaja on see demon, mis tööd tegelikult käima paneb. Seda kutsutakse ka Emaks (*Mom*), kuna ta käivitab ja jälgib töid. Tööde käivitaja saab käivitatavad tööd serverilt, samuti tagastab see väljundi kasutajale, kui see on serveri poolt nii määratud.

Tööde järjekorrahaldur (*Job Scheduler*, `pbs_sched`)

Järjekorrahaldur on demon, mis määrab, milline töö järjekorrast pannakse millal ja kus käima. Kuna igal süsteemihaldajal on oma arusaam õiglasest ja efektiivsest reeglistikust tööde käivitamisel, siis lubab PBS igal kohal teha oma järjekorrahalduri. Järjekorrahaldur kogub käivitajate käest infot vabade ressursside kohta ja saab serverilt infot käivitamist ootavatest töödest. Järjekorrahaldur suhtleb serveriga sama APIt kasutades, mida kasutavad käsud. Serveri jaoks paistab järjekorrahaldur välja kui pakktöö haldaja.

Lisaks neile neljale osale pakub PBS veel APIt (*Application Program Interface*), mida kasutavad käsud serveriga suhtlemisel. API abil saab luua vajadusel uusi käske.

2.3.2 Torque

TORQUE (*Tera-scale Open-source Resource and QUEUE manager*) [10] on OpenPBSi vabavaraline edasiarendus. Funktsionaalsus on väga sarnane OpenPBSile, parandatud on skaleeruvust ja veataluvust. Mitmed USA teadus- ja arendusasutused on lisanud TORQUE'le omapoolseid laiendusi. TORQUE'i levitatakse vaba kopeerimist lubava litsensi alusel.

2.3.3 Sun Grid Engine (SGE)

SGE on Sun Microsystems'i poolt loodud klatri loomise süsteem. SGE *enterprise*-versioon sisaldab lisaks ka griidi vahevara, mille abil saab luua ja hallata klatri ühendusi. SGE käsustik on samuti POSIX-i pakktöö standardiga ühilduv. SGE on paigaldatud TÜ Sun-arvutiklassi.

2.4 Teatedastus, *Message Passing Interface* (MPI)

Paralleelsete programmide loomisel tuleb tihti ette olukordi, kus ühel protsessil on töö jätkamiseks tarvis saada infot mõnelt teiselt protsessilt. Selleks saab kasutada teatedastussüsteemi, millest levinuim on MPI.

Eesti keeles tutvustab paralleelprogrammide loomist MPI abil [11].

MPI on mitu erinevat lahendust, näiteks vabavaraline LAM/MPI ja kommertstarkvara SCAMPI.

Eesti Griidis kasutatav NorduGridi tarkvara otseselt ei toeta MPI kasutamist, kuid seda on võimalik teha vastava pakksüsteemi skripti käivitamisega.

3 GRIIDI VAHEVARAD

Vahevara on vahelihiks kohaliku ressursi (klauster, salvestuselement, spetsiaalseadme juhtimisprogramm) ja griidikasutaja vahel. Vahevara peaks oma loomult olema vähe kohaliku ressursi elu segav (*less intrusive*), nii et seda saaks paigaldada klastrile kohaliku süsteemi segamata. Vahevara peaks võimaldama kasutajale ühekordset sisselogimist (*single sign-on*).

Maailmas on loodud sadu vahevarasid. Üks vanemaid ja levinumaid on Globus Toolkit, mida hakati arendama 1996 aastal. Samuti on laialdaselt kasutusel UNICORE. CERN'iga seotud griidiprojektid kasutavad LGC vahevara, mis kasutab Scientific Linuxit operatsioonisüsteemiga.

Antud töö raames tutvustatakse Eestis kasutusel olevaid vahevarasid.

3.1 Globus Toolkit³

Globus Toolkit (GT) on tarkvara kogum, mis sisaldab hulka griidi ehitamiseks. Pole terviklik griidilahendus, vaid tööriistade komplekt. Sisaldab PKI-l põhinevat turvasüsteemi Grid Security Infrastructure (GSI), mille abil turvatakse kõik ühendused (gsiftp, gsildap). GT-d levitatakse vaba tarkvara toetava litsensi *Globus Toolkit Public License* alusel.

Globus Toolkit'i (GT) kirjeldab veebidokument [12]. GT on mitmesuguste vahendite kogum griidi ehitamiseks. GT sisaldab vahendid arvutusvõimsuste, andmebaaside ja muude ressursside turvaliseks liitmiseks ja ühiseks kasutamiseks üle asutusesiseste, institutsioonidevaheliste ja geograafiliste piiride. Andmevahetus ja ressurssidele ligipääsu tagamine toimub turvatud kanalite kaudu. Lisaks on olemas vahendid ressursside leidmiseks, jälgimiseks ja haldamiseks.

GT-s sisalduvaid komponente saab kasutada nii üksikult kui ka tervikuna uute tarkvaralahenduste loomisel. Erinevate organisatsioonide ressursid käituvad erinevalt, koostöö erinevate organisatsioonide vahel on raske. GT püüab neid piire ületada ja pakub ühesugust liidest ressurssidele ligipääsuks, samal ajal on tagatud kontroll selle üle, kes ja kunas tohib ressursi kasutada.

GT arendamisel on Linux'ile sarnaselt kasutatud vabavara arendusmudelit. See on aidanud kaasa GT laialdasele kasutuselevõtule ning mitmete innovaatiliste lahenduste jõudmisele GT-sse.

³ Veebileht: <http://www.globus.org/toolkit>

I-WAY katse näitas, et griidi kontseptsioonil on tulevikku. See andis tõuke GT arendamiseks ja 1996. a pandi kokku töögrupp Argonne, ISI ja Chicago Ülikooli teadlastest. GT esimene versioon tuli välja 1997. a, 2. versioon 2002. a ja viimane, 4. versioon 2005. a. Loodud on *Globus Alliance*, mille liikmeteks on lisaks eelpoolnimetatutele veel Edinburgh Ülikool, Rootsi Kuninglik Tehnikainstituut, USA Riiklik Superarvutuste Uurimiskeskus ja Univa Corp. Lisaks USA riiklikele agentuuridele toetavad GT arendamist ka kommertspartnerid, nagu IBM ja Microsoft.

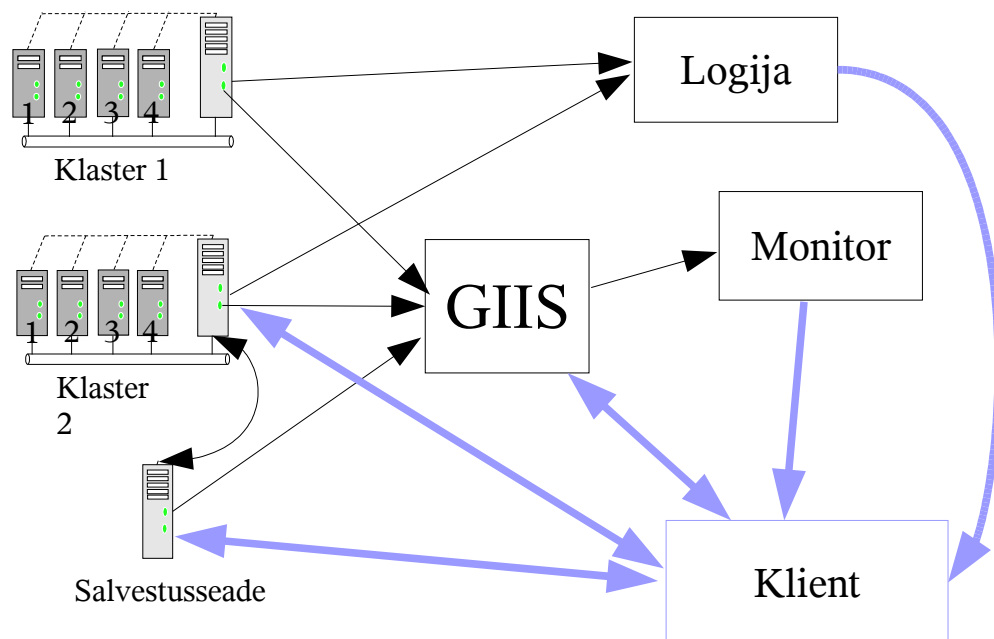
GT projekt on käima lükanud revolutsiooni teaduse tegemises. GT arendamisel leiutatud tehnoloogiaid kasutatakse näiteks CERNis Suure Hadronite Kiirendi (*Large Hadron Collider*, LHC) andmete töötlemiseks.

Samuti on loodud mitmeid GT-l põhinevaid kommertsvahevarasid, firmadest võib nimetada Avaki, IBM, Platform, Sun jt.

3.1.1 Globus Toolkit 4

Globus Toolkit 4 (GT4) avaldati 2005. a aprillis. Eelmise versiooniga võrreldes (GT3) on pandud tunduvalt suuremat rõhku veebiteenuste kasutamisele (*Web Services*, WS). GT4 võimaldab erinevatel teenustel omavahel iseseisvalt suhelda kasutades standardseid protokolle (HTTP, SOAP) ja märgendikeeli (WSDL, XML).

3.2 NorduGrid ARC



Joonistus 3.1 NorduGrid ARC vahevaral baseeruva griidi skeem. Mustad jooned tähistavad info liikumist teenuste vahel, heledad jooned kliendi ja teenute vahel. Tsentraalsel kohal on infoserver GIIS (Grid Information Index Server), millesse koondatakse info griidi ressursside kohta.

NorduGrid ARC (*Advanced Resource Connector*) [13] on NorduGridi koostöögrupi poolt arendatav vaba lähtekoodiga vahevara, mida levitatakse GPL litsensi alusel.

Esimene väljalase oli 2002. a. maikuu. 2005. a. aprillis avaldati versioon 0.4, juunis plaanitakse avaldada versioon 1.0. NG ARC-i arendamisel on pööratud suurt tähelepanu skaleeruvusele, töökindlusele ja kiire vahevara loomisele. Projekti põhieesmärgiks on töötava tarkvara loomine. Seetõttu on NG ARCil mõnevõrra piiratum funktsionaalsus, kuid samas on välditud mitmete suuremate projektidega kaasnenud probleeme. NG ARC on suuresti kõrge energia füüsikute vajadustest lähtuv vahevara.

NG ARC-i projekti juhib Balazs Konya, arendajad on põhiliselt Põhjamaadest.

Alljärgnev tekst on tõlgitud NorduGridi koduleheküljel asuvast dokumendist <http://www.nordugrid.org/middleware/>.

NorduGridi vahevara (ehk Arenendud Ressursiühendaja, *Advanced Resource Connector*, ARC) on GPL litsensi all levitatav vabavaraline lahendus tootmisvalmis arvutus- ja andmegriidide loomiseks.

Alates esimesest väljalaskest (2002. a mais) on vahevara kasutatud realses töös (näiteks Atlas Data-Challenge 1 NorduGridil). Põhirõhk on vahevara skaleeruvuse, stabiilsuse, usaldusväarsuse ja jõudluse tagamisel. Üha uued griidiprojektid kasutavad ARC'i (Swegrid, DCGC, NDGF). ARCi kasutav NorduGrid on üks maailma suurimaid realselt kasutatavaid griide.

Vahevara kirjeldus

ARC pakub töökindla lahenduse enamiku griidi alusteenuste jaoks, nagu infoteenus, ressursside leidmine ja jälgimine, tööde käivitamine ja haldamine, *brokering*, andmete ja ressursside haldamine. Enamiku teenuste turvamiseks kasutatakse GSI turvakihti. Vahevara loomisel on kasutatud standardseid vabavaraliseid lahendusi nagu OpenLDAP, OpenSSL, SASL ja *Globus Toolkit 2* (GT2) teeke. Kõik need on kättesaadavad ka NorduGrid Downloads lehelt, samuti on sellelt lehelt leitav ARCi tööks vajaliku tarkvara nimekiri.

NorduGridi tarkvara pakub innovaatilisi lahendusi põhilistele griiditeenustele: *Grid Manager*, *gridftpd* (ARC/NorduGrid GridFTP server), infomudel ja skeem (Nordugridi skeem), kasutajaliides ja *broker* (isiklik *broker* on integreeritud kasutajaliidesesse), laiendatud ressursispetsifitseerimise keel (*extended Resource Specification Language*, xRSL) ja jälgimissüsteem (*Grid Monitor*).

Nimetatud lahendusi kasutatakse GT2 lahenduste asemel. ARC EI KASUTA enamikku GT2 lahendusi (GRAM, tööde käivitamise käsud, WUftp-l põhinevat *gridftp* serverit, *gatekeeper*'it, *gram*'i töödehaldamise skripte, MDSi infokogujaid ja skeeme). ARC laiendas ressursside spetsifitseerimise keelt RSL (*Resource Specification Language*) ja pani Globus MDSi tööle. Seega on ARC märksa rohkem kui GT2 pakkudes GT2 teekidele ehitatud teenuseid.

NorduGridi vahevara integreerib arvutusressursse (pakksüsteemil (*batch system*) põhinevad *commodity computing* klastrid ja ka üksikud tööjaamad) ning salvestuselemente, tehes need kättesaadavaks läbi griidi turvakihi. Ülevaate Nordugridi arhitektuurist võib leida Nordugridi veebilehelt.

ARC-i põhilised komponendid on:

1. Ressursiserverites töötavad griiditeenused: *Grid Manager*, *gridftpd* ja infoteenused. Griiditööd saadetakse klastrile *gridftpd* kaudu, iga töö jaoks luuakse eraldi sessioonikataloog. Sessioonikataloogid on kättesaadavad *gridftpd* kaudu töö täitmise ajal ja ka pärast töö lõppemist. *Grid Manager* hoolitseb tööde, sessioonikataloogide ja vahelao eest. Informatsioonikogujad on skriptid, mis täidavad infoga OpenLDAPis hoitavat NorduGridi andmebaasi.
2. Indekseerimisteenus ressurssidele ja andmetele: ARC kasutab GT2 GIIS (*Grid Information Index Server*) süsteemi ka griidi ühendatud ressurssidest ülevaate saamiseks võrgu loomiseks. Nii GT2 *Replica Catalog* ja ka GT2 RLS teenuseid saab kasutada metaandmete kataloogidena. ARC kasutajaliides ja *Grid Manager* oskavad nende kataloogidega suhelda. Eesti Griidi GIISi aadressiks on `giis.eenet.ee`.
3. Kliendid, mis kasutavad griidile jaotunud infot ja ressursse. ARCiga tuleb kaasa lihtne kasutajaliides, mis koosneb hulgast käsurea programmidest. Nende abil on võimalik töid griidi saata, jälgida ja hallata, liigutada andmeid ja pärida ressursilt infot. Kasutajaliides tuleb koos sisseehitatud *brokeriga*, mis on võimeline selekteerima antud tööle sobivaimat ressursi. Konkreetse griiditöö vajadused spetsifitseeritakse xRSL skriptiga. Lisaks on spetsiaalne klient Grid Monitor, mis küsib jagatud infosüsteemist infot ja jagab seda veebilehe vahendusel.

Väljatöötamisel olevad komponendid:

1. Arukas salvestuselement (*Smart Storage Element, SSE*): SSE asendab praegu kasutuses oleva *gridftpd*-l põhineva lihtsa salvestuselemendi. SSE baseerub standardsetel protokollidel nagu HTTPS/G ja SOAP. SSE tagab paindliku juurdepääsuõiguste süsteemi, andmete terviklikkuse kontrolli andmete transpordil ressursside vahel ja vahendid iseseisvaks ja usaldusväärseks andmete paljundamiseks.
2. Logimisteenus
ARCI eesmärgiks on olla skaleeruv, vähesekkuv ja *portable* lahendus. Arendustöö lähtub kasutajate ja applikatsioonide vajadustest, kusjuures põhirõhk on *performace*, stabiilsus, kasutatavus ja *portabiilsus*. Selle lähenemise tulemusena on sõltumatu klienditarkvara võimalik paigaldada vähemalt tosinale platvormile ja on paigaldatav mõne minutiga. ARC serveri paigaldamine ei nõua klatri või salvestusseadme täielikku ümberkonfigureerimist. ARC vahevara saab paigaldada igale platvormile, millele on võimalik paigaldada välised programmipaketid (näiteks GT2 teegid). Kuna antud vahevara kasutatakse ühel maailma suurimal griidil, siis saadakse ka pidevalt tagasisidet reaalsetelt griidi kasutajatelt.

Pakendamine, jaotamine

Vahevara on kättesaadav tar-arhiividenä ja ka RPM-idenä. Lähetkood on kättesaadav ühe paketina. Valmiskompileeritud paketid jagunevad mooduliteks:

nordugrid-client	kliendiprogrammid, kasutajaliides
nordugrid-server	Serverid
nordugrid-gridmap-utils	gridmap-failide uuendajad
nordugrid-ca-utils	Sertifitseerimiskeskuste tühistusnimekirjade (CRL) uuendaja
nordugrid-devel	Arendustöö vahendid (päisefailid, teegid)
nordugrid-monitor	Grid Monitori veebiliides (paigaldada veebiserverile)
nordugrid-doc	Dokumentatsioon
nordugrid-client	Client programs
nordugrid-server	Servers
nordugrid-gridmap-utils	Utilities for managing gridmap-files
nordugrid-ca-utils	Utilities for mainting CA files
nordugrid-devel	Development files (headers, static libs)
nordugrid-monitor	Grid monitor web interface (should be installed on a Web server)
nordugrid-doc	Documentation

Lisaks on eraldi tar-arhiivina olemas kliendipakett `nordugrid-standalone`. See sisaldab kogu vajalikku välist tarkvara (nt. Globus) ja sobivat konfiguratsiooni, mida saab kasutada griidile tööde saatmiseks kohe peale lahti pakkimist.

Allalaadimine ja paigaldamine

Vahevara võib igaüks kasutada igal eesmärgil. Valmiskompileeritud binaarsed väljalasked on olemas tosinale GNU/Linux distributsioonile, paigaldusjuhendid asuvad NorduGrid Documentation lehel.

Uuringud ja arendustöö

Vahevara arendamist koordineerib NorduGrid *Collaboration*. Collaboration on avatud uutele liikmetele. Täiendused ja lisandused tarkvarale ja dokumentatsioonile on teretulnud.

Arendajatel on olemas Töönimekiri (Task List), mis kirjeldab probleeme, mis tuleb NorduGridi arendamise käigus lahendada. Detailsema info ja CVSi kirjutusõiguse saamiseks kirjuta `nordugrid-discuss` meililisti. Nimekirja käimasolevatest ja lõppenud griidi uurimisprojektidest on leitavad NorduGridi lehelt.

Kasutajatugi, vigadest teatavimine, dokumentatsioon

Kasutajatugi ja tarkvara paigaldamise assisteerimist pakutakse läbi päringute jälgimise süsteemi, millele saab teateid saata nordugrid-support@nordugrid.org. Igasuguste NorduGridi või vahevara puudutavate küsimustega võib pöörduda aadressile nordugrid-discuss@nordugrid.org.

NorduGrid kasutab probleemide üle arve pidamiseks Bugzilla süsteemi. Palved täienduste tegemiteks ja samuti teated leitud probleemidest tuleks saata Bugzilla'sse.

Artiklid, ülevaated , kasutaja- ja paigaldusjuhendid, KKK ja loengute materjalid asuvad NorduGrid Documents lehel.

Tõlke lõpp.

3.3 UNICORE

UNICORE (*UNiform Interface to COmputing Resources*)[14] loodi aastatel 1997-2002 suure konsortsiumi poolt, mille liikmeks olid paljud ülikoolid, teadusasutused ja kommertsettevõtted (Karlsruhe Ülikool, Fraunhoferi Instituut, IBM, Cray, Fujitsu jt). UNICORE vahevara arendas edasi ja täiustas OpenMolGrid'i projekt, milles osales ka teadlaste grupp Tartu Ülikooli Keemiaosakonnast prof. Mati Karelsoni juhtimisel.

UNICORE levitatakse BSD litsensi alusel.

UNICORE omadused:

UNICOREl on graafiline klient, mille kaudu on hea luua üksteisest sõltuvaid töid. Samas ei sobi graafiline klient juhul, kui on tarvis käivitada suurel hulgal töid. Selleks

UNICORE konfigureerimine ja käivitamine on keerulisem kui NorduGrid ARCi puhul.

Projekti eesmärgiks oli luua Saksamaa superarvutuskeskustele turvaline ja intuitiivne ligipääsusüsteem. UNICORE eesmärgiks oli peita kasutaja eest erinevad riistvaraplatvormid, operatsioonisüsteemid, pakktöösüsteemid, erinevad töökeskkonnad tarkvaralahendustele, ajaloolised arvutuskeskuste tavad, failisüsteemid ja turvapoliitikad. Turvalisuse tagamiseks loodi X.509 sertifikaatide kasutatav turvasüsteemi.

UNICORE võimaldab kasutajal käivitada keerukaid omavahel sõltuvuses olevaid pakktöid.

4 KLASTRI LOOMINE

Klastri loomise samm-sammuliseks kirjeldamiseks koostati kahest masinast koosnev klaster.

4.1 Näiteklaster loomisel kasutatud riist- ja tarkvara



Antud töös kasutati testplatvormina kahest identsest kaheprotsessorilisest sõlmest koosnevat arvutiklastrit. Riistvara konfiguratsioon on toodud tabelis 4.1, tarkvara konfiguratsioon asub tabelis 4.2. Testklaster oli ühendatud internetti, DNSi nimed ja IP-numbrid on toodud tabelis 4.3

*Illustratsioon 4.1: Testklasteri sõlmed
torkija ja arvutaja*

Protsessorid	2 x AMD Athlon(tm) MP 2800+
Emaplaad	Tyan S2466N-4M Tiger MPX AMD 760MPX kiibistik Integreeritud LAN kontrollor 3COM 3C920C 10/100Mb/s
Mälu	512 MB
Kõvaketas	40 GB

Tabel 4.1: Testklasteri riistvara

Operatsioonisüsteem	GNU/Linux
Distributsioon	Fedora Core 3
Tuum	Linux 2.6.9-1.667smp
GNU C teegid	2.3.3-74

Tabel 4.2: Testklasteri süsteemitarkvara

DNS nimi	lühinimi	IP-aadress
torkija.eenet.ee	torkija	193.40.0.139
arvutaja.eenet.ee	arvutaja	193.40.0.138

Tabel 4.3: Testklastri nimed ja aadressid

4.2 Pakksüsteemi järjekordade soovituslik konfiguratsioon

Pakksüsteemi järjekordade konfigureerimisel tuleks eesmärgiks seada erineva pikkusega tööde optimaalse ajaga käivitamine, et võimalikult palju kasutajaid saaks oma töö võimalikult lühikese ajaga tehtud. Kui klastril on olemas vaid üks tööjärjekord ja see täidetakse pikkade töödega, siis on see klaster ülejäänud kasutajatele mõneks ajaks suletud. Paremal juhul on klastril mitu järjekorda, üks osa protsessoritest on reserveeritud lühikestele töödele, ülejäänud protsessoritele käivitatakse suvalise pikkusega tööd. Sel juhul saab lühikeste töödena testida programmide sobivust ja töötamist. Programm on silumise järel saab saata pikad tööd koos täisandmetega.

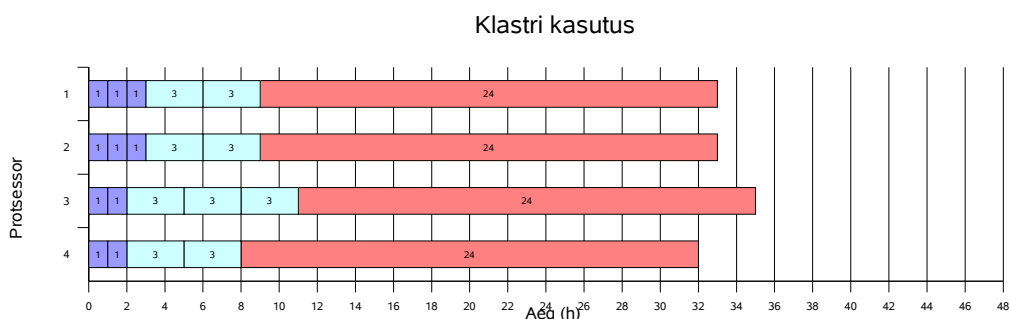
Kui pakksüsteemi järjekorras on ootel mitu tööd, siis vaikimisi eelistatakse lühemaid töid.

Näide järjekorrasüsteemi konfigureerimisest. Olgu meil näiteks 4 protsessoriga väike klaster. Sellele soovitakse saata 10 tööd pikkusega 1h, 9 tööd pikkusega 3h ja 4 tööd pikkusega 24h. Kokku soovitakse arvutada $10+27+96=133h$. Antud näite puhul loetakse lühikeseks tööks alla 6h tööd.

Parimal juhul peaks 4 protsessorit andma 4-kordse kiirenemise võrreldes 1 protsessoriga.

4.2.1 Näide klastri toimisest, kui järjekorras on mitmesugused tööd ja neid käivitatakse pikkuse järjekorras alates lühimast.

(Horisontaalteljel on kujutatud aeg, vertikaalteljel protsessorid 1-4. Graafik näitab protsessorite hõivatust töödega)



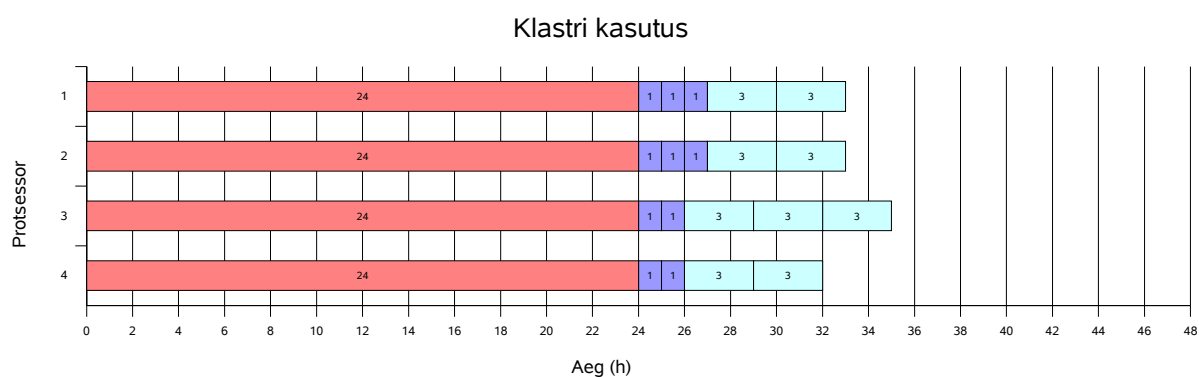
Joonistus 4.2: Klastri protsessorite hõivatust töödega ajas, lühemad tööd käivitati enne.

Ühe töö pikkus	Tööde arv	Tööde teostamiseks kuluv aeg ühel protsessoril	Viimase antud seeria töö lõppemise aeg	Kiirenemine kordades
1h	10	10h	3h	3.3
3h	5	15h	15h	1.9
24h	4	96h	32h	3.0

Tabel 4.4: Tööde kiirenemine

Seega kui klaster on tühi ja on võimalik lühikesed tööd kohe käima panna, saavutatakse väga head kiirenemised.

4.2.2 Näide klasteri toimimisest, kui klasteril on just käivitatud pikad tööd ning lühemad tööd käivitatakse ootamise järel.



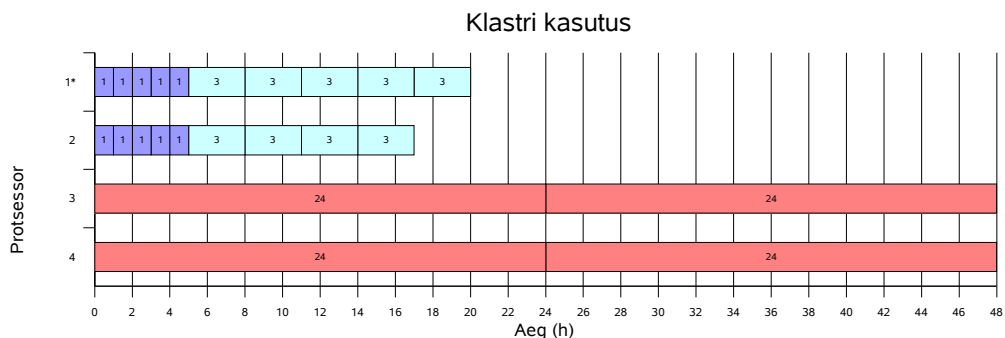
Illustratsioon 4.3: Klasteri protsessorite hõivatus töödega ajas, pikad tööd on hõlvanud klasteri pikaks ajaks.

Ühe töö pikkus	Tööde arv	Tööde teostamiseks kuluv aeg ühel protsessoril	Viimase antud seeria töö lõppemise aeg	Kiirenemine kordades
1h	10	10h	27h	0.4
3h	9	27h	35h	0.8
24h	4	96h	24h	4.0

Tabel 4.5: Tööde kiirenemine pikkade töödega täidetud klasteri puhul

Teise näite puhul tehakse lühemad tööd griidil hoopis aeglasemalt kui ühe protsessori peal arvutades ja kiirenemise asemel saadakse hoopis 2-3-kordne aeglustumine. Sellise klasterite töötamise puhul loobuvad lühikeste tööde käivitajad vastuste ootamisest ja käivitavad tööd oma lokaalsel masinal.

4.2.3 Näide klastri toimimisest, kui klastris on käimas pikad tööd ning samal ajal saadetakse lisaks hulk lühikesi töid. Kaks protsessorit on reserveeritud lühikeste tööde jaoks.



Illustratsioon 4.4: Klastri protsessorite hõivatus töödega ajas, lühikestele protsessoritele on reserveeritud osa klastrist.

Ühe töö pikkus	Tööde arv	Tööde teostamiseks kuluv aeg ühel protsessoril	Viimase antud seeria töö lõppemise aeg	Kiirenemine kordades
1h	10	10h	5h	2.0
3h	9	27h	20h	1.4
24h	4	96h	48h	2.0

Tabel 4.6: Tööde kiirenemine lühikestele töödele reserveeritud protsessorite olemasolul

Kolmanda näite puhul saavutatakse kiirenemine ning kasutajad saavad vastused mõistliku aja jooksul. Konkreetne klastri järjekordade konfiguratsioon ja vahekord lühikeste ning pikkade tööde osas varieerub käivitatavatate tööde omadustest ning klastrite konfiguratsioone tuleks vajadusel kohandada. Igal juhul peaks klastril saavutama tööde kiirenemiseks vähemalt 1, sel juhul ei tehta töid aeglasemalt kui ühel protsessoril.

4.3 TORQUE pakksüsteemi paigaldamine

Klastri loomiseks tuleb juhtarvutile ja sõlmedele paigaldada pakksüsteem. Antud töös kirjeldatakse Torque pakksüsteemi paigaldamist.

Antud juhend on tõlgitud dokumendist [15] ja kohandatud Eesti Griidi klastritel kasutamiseks.

4.3.1 Lähteteksti allalaadimine

```
$ wget http://www.clusterresources.com/downloads/torque/torque-1.2.0p2.tar.gz
```

4.3.2 Lähteteksti lahtipakkimine

```
$ tar xzf torque-1.2.0p2.tar.gz
```

4.3.3 Torque kompileerimine, failide kopeerijaks määratakse rcp asemele turvalisem scp.

```
$ cd torque-1.2.0p2/  
$ ./configure --with-scp  
[---]  
$ make  
[---]
```

4.3.4 Torque paigaldamine (nõuab root-kasutaja parooli)

```
$ su  
Password:  
# make install  
[---]
```

4.3.5 Torque konfiguratsiooni esmane loomine serveril

```
# /usr/sbin/adduser torque  
# export PATH=/usr/local/sbin:/usr/local/bin:$PATH  
# ./torque.setup torque  
initializing TORQUE (admin: torque@torkija.eenet.ee)  
Max open servers: 4  
Max open servers: 4
```

4.3.6 Torque paigaldamine arvutussõlmil

Selleks peab arvutussõlmes olema juurdepääs Torque lähteteksti kataloogile, näiteks üle NFSi.

```
# cd <torque-src>/src/resmom  
# make install
```

4.3.7 Kliendi käskude paigaldamine arvutussõlmle (pole kohustuslik)

Selleks peab olema juurdepääs Torque lähteteksti kataloogile

```
# cd <torque-src>/src/cmds  
# make install
```

4.3.8 Kui alustatakse uut pakktööd, siis selle sisendfailid kopeeritakse juhtarvutisse sisetamise kataloogist arvutussõlme. Fail pannakse arvutussõlme `$PBSMOMHOME` kataloogi (näiteks `/usr/spool/PBS/spool`). Töö käimise jooksul tekkivad standarväljundi ja standardvea failid (*stdout*, *stderr*) pannakse samuti sellesse kataloogi failidesse nimedega `$JOBID.OU` ja `$JOBID.ER`.

Kui töö lõpetab, siis kopeeritakse failid tagasi juhtarvuti sellesse kataloogi, kust need olid sisestatud. Vaikimisi tehakse seda SSH käsu `scp`⁴ abil, kuid seda on võimalik teha ka läbi jagatud failisüsteemi otse kopeerides, näiteks üle NFS'i koos käsuga `cp`.

Kui klastris on kasutusel jagatud failisüsteem, näiteks NFS, on soovitav faile kopeerida otse selle failisüsteemi kaudu.

NFS-i kasutamiseks tuleb MOM'i konfiguratsioonis määrata `$usecp` suvand.

```
$PBSMOMHOME/mom_priv/config:
$usecp <HOST>:<SRCDIR> <DSTDIR>
```

<HOST> asemel võib olla asendussümbol ('*'). Näiteks:

```
- - - - -
# mom_priv/config
# torkija.eenet.ee:/scratch on mountitud /scratch külge
$usecp torkija.eenet.ee:/scratch /scratch

# /data on NFS failisüsteem, mis on mountitud kõigile masinatele
$usecp */data /data

# Kõigil masinatele on ühtne kodukataloog
$usecp *.eenet.ee:/home /home
- - - - -
```

Kui MOM saa väljund- või veafaile kopeerida tagasi sisestamise kataloogi, siis need failid kopeeritakse saatmata failide kataloogi, mis asub samuti kataloogis `$PBSMOMHOME`.

4.3.9 Kui jagatud failisüsteeme ei kasutata, tuleb kasutada `scp-d`. Kuna masin ei saa parooli sisestada, tuleb PBS'i kasutajatele muuta `scp` (ja `ssh`) ühenduste loomine paroolivabaks. Mõistlik on luua avaliku ja salajase võtme paar ning seda levitada kõigisse klastris masinatesse.

⁴Varem kasutati `scp` asemel `rcp-d`, kuid kuna `rcp` kasutab turvamata kanaleid, on rangelt soovitatav kasutada `scp-d`.

- `> ssh-keygen -t rsa`

Kui küsitakse parooli, siis vajutage lihtsalt "Enter". Kataloogi `~/.ssh` salvestatakse failid `id_rsa` ja `id_rsa.pub`.

- Kopeerige avalik ja salajane võti igasse sõlmsse

```
> scp ~/.ssh/id_rsa ~/.ssh/id_rsa.pub sihtmasin: (sisesta parool)
```

- Loo igas klastrimasinas `~/.ssh/authorized_keys` fail.

```
> ssh sihtmasin (sisesta parool)
> cat id_rsa.pub >> ~/.ssh/authorized_keys
> mv id_rsa id_rsa.pub ~/.ssh
```

Kui puudub kataloog `~/.ssh`, loo see õigustega 700

```
(mkdir .ssh; chmod 700 .ssh)
```

```
$ chmod 600 .ssh/authorized_keys .ssh/id_rsa.pub
```

```
$ chmod 400 .ssh/id_rsa
```

- Konfigureeritakse klastrimasinate SSHD.

Mõnedel klastrimasinatel võib olla avaliku võtmega autentimine keelatud. Selle lubamiseks tuleb kontrollida, kas järgmised suvandid `/etc/ssh/sshd_config` failis on seatud (vajadusel sättida):

```
#sshd_config
#
RSAAuthentication    yes
PubkeyAuthentication yes
```

Kui SSHD konfiguratsioonis tehti muudatusi, tuleb `sshd`'le re-start:

```
> /etc/init.d/sshd restart
```

- SSHD konfiguratsiooni kontrollimine.

Kui SSHD on õigesti konfigureeritud, siis järgnev käsk peab töötama ilma veateadeteta ja parooli küsimata:

```
$ scp sihtmasin:/etc/motd /tmp
```

4.3.10 `pbs_mom` näidiskonfiguratsioon

4.3.11 pbs_sched konfigureerimine

Vaikimisi konfiguratsioonis on määratud `help_starving_jobs true`. See tähendab, et enne ei panda uusi töid käima, kui kaua ootel olevad tööd on käivitunud. Kui klastris on eraldi järjekorrad pikkadele ja lühikestele töödele ja kui pikkas järjekorras kaua käivitamist, siis ei panda ka lühikese järjekorra töid enne käima, kui pikad tööd on käivitatud. Sellise olukorra vältimiseks tuleb määrata `help_starving_jobs false`

```
#sched_priv/sched_config
#
help_starving_jobs      false    ALL
sort_by: shortest_job_first    ALL
```

4.3.12 Arvutussõlmede lisamine serveri konfiguratsiooni.

Selleks tuleb `server_priv/nodes` faili lisada sõlmede nimekiri.

```
#!/usr/spool/PBS/server_priv/nodes
#
arvutaja.eenet.ee
torkija.eenet.ee
```

4.3.13 pbs_mom'i käivitamine arvutussõlmedel

```
> /usr/local/sbin/pbs_mom
```

4.3.14 pbs_server'ile restart

```
> qterm -t quick #(shutdown server)
> /usr/local/sbin/pbs_server #(start server)
> pbsnodes -a #(verify all nodes are correctly reporting)
```

4.3.15 Käivita pbs_sched

```
> /usr/local/sbin/pbs_sched
```

4.3.16 Nüüd on klaster valmis esimese töö vastuvõtmiseks.

Esimese töö käivitamine:

```
$ echo 'sleep 10' | qsub -l nodes=1
```

Töö jälgimine:

```
$ qstat -Q
$ pbsnodes -a
```

5 RESSURSSIDE ÜHENDAMINE GRIIDI

5.1 NorduGrid ARC vahevara näitlik paigaldamine

Kirjeldatakse näitlikku NorduGrid ARC paigaldust vastavalt Lisas 1 toodud juhendile.

5.1.1 Masina nimi `torkija.eenet.ee` on registreeritud DNSis, vastab ka pöördteisendusele.

5.1.2 `/etc/hosts` failis on vastav rida:

```
193.40.0.139 torkija.eenet.ee torkija
```

5.1.3 Kellaaja sünkroniseerimine.

Kellaaja sünkroniseerimise deemon `ntpd` on käivitatud juba installeerimise ajal.

5.1.4 Klatri *front-endi* on loodud kontod `grid` ja `gridadm`.

5.1.5 Kataloogide loomine griiditeenuste toimiseks.

Tegin kataloogid:

```
# mkdir -p /scratch/cache /scratch/grid /SOFTWARE/runtime
# mkdir /var/spool/nordugrid/jobstatus
```

5.1.6 Tehakse tulemüüri augud.

`/etc/sysconfig/iptables` faili lisada read

```
-A RH-Firewall-1-INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 2811 -j
ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 2135 -j
ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp -m tcp --dport 8500:8800 -j ACCEPT
```

Seejärel iptabelitele restart:

```
# /etc/init.d/iptables restart
```

5.1.7 Laetakse alla järgmised paketid:

<ftp://ftp.nordugrid.org/external/globus/2.4.3-16ng/fedora-3/globus-2.4.3-16ng.i386.rpm>

<ftp://ftp.nordugrid.org/external/globus-config/0.27/fedora-2/globus-config-0.27-1.noarch.rpm>

<ftp://ftp.nordugrid.org/external/gpt/3.1/fedora-3/gpt-3.1-4ng.i386.rpm>

<ftp://ftp.nordugrid.org/nordugrid/releases/0.4.5/fedora-3/nordugrid-server-0.4.5-1.i386.rpm>

<ftp://ftp.nordugrid.org/nordugrid/releases/0.4.5/fedora-3/nordugrid-client-0.4.5-1.i386.rpm>

<ftp://ftp.nordugrid.org/nordugrid/releases/0.4.5/fedora-3/nordugrid-ca-utils-0.4.5-1.i386.rpm>

<ftp://ftp.nordugrid.org/nordugrid/releases/0.4.5/fedora-3/nordugrid-gridmap-utils-0.4.5-1.i386.rpm>

Sõltuvuste rahuldamiseks tuleb paigaldada ka

<ftp://ftp.nordugrid.org/external/voms/1.1.39/fedora-3/voms-1.1.39-6ng.i386.rpm>

Eesti Griidi CA failid:

ftp://ftp.nordugrid.org/certificate_authorities/eugridpma/0.28/noarch/ca_EstonianGrid-0.28-1.noarch.rpm

CA sertifikaadile ja linkidele lisaks tuleb tõmmata konfiguratsioonifailid otse Eesti Griidi CA kodulehelt:

<http://grid.eenet.ee/CA/globus-host-ssl.conf.566bf40f>

<http://grid.eenet.ee/CA/globus-user-ssl.conf.566bf40f>

<http://grid.eenet.ee/CA/grid-security.conf.566bf40f>

5.1.8 Pakettide paigaldamine

TÄHTIS! Enne pakettide paigaldamist tuleb keskkonnamuutuja LANG määrata "us"

```
$ export LANG=us
```

Eesti keele kasutamisel annab globus'e paigaldamisjärgne skript vea, kuna ühes globus'e paketi oleval kontroll töötab valesti.

```
test -n "`echo flavor| sed 's/[-_a-zA-Z0-9]//g'`"
```

annab tulemuseks VALE, kuna eesti keele tähestiku järgi asendatakse tähed a-z, kuid v-täht jäetakse asendamata.

Paigaldada paketid

gpt

globus

globus-config

Pärast globuse paigaldamist on soovitatav vaadata /tmp/globus-installog.XXXX, kus XXXX on mingi numbrikombinatsioon. Sellesse faili salvestatakse info paigaldamise käigu kohta.

Paigaldada järgmised paketid:

```
voms
nordugrid-server
nordugrid-client

nordugrid-gridmap-utils
nordugrid-ca-utils

ca_EstonianGrid
```

Eesti Griidi CA konfiguratsioonifailid tuleb kopeerida kataloogi

```
/etc/grid-security/certificates
```

grid-cert-request töö tagamiseks tuleb teha lingid:

```
ln -s certificates/grid-security.conf.566bf40f grid-security.conf
ln -s certificates/globus-host-ssl.conf.566bf40f globus-host-ssl.conf
ln -s certificates/globus-user-ssl.conf.566bf40f globus-user-ssl.conf
```

5.1.9 Seadmesertifikaatide genereerimine.

Seadmesertifikaadi genereerimine NorduGridi tarkvaraga kaasas oleva grid-cert-request'iga ei tööta. Sertifikaadi genereerimiseks kasutage grid-cert-request'i, mis on kohaldatud Eesti Griidile, see on kättesaadav Eesti Griidi veebilehelt.

```
# wget http://grid.eenet.ee/failid/grid-cert-request-EGCA
# chmod u+x grid-cert-request-EGCA

[root@torkija ~]# ./grid-cert-request-EGCA -ca -int -host
torkija.eenet.ee
```

Valida sobiv Sertifitseerimiskeskus:

The available CA configurations installed on this host are:

- 1) 1f0e8352 - /O=Grid/O=NorduGrid/CN=NorduGrid Certification Authority
- 2) 566bf40f - /C=EE/O=Grid/CN=Estonian Grid Certification Authority

Enter the index number of the CA you want to sign your cert request: 2

Using CA: 566bf40f - /C=EE/O=Grid/CN=Estonian Grid Certification Authority

```
----- HOST -----
```

```
/etc/grid-security/hostcert.pem already exists
/etc/grid-security/hostkey.pem already exists
```

```
Using configuration from
/etc/grid-security/certificates/globus-host-ssl.conf.566bf40f
Generating a 1024 bit RSA private key
.....+++++
.....+++++
writing new private key to '/etc/grid-security/hostkey.pem'
```

Sisestage teilt küsitav info. *Country* ja *Organization Name* jätke muutmata ('EE' ja 'Grid'). Nimeks sisestage seadmesertifikaadi puhul masina täisnimi (näiteks torkija.eenet.ee), teenustesertifikaadi puhul eesliide *teenusenimi/* ja seejärel masina nimi, näiteks ldap/torkija.eenet.ee.

```
-----
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a
DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
Country (do not modify) [EE]:
Organization Name (do not modify) [Grid]:
Name (e.g., host.domain.ee or service/host.domain.ee) []:torkija.eenet.ee
```

A private host key and a certificate request has been generated with the subject:

```
/C=EE/O=Grid/CN=torkija.eenet.ee
```

```
-----
The private key is stored in /etc/grid-security/hostkey.pem
The request is stored in /etc/grid-security/hostcert_request.pem
```

Sertifikaaditaotlus seadmesertifikaadile on genereeritud. See tuleb saata Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskusele allkirjastamiseks.

Sertifikaaditaotluse genereerimine LDAP-teenusele toimub sama skeemi kohaselt,

käsureale tuleb lisada võti `-service ldap`:

```
# ./grid-cert-request-EGCA -ca -int -host torkija.eenet.ee -service ldap  
[---]
```

Nimeks sisestage masina nimi koos eesliitega `ldap/`:

```
Country (do not modify) [EE]:  
Organization Name (do not modify) [Grid]:  
Name (e.g., host.domain.ee or service/host.domain.ee) []:  
ldap/torkija.eenet.ee
```

A private ldap key and a certificate request has been generated with the subject:

```
/C=EE/O=Grid/CN=ldap/torkija.eenet.ee
```

```
-----  
The private key is stored in /etc/grid-security/ldap/ldapkey.pem  
The request is stored in /etc/grid-security/ldap/ldapcert_request.pem
```

5.1.10 Allkirjastage seadmesertifikaatide taotlused oma personaalse sertifikaadiga:

```
$ openssl smime -sign -in hostcert_request.pem -out  
torkija_hostcert.smime -signer ~/.globus/usercert.pem -inkey  
~/.globus/userkey.pem  
$ openssl smime -sign -in ldapcert_request.pem -out  
torkija_ldapcert.smime -signer ~/.globus/usercert.pem -inkey  
~/.globus/userkey.pem
```

Saatke allkirjastatud sertifikaaditaotlused aadressile ca@grid.eenet.ee.

5.1.11 Sertifitseerija saatis allkirjastatud sertifikaadid tagasi. Paigaldasin need vastavalt

`hostcert.pem` ja `ldapcert.pem` failidesse:

```
# mv torkija_hostcert.pem.cert /etc/grid-security/hostcert.pem  
# mv torkija_ldapcert.pem.cert /etc/grid-security/ldap/ldapcert.pem
```

5.1.12 Sean paika lubatud griidikasutajate nimekirja. Selleks muudan /etc/grid-security/nordugridmap.conf

```
### Allow all the users from the NorduGrid VO, the default is yes
all_nordugrid_user no

### Strictly require the CA information available for every user entry
require_issuerdn no

# Eesti Griidi virtuaalse organisatsiooni liikmed lingitakse kohaliku
kasutaja
# grid juurde
group http://grid.eenet.ee/VO/Estonian-VO.dn grid

#### DEFAULT LOCAL USER
default_lcluser grid
```

Loon uue grid-mapfile käivitades käsu nordugridmap:

```
# /opt/nordugrid/sbin/nordugridmap
```

Nüüd on failis /etc/grid-security/grid-mapfile kirjas Eesti Griidi virtuaalse organisatsiooni liikmed.

5.1.13 Loon konfiguratsioonifailid ja viin sisse vajalikud muudatused.

```
# cp /opt/nordugrid/share/doc/nordugrid.conf.template /etc/nordugrid.conf
# cp /opt/nordugrid/share/doc/nordugrid-globus.conf.template /
etc/globus.conf
```

Klatri näidiskonfiguratsioon on toodud punktis 5.2.1.

5.1.14 Deemonide käivitamine

```
gridftpd:
> /etc/init.d/gridftpd start
> /etc/init.d/globus-mds start
> /etc/init.d/grid-manager start
```

5.1.15 Klatri jälgimine griidimonitoril ja installatsiooni testimine

```
$ ngtest 1 -c torkija.eenet.ee
```

```
Warning: You're not a member of the NorduGrid VO. You will not be able to
run
```

```

all tests.
Submitting test-job numbers: 1
Client middleware: nordugrid-0.5.25, globus-2.4.3-16ng
Submitting xrsl: &(executable="/bin/echo") (arguments="hello,
grid") (jobName="ngtest-job-1") (stdout="stdout") (stderr="stderr")
(gmlog="gmlog")
CPUtime=5)
Job submitted with jobid
gsiftp://torkija.eenet.ee:2811/jobs/42331115221916909698476
Cluster (torkija.eenet.ee) middleware: nordugrid-0.4.5, globus-2.4.3-16ng

$ ngstat -a
Job gsiftp://torkija.eenet.ee:2811/jobs/42331115221916909698476
  Jobname: ngtest-job-1
  Status: FINISHED

$ ngcat gsiftp://torkija.eenet.ee:2811/jobs/42331115221916909698476
hello, grid

[anton@testsite nordugrid]$ ngclean -a
ngclean: deleting job
gsiftp://torkija.eenet.ee:2811/jobs/42331115221916909698476

$ ngtest 0 -c torkija.eenet.ee -d 1
Warning: You're not a member of the NorduGrid VO. You will not be able to
run
all tests.
Submitting test-job numbers: 0

Client middleware: nordugrid-0.5.25, globus-2.4.3-16ng
Submitting xrsl: &(executable="run.sh") (arguments=5) (inputfiles=("run.sh"
"http://www.nordugrid.org;cache=no/data/run.sh") ("Makefile"
"ftp://ftp.nordugrid.org;cache=no/applications/test/Makefile")
("prime.cpp"
"ftp://ftp.nordugrid.org;cache=no/applications/test/prime.cpp"))
(stderr="primenumbers") (outputfiles=("primenumbers"
"")) (jobName="ngtest-job-0") (stdout="stdout") (gmlog="gmlog") (CPUtime=5)
User subject name: /C=EE/O=Grid/OU=eenet.ee/CN=Lauri Anton
Remaining proxy lifetime: 9 hours, 48 minutes, 53 seconds
Initializing LDAP connection to torkija.eenet.ee
Initializing LDAP query to torkija.eenet.ee
Getting LDAP query results from torkija.eenet.ee
Cluster: EENet Torque (torkija.eenet.ee)
Queue: batch

```

```
Queue accepted as possible submission target with 1 free CPUs
EENet Torque (torkija.eenet.ee) selected
queue batch selected
Assigned job id: 55521115222577811266238
Leaving uploader
Job submitted with jobid
gsiftp://torkija.eenet.ee:2811/jobs/55521115222577811266238
Cluster (torkija.eenet.ee) middleware: nordugrid-0.4.5, globus-2.4.3-16ng
```

5.1.16 Esimene töö on lõppenud

```
[anton@testsite nordugrid]$ ngstat -a
Job gsiftp://torkija.eenet.ee:2811/jobs/55521115222577811266238
  Jobname: ngtest-job-0
  Status: FINISHED
```

5.2 NorduGrid ARCI näidiskonfiguratsioon Eesti Griidis

Lisada soovitavad nordugrid.conf, globus.conf, nordugridmap.conf.

5.2.1 Klatri näidiskonfiguratsioon

/etc/nordugrid.conf:

```
-----
[common]
sessiondir="/scratch/grid"
pbs_bin_path="/usr/local/bin"
pbs_log_path="/usr/spool/PBS/server_logs"
runtimedir="/SOFTWARE/runtime"
cachedir="/scratch/cache"
controldir="/var/spool/nordugrid/jobstatus"
gridmap="/etc/grid-security/grid-mapfile"
hostname="torkija.eenet.ee"
lrms="pbs"
globus_tcp_port_range="8500,8800"

[grid-manager]
gnu_time="/usr/bin/time"
shared_filesystem="yes"
mail="lauri.anton@eenet.ee"
statusowner="yes"
joblog="/var/log/gm-jobs.log"
jobreport="http://testsite.eenet.ee:8000/logger"
```

```

maxjobs="10000 10"
maxload="10 2 5"
securetransfer="no"
localtransfer="no"
defaultttl="86400"
cachesize="1000000000 800000000"
cachedata=""
cacheregistration="no"
tmpdir="/tmp"
maxrerun="2"

[gridftpd]
pluginpath="/opt/nordugrid/lib"
encryption="no"
allowunknown="no"

[gridftpd/my_dir]
plugin=fileplugin.so
path=/topdir
mount="/scratch/grid"
dir="/ nouser read cd dirlist delete create *.* 664:664 mkdir *.* 775:775"

[gridftpd/jobs]
path=/jobs
plugin=jobplugin.so

[cluster]
cluster_alias="EENet Torque"
cluster_location="EE-51004"
cluster_owner="EENet"
cluster_owner="Estonian Grid Project"
clustersupport="lauri.anton@eenet.ee"
lrmsconfig="single job per processor"
homogeneity="True"
architecture="adotf"
opsys="Fedora Core release 3 (Heidelberg)"
opsys="Linux-2.6.9-1.667smp"
opsys="glibc-2.3.3"
nodecpu="AMD Athlon(tm) Processor @ 2134 Mhz"
nodememory="512"
nodeaccess="inbound"
nodeaccess="outbound"
locale="gsiftp://mahutaja.eenet.ee/SE/"
gm_mount_point="/jobs"

```

```
gm_port=2811
```

```
[queue/batch]
queue_name="batch"
scheduling_policy="FIFO"
totalcpus="2"
-----
```

```
/etc/globus.conf:
-----
```

```
[common]
debug_level=1
```

```
[mds]
```

```
provider_path=/opt/nordugrid/libexec
```

```
[mds/gris/provider/nordugrid]
provider=nordugrid
```

```
[mds/gris/registration/ClusterToEstonia]
regname=Estonia
reghn=testsite.eenet.ee
rootdn="nordugrid-cluster-name=torkija.eenet.ee, Mds-Vo-name=local, o=grid"
-----
```

```
/etc/grid-security/nordugridmap.conf:
-----
```

```
all_nordugrid_user no
require_issuerdn no
group http://grid.eenet.ee/VO/Estonian-VO.dn grid
default_lcluser grid
-----
```

5.2.2 Salvestuselemendi konfiguratsioon

Salvestuselemendi konfiguratsioon on sarnane klatri konfiguratsioonile, kuid puuduvad plokid

[grid-manager] ja [cluster].

Allpool on ära toodud plokid [gridftpd] ja [se]:

```
# /etc/nordugrid.conf
#
```

```

[gridftpd]
debug="1"
pluginpath="/opt/nordugrid/lib"
encryption="no"
allowunknown="no"

[gridftpd/my_dir]
plugin="fileplugin.so"
path="/SE"
mount="/raid/storage_element"
dir="/ nouser read cd dirlist delete create *.* 664:664 mkdir *.* 775:775"

[se/SE]
assigned_storage="my_dir"
name="SE"
alias="EENet SE 2T"
hostname="mahutaja.eenet.ee"
gridmap="/etc/grid-security/grid-mapfile"
type="gridftp-based"

```

5.2.3 GIISi konfiguratsioon

GIISi konfiguratsioon asub peaausjalikult failis /etc/globus.conf. Faili/etc/nordugrid.conf tuleb lisada vaid infoserveri nimi:

```

-----
# /etc/nordugrid.conf
#

[common]
hostname="testsite.eenet.ee"
-----

# /etc/globus.conf
#

[common]
debug_level=2

[mds/giis/Estonia]
name=Estonia
allowreg="*.ee:2135"

[mds/giis/Estonia/registration/NorduGridTallinn]
regname=Estonia
reghn=ns.nicpb.ee
-----

```

5.2.4 Loggeri konfiguratsioon

Loggeri konfigureerimiseks tuleb failis `/etc/nordugrid.conf` plokis `[group]` ära määrata sertifikaatide subjektid, kes saavad logida ning lisada plokk `[httpsd]`:

```
# /etc/nordugrid.conf
#

[group]
name=users
subject="/C=EE/O=Grid/OU=eenet.ee/CN=Lauri Anton"

[group/servers]
subject="/C=EE/O=Grid/CN=kriit.eenet.ee"
subject="/C=EE/O=Grid/CN=ldap/kriit.eenet.ee"
subject="/C=EE/O=Grid/CN=anakonda.ebc.ee"
subject="/C=EE/O=Grid/CN=antarctica.mt.ut.ee"
subject="/C=EE/O=Grid/CN=tuff.physic.ut.ee"
subject="/C=EE/O=Grid/CN=earth.physic.ut.ee"
subject="/C=EE/O=Grid/CN=lisa.chem.ut.ee"

[group/admins]
subject="/C=EE/O=Grid/OU=eenet.ee/CN=Lauri Anton"

[httpsd]
debug=1

[httpsd/my_logger]
name=logger
path=/logger
acl_read=users
acl_query=admins
acl_write=servers
sqlcontactsources=/salajane_fail_teises_kataloogis
```

6 ARUTELU

Eesti Griidi seadistamise käigus selgusid ka mitmed kitsaskohad. Olulisemad probleemid on:

- erinevate griidi vahevarade mitteühilduvus;
- ükski olemasolev griidi vahevara pole lõpuni viimistletud ja sisaldab seetõttu veel palju vigu;
- riistvara ebastabiilsus ja rikked;
- puudulik riistvara ja tarkvara monitooring.

Kui rakenduse või kasutaja poolel on realiseeritud ressursside monitooring ja võimalus mitteedukalt lõppenud griiditöid uuesti käivitada, siis ei põhjusta need probleemid erilist arvutusaja kadu ja lisatööd. Eesti Griidi ressursside kvaliteeti tõstaks oluliselt stabiilsema riistvara kasutuselevõtt ja monitooringu parandamine, näiteks süsteemiadministraatorite kohustus kiirelt reageerida oma haldusalas olevate Eesti Griidi klastrite tehnilistele probleemidele.

Eraldi probleemistiku moodustab rakendustarkvara kättesaadavus ja stabiilsus. Hetkel on rakendustarkvara hulk Eesti Griidis väga piiratud.

Eesti Griidis ja ka paljudes teistes griidiprojektides puudub arvepidamine teostatud tööde mahu ja kasutatud ressursside üle. Selline arvestus tuleb tulevikus kindlasti juurutada, sest tasuta ressursse lõputult ei jagata ning peab tekkima süsteem, kus ressursside kasutamise kulud kaetakse. Heaks näiteks on Rootsis arendatav griidi arvepidamissüsteem SGAS⁵ (*SweGrid Accounting System*), mille kasutuselevõttu plaanitakse ka Eesti Griidile.

Käesolev töö keskendus ressursside konfigureerimise kirjeldamisele ning on abivahendiks ressursside administraatoritele. Samas vajavad kasutajad hädasti koolitusi, et õppida griidi efektiivselt kasutama. 2004. a toimus griidialane loengukursus IT-Kolledžis. 2005. a kevadel tutvustati Tartu Ülikoolis kursuse „GRID-tehnoloogia alused“ raames rohkem kui 50 tudengile griiditehnoloogia olemust ja kasutusvaldkondi. Praktikumide käigus, millede juhendamisel osales ka autor, teostati arvutusi Eesti Griidil. Loengute korraldamist tuleb kindlasti jätkata, kuna see toob iga aastaga juurde griidi kasutamise kogemusega spetsialiste.

5 Veebileht: <http://www.pdc.kth.se/grid/sgas/>

Kas oleks saanud Eesti Griidi ehitada mingile muule vahevarale?

Eesti Griid baseerub NorduGrid ARC vahevaral. See vahevara valiti järgmistel põhjustel:

- töötav tarkvara
- hea kasutajatugi ja dokumentatsioon
- avatud arendusmeeskond.

NorduGrid ARC asemel oleks saanud kasutada näiteks otse Globus Toolkiti ja ehitada selle elementidest vajalik griidisüsteem. Samas oleks Globus Toolkiti kasutamine olnud tunduvalt keerulisem, sest poleks olnud võimalik saada tuge Põhjamaade kolleegidelt.

Samuti oleks võimalik olnud kasutada UNICORE, kuid see pole piisavalt hästi toetatud kõrge energia ja osakestefüüsika kogukonnas, seega oleks näiteks KBFI CMS füüsikute rühm olnud sunnitud endale eraldi griidi ehitama. UNICORE paigaldamine on keeruline, samuti on UNICORE arendajate seltskond suletum.

Kolmandaks alternatiiviks oleks olnud CERN poolt arendatav LCG2 vahevara. LCG2 probleemiks oli madalal tasemel kasutajatoetus ja mõningate teenuskomponentide skaleeruvusprobleemid.

Uus tulevikulootus on gLite vahevara. 2005. a märtsis lasti sellest välja esmaversioon. Stabiilset versiooni on oodata 2005. a lõpuks. Eesti Griidi arendajad planeerivad seda kasutada tulevikus paralleelselt NorduGrid ARC vahevaraga, aga lõplik otsus langetatakse testimiste põhjal.

7 KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärk on anda ülevaade griidi- ja klastritehnoloogia valdkonnast, kirjeldada arvutiklastrite seadistamist ja griidi ühendamist kasutades NorduGrid ARC vahevara. Eesti keeles on siiani puudunud korralik ülevaade antud teemast, samuti põhjalikumad juhendid griidi vahevara ja klastrite järjekorrasüsteemide paigaldamise ja seadistamise kohta.

Töö alguses antakse olulisemate mõistete definitsioonid antud valdkonna kontekstis. Lisaks eeldab valdkonnast arusaamine seotud teemade mõistmist, näiteks sertifitseerimine ja ressursside virtualiseerimine jms.

Pärast ülevaadet põhimõistetest ja seotud terminitest kirjeldatakse peatükis 2 arvutiklastrite põhikomponente ja nende ülesandeid. Peatükis 3 antakse ülevaade Eestis kasutatavatest vahevara pakettidest: NorduGrid ARC, UNICORE jt. Antud töös keskendutakse NorduGrid ARC vahevarale, mis on kasutusel Eesti Griidis.

Peatükk 4 kirjeldab klastri tarkvara paigaldamist ja konfigureerimist Torque pakksüsteemi näitel. Peatükis 5 käsitletakse NorduGrid ARC vahevara paigaldamist ja loodud klastri liitmist Eesti Griidiga.

Arutelu osas on välja toodud olulisemad töö käigus tehtud tähelepanekud ja probleemid, mis on seotud Eesti Griidi kasutamisega. Lisaks antakse ülevaade ka põhilistest lähiaja tulevikusuundumustest.

Käesolev lõputöö on valminud praktiliste kogemuste põhjal, mille autor on kogunud osalemisega Eesti Griidi loomisel. Hetkel on Eesti Griid ühendatud 8 klastrit kokku üle 100 protsessoriga ja 2 andmehoidlat kokku 3,5 TB salvestusmahuga. Sellega on Eesti Griid hetkel kõige võimsam instrument universaalsete arvutuste läbiviimiseks Eestis. Teostatud on esimesed suuremad teadusarvutused, mille põhjal on valminud esimene teaduspublikatsioon [5].

8 SUMMARY

The aim of this diploma thesis is to give overview of the cluster and grid technology, to describe the configuration process of a cluster and to connect the cluster to the grid using NorduGrid ARC middleware. The outcome should be the installation instructions of a cluster and grid software. Till this time there has been almost none documentation of cluster and grid technology available in Estonian.

In the beginning of the thesis there is an overview of concepts used in cluster and grid world. Also there is a description of some key concepts of grid, like certification and virtualization of resources.

In chapters 2 there is description of cluster software and components, chapter 3 gives overview of grid middlewares used in Estonia (NorduGrid ARC, UNICORE). This thesis has main emphasis on NorduGrid ARC middleware, because it is used in Estonian Grid.

Chapter 4 gives description of installation process of Torque PBS and of creating a cluster.

In Chapter 5 the cluster will be connected to Estonian Grid using NorduGrid ARC middleware.

Discussion gives main observations of problems, which have occurred during using Estonian Grid. Also the short-term plans for the future.

To sum up, this thesis has been based on real experience, which has been gathered during development of Estonian Grid. In the spring of 2005, there has been connected 8 cluster with more than 100 processors, 2 storage elements with 3.5TB storage. Estonian Grid is currently the most powerful computing resource for scientific calculations. Based on the calculations made on Estonian Grid, the first scientific publication[5] has been accepted for publishing.

BIBLIOGRAAFIA

- 1: Foster, I., Kesselmann, C., *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure Second Edition*, Morgan Kaufmann, 2004
- 2: Teder, H., Anton, L.. *Nordugridi tarkvara ja Eesti Gridi kasutamise*, Arvutimaailm, 2004
- 3: *Teaduse ja tehnika seletav sõnaraamat* , TEA Kirjastus, 1997
- 4: Foster, I., Kesselmann, C., *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure* , Morgan Kaufmann, 1998
- 5: Hektor, A., Anton, L., Kadastik, M., Skaburskas, K., Teder, H. *First scientific results from the Estonian Grid*, <http://arxiv.org/abs/physics/0411024>, 2005
- 6: *Eesti teadus- ja arendustegevuse strateegia "Teadmiste põhine Eesti"*, <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=73322>
- 7: *Minimum CA Requirements*, <http://www.eugridpma.org/>, 2005
- 8: *The Open Group Base Specifications Issue 6, IEEE Std 1003.1* , 2004
- 9: *Portable Batch System Administrator Guide*, <http://www.openpbs.org/>, 2000
- 10: *Torque*, <http://www.clusterresources.com/products/torque/>
- 11: Vainikko, E., *Fortran95 ja MPI* , Tartu Ülikooli Kirjastus, 2004
- 12: *A Globus Primer*, <http://www.globus.org/toolkit/docs/4.0/>, 2005
- 13: *Nordugrid middleware, the Advanced Resource Connector*, <http://www.nordugrid.org/middleware/>, 2004
- 14: Streit, A. jt, *UNICORE - From Project Results to Production Grids*, <http://unicore.sourceforge.net/papers.html>, 2004
- 15: *Torque Quick Start Manual*, <http://www.clusterresources.com/products/torque/>, 2005

LISA 1

NORDUGRID ARC SERVERI PAIGALDAMINE

(Originaal <http://www.nordugrid.org/documents/ng-server-install.htm>, tõlgitud ja kohandatud Eesti Griidi ressursside konfigureerimiseks)

ARC serveri installeerimise juhend: griidiresursi konfigureerimine ja käivitamine

Üldised märkused:

- Klastriresursi (nordugrid-cluster) loomiseks on vaja töötavat arvutusklastrit, millele on paigaldatud kohalik ressurssihaldamise süsteem (*Local Resource Management System*, LRMS). Praegusel hetkel soovitatakse kasutada järgmisi LRMS-e: OpenPBS, PBSPro ja TORQUE (endine ScalablePBS). Samuti sobivad LRMSina kasutamiseks Condor ja N1 Grid Engine (endine Sun Grid Engine, SGE).
- Salvestuselemendi (*Storage Element*, SE) (nordugrid-se) käivitamiseks on vaja Unixi-laadse operatsioonisüsteemiga arvutit koos salvestusruumiga. SE konfigureerimist on allpool eraldi kirjeldatud.
- Antud juhendis kirjeldatakse ainult kõige tüüpilisemat konfiguratsiooni. Vastavalt vajadusele saab konfiguratsiooni muuta.
- Mõned osad antud dokumendist eeldavad algteadmisi griidist ning Globus/GSI terminoloogia tundmist.
- Lisainfot ja NorduGridi arhitektuuri ja komponentide täpse kirjelduse võib leida NorduGridi veebi dokumentide leheküljelt <http://www.nordugrid.org/documents>.

Enne installeerimist:

Üldised nõudmised seadmetele ja vahenditele

Riistvara, operatsioonisüsteemid jne.

NorduGridi vahevara, tuntud ka kui Eesrindlik Ressursiühendaja (*Advanced Resource Connector*, ARC) ei esita kasutatavale riistvarale kuigi suuri nõudmisi. Peaaegu iga 32-bitine arhitektuur sobib, samuti mõned 64-bitised. ARC töötab arvutitel, mille protsessori kiirus on 400MHz või rohkem ja mälu maht 128MB ja rohkem. Kettaruumi on ARC paigaldamiseks vaja 185 MB (Globus Toolkit 150MB, NorduGrid ARC 35 MB). Serverile peab olema tagatud ilma võrguaadressi translatsioonita (*Network Address Translation*, NAT) internetiühendus. Kui kasutatakse tule müüri, peab serverile avama teatud pordivahemiku. Klasterite arvutussõlmed võivad olla nii privaatses kui ka avalikus võrgus.

Juhtarvuti ja sõlmede vahel failide jagamiseks soovitame kasutada jagatud failisüsteemi, näiteks NFSi (*Network File System*). See pole kohustuslik näiteks juhul, kui kohalik ressursihalduse süsteem tagab vajalikud vahendid failide transportimiseks arvutussõlmedele või kui tööd käivitatakse ainult front-end'il. Kohalik mitte-Unix kasutajate (gridikasutajad) autentimine toimub läbi eraldi programmide või dünaamiliselt laetavate teekide abil. Vajadusel tuleb autentimiseks kasutada spetsiaalselt kohaldatud mooduleid.

NorduGrid ARC peaks käima igal süsteemil, millele on olemas Globuse pakett. Praegusel hetkel on ARC testitud vaid GNU/Linux'i erinevaid distributsioonidel: RedHat 6.2 - 9, Fedora 1 - 3, Mandrake 8.0 ja 9.1, SuSE 8.1 - 9.0, Debian 3.0.

Globuse turvainfrastruktuuri (*Globus security infrastructure, GSI*) nõudmised nimesüsteemile (*Domain Name System, DNS*)

Serveri autentimissertifikaadi kasutamiseks peab serveri IP-aadressi reversteisendus andma tulemuseks sama nime, mis on kirjas sertifikaadis.

See tähendab, et DNS reversteisendus masinale, millel töötab GSI-d kasutav teenus, peab olema töötav – vastuseks ei tohi olla "host not found"! Kui serveril on mitu nime või aliaasi, siis tuleks serveri sertifikaat küsida selle nimega, mida kasutatakse reversteisenduses.

Reversteisendus peab töötama kõigi klientprogrammide jaoks, kaasa arvatud neile, mis töötavad serveril endal. Isegi kui serveril ei käivitata kasutajaliidese programme, vajavad GSI autentimist ja reversi töötamist muud teenused, näiteks Grid Manageri poolt käivitavad üles- ja allalaadimisprotsessid

Kuna masina nimi on sertifikaadis täielikult välja kirjutatud, siis peab sama nime väljastama ka reverspäring. Kui kohaliku reverspäringu tegemiseks kasutatakse DNS-i asemel */etc/hosts* faili, siis tuleb masina täisnimi tuleb panna kirja enne masina lühinimesid või aliaseid.

Näiteks kui */etc/hosts* failis on rida:

```
1.2.3.4   torkija   torkija.eenet.ee
```

siis reverspäring masina sees annab vastuseks masina lühinime "torkija", mis ei vasta täisnimele masina sertifikaadis. See rida tuleks muuta selliseks:

```
1.2.3.4   torkija.eenet.ee   torkija
```

Kella sünkroniseerimine

Kuna autoriseerimiseks kasutatakse griidis ajutisi volitusi (*temporary proxies*), on väga oluline sünkroniseerida masina kell mõne usaldusväärse ajaserveriga. Näiteks kui serveri kell on 3 tundi järel, siis server keeldub aktsepteerimast uut volitust esimese 3 tunni jooksul ja seejärel aktsepteerib volitust 3 tundi pärast selle kehtivuse lõppemist. EENeti võrgus kella sünkroniseerimise juhend: <http://www.eenet.ee/EENet/ntp.html>.

Lokaadi sättimine

Enne Globuse ja NorduGridi tarkvara paigaldamist säti vaikimisi keeleks inglise keel:

```
export LANG=us
```

TÄHTIS: Kui kasutada mõnd muud, näiteks eesti keelt, siis töötavad pakketide paigaldamisjärgsed skriptid valesti ja installeeritud tarkvara ei pruugi töötada.

Klastrid:

1. Alustuseks peab griidiga ühendatavasse klastrisse tegema ühe või mitu Unix-kasutajat. Need kohalikud kontod ühendatakse griidi kasutajatega ja Nende kohalike kontode õigustes käivitatakse griidikasutajate tööd. Lihtsaimal juhul piisab sellest, kui luua üks konto, näiteks *grid*, kuid loomulikult võib erinevate griidikasutajate gruppide jaoks luua erinevad kontod. Loodud kontod võib paigutada ühte Unixi gruppi, nii saab kasutada Unixi autoriseerimismeetodeid griidikasutajate piiramiseks.

Kasutajate haldamiseks võib kasutada NIS'i, kuid see pole kohustuslik. Tuleb jälgida, et samal kasutajanimel oleks kõikides sõlmede's sama UID.

2. *Front-end*'is tuleb luua kettaosad, mida griiditeenused saavad kasutada. Tüüpiline konfiguratsioon on toodud tabelis 1 koos näitlike asukohtadega failisüsteemis. NFS näitab, et antud kataloog peab olema kättesaadav ka arvutussõlmedel. Griidi ja vahelao kettaruum on soovitatav paigutada eraldi partitsioonidele või ketastele. Vahelao (*cache*) võib jaotada kaheks alamkataloogiks:

1. "control" alamkataloog reguleerimisfailidele
2. "data" alamkataloog vahelao hoitavatele andmetele

Turvaprobleemide vältimiseks ei peaks *juhtfailide kataloog* olema kaugelt kättesaadav.

Funktsioon	Kättesaadavus	Kirjeldus	Näide
griidiala (nõutav)	NFS	Kataloog, milles hoitakse griiditööde katalooge	/scratch/grid
Vaheladu (soovitatav)	NFS	Kataloog, kus hoitakse mitme töö poolt kasutatavaid sisendfaile	/scratch/cache
Töökeskkonna skriptid (soovitatav)	NFS	Kataloog, kus hoitakse skripte eelpaigaldatud tarkvara töökeskkondade sättemiseks	/SOFTWARE/runtime
Juhtfailide kataloog (nõutav)	Front-end'is	Grid-manageri juhtfailide hoidmise kataloog	/var/spool/nordugrid/jobstatus

Tabel 1: Vajalikud kataloogid

Mõned märkused griidikataloogide kohta: mõne kataloogi puhul võib NFSi asemel kasutada spetsiaalset klasteri konfiguratsiooni. Võimalikke variante on kirjeldatud Grid Manager'i dokumentatsioonis

- Vahelao kataloog ei pea tingimata olema arvutussõlmedele kättesaadav. Kui see pole kättesaadav, siis tuleb konfigurida Grid Manager selliselt, et see kopeeriks vajalikud failid griiditöö kataloogi.
- *Juhtfailide kataloogi pole soovitatav* paigutada kaugel asuvale NFS kettale, kuna NFSi versioonidel on probleeme failide lukustamisega. Kohalikku NFSiga välja jagatud kettaala võib julgelt kasutada. Kui turvalisus on väga oluline, siis peaks vahelao faile linkimise asemel kopeerima.

- Töökeskkondade kataloogi üle NFSi väljajagamise asemel võib vajalikud skriptid paigaldada ka igale arvutussõlmele eraldi.
3. Kontrolli arvutussõlmede võrguühendust. NorduGridi vahevara ei nõua, et klasteri arvutussõlmed oleks otseselt avalikus internetis. Samas, kasutajate programmid võivad sellist võimalust oodata. Sõlmedel võib olla lubatud sisenev (*inbound*), väljuv (*outbound*) või mõlemapidiine liiklus, samas ei pruugi ühendust internetti üldse lubatud olla. Vastav konfiguratsiooniatribuut (*nodeaccess*) tuleks vastavalt sättida.
 4. Tee tulemüür griidisõbralikuks: mõned kindlad pordid ja pordivahemikud peavad serveri jaoks olema avatud. Need nõuded tulenevad Globuse ülesehitusest. NorduGrid ARCi jaoks peavad olema avatud järgmised pordid:
 - MDSi jaoks vaikimisi 2135
 - GridFTP jaoks vaikimisi 2811

lisaks veel pordivahemik GridFTP tarbeks. Pordid 2135 ja 2811 on registreeritud IANA-s (*Internet Assigned Numbers Authority*) ja neid ei peaks muutma. `gridftpd` vaikimisi võimaldab luua kuni 100 paralleelset ühendust; iga ühendus peaks kasutama mitte üle 1 TCP pordi. Kui võtta arvesse, et Linux kipub porte kinni hoidma pärast ühenduse lõppemist, tuleks võimalike portide arvu võtta umbes kolmekordse liiaga. Umbes 300 porti peaks tüüpilise serveri puhul olema piisav. Seega peaks `nordugrid.conf`i `[common]`-seksioonis määrama suvandi `GLOBUS_TCP_PORT_RANGE=9000,9300`

ja see pordivahemik tuleks avada tulemüüris lisaks eelpool mainitud portidele 2135 ja 2811. MDSi pordi numbrit saab `globus.conf` failis muuta suvandiga `GRID_INFO_PORT=`; GridFTP pordi muutmiseks on `nordugrid.conf`i `[gridftpd]` seksioonis suvand `port=`.

5. Konfigureeri pakksüsteem (*batch system*) griidile sobivaks. Enamasti luuakse eraldi tööjärjekord griiditöödele, mille kaudu saab kõigile või mõnele arvutussõlmele töid saata; määratakse ka vajalikud limiidid kasutajatele ja järjekordadele. Lühijuhend PBSi ja Condori konfigureerimiseks leiate NorduGridi lehelt.

Ära kasuta PBSi ruutimisjärjekordi (*routing queues*) – need pole ARCi poolt toetatud!

Salvestuselement

1. Paigalda salvestusseadmena töötama hakkavale masinale Linux. Kui SE hakkab teenindama erinevaid griidikasutajate grupe (või virtuaalseid organisatsioone), on soovitatav kasutada eri gruppidele erinevaid kettaid või partitsioone.

2. Loo griidikontod: pead looma griidi jaoks üks või mitu Unix-kontot. Need kohalikud kontod lingitakse griidi kasutajatega, SE-sse salvestatud failid on nende kontode omad. Lihtsaima lahendusena võib luua vaid ühe konto "grid", samas võib erinevatele kasutajagruppidele teha eraldi kontod. Võib osutada otstarbekaks panna kõik griidikontod ühe Unix-grupi liikmeks.
3. Tee tulemüür griidisõbralikuks: mõned kindlad pordid ja pordivahemikud peavad serveri jaoks olema avatud. Need nõuded tulenevad Globuse ülesehitusest. NorduGrid ARCi jaoks peavad olema avatud järgmised pordid:
 - MDSi jaoks vaikimisi 2135
 - GridFTP jaoks vaikimisi 2811

lisaks veel pordivahemik GridFTP tarbeks. Pordid 2135 ja 2811 on registreeritud IANA-s (*Internet Assigned Numbers Authority*) ja neid ei peaks muutma. `gridftpd` vaikimisi võimaldab luua kuni 100 paralleelset ühendust; iga ühendus peaks kasutama mitte üle 1 TCP pordi. Kui võtta arvesse, et Linux kipub porte kinni hoidma pärast ühenduse lõppemist, tuleks võimalike portide arvu võtta umbes kolmekordse liiaga. Seega umbes 300 porti peaks olema vaikekonfiguratsiooni jaoks sobiv. Seega peaks `nordugrid.conf`i `[common]`-seksioonis määrama suvandi `GLOBUS_TCP_PORT_RANGE=9000,9300`

ja see pordivahemik tuleks avada tulemüüris lisaks eelpool mainitud portidele 2135 ja 2811. MDSi pordi numbrit saab `globus.conf` failis muuta suvandiga `GRID_INFO_PORT=`; GridFTP pordi muutmiseks on `nordugrid.conf`i `[gridftpd]` seksioonis suvand `port=` .

Griidi vahevara leidmine ja paigaldamine:

Klastrite ja salvestuselementide jaoks on vaja üht ja sama serveritarkvara. NorduGridi kodulehe allalaadimisseksioonis leidub kogu vajalik tarkvara (kaasaarvatud välised paketid) lähtekoodina ja ka mitme Linux-distributsiooni jaoks kompileeritud pakettidena. Kompileeritud paketid on kas RPMi või tar-arhiivi kujul. RPM on eelistatud installeerimismoodus mitmete distributsioonide jaoks.

NorduGrid ARC vahevara vajab tööks mitmeid väliseid pakette, tähtsaim neist on *Globus Toolkit 2 (GT2)*. Antud juhend käsitleb ainult Globuse paigaldamist; muud sõltuvused on kirjeldatud ARC-i kompileerimise instruktsioonis. *Globus Toolkit* ise vajab tööks paketti *Grid Packaging Tools (GPT)*.

1. Paigalda NorduGridi versioon GT2-st (soovitavalt viimane väljalase) oma süsteemile. Selleks lae alla ja paigalda järgmised paketid antud järjekorras:
 1. Grid Packaging Tools (GPT)

2. Globus Toolkit 2 (GT2)

Selleks mine NorduGrid Downloads lehele ja vali sektsioonist "External software" paketid `gpt`, `globus`. NorduGrid pakub GT2 kompileeritud pakettidena (RPMid või tar-arhiivid) mitmetele Linux-distributsioonidele, samuti on saadaval lähtetekst muudele süsteemidele paigaldamiseks. Detailed juhendid paigaldamiseks või kompileerimiseks leiad dokumendist "*Specifics of the NorduGrid release of the Globus Toolkit 2*". Vaikimisi paigaldatakse GPT ja Globus kataloogidesse `/opt/gpt` ja `/opt/globus`. Vastavalt seatakse ka keskkonnamuutujad `GLOBUS_LOCATION` ja `GPT_LOCATION`.

Osadel süsteemidel tuleb paigaldada ka mõned Perl-i paketid; need on leitavad allalaadimise lehel "External Software" sektsioonis. Kuigi on võimalik kasutada ka muid Globuse distributsioone, soovitatakse siiski kasutada NorduGridi Globust, kuna selles on tehtud mõned olulised parandused ja see võimaldab paigaldada NorduGrid ARC vahevara juba kompileeritud pakettidena. NorduGridi Globuses tehtud muudatused on kirjas eelpool nimetatud dokumendis "*Specifics of the NorduGrid release of the Globus Toolkit 2*". Lisks võib tekkida ettenägematuid probleeme, kui ei kasutata `globus-config` paketi olemasolevaid konfiguratsioonivahendeid. Kui kasutad mõnd muud Globuse distributsiooni, pead NorduGridi tarkvara paigaldama lähtekoodist ja kompileerima selle vastavalt Globuse paigaldusele.

2. Kontrolli, et vajalikud välised sõltuvused oleks rahuldatud; vajadusel lae alla ja paigalda puuduvad paketid.
3. Lae NorduGridi lehelt alla ja paigalda NorduGridi vahevara paketid. Selleks vali "NorduGrid middleware" sektsioonist "releases". Samas sektsioonis on ka "nightly" ja "tags", need viitavad arendusversioonidele. Reaalseks tööks kasuta "releases"-versioone! Kindlasti läheb vaja `nordugrid-server` paketti; `nordugrid-client`, `nordugrid-devel` ja `nordugrid-doc` on soovitatavad, kuid mitte nõutavad. Kliendipakett `nordugrid-client` on soovitatav siiski paigaldada, selle abil on hea serveri paigaldust kontrollida. Sõltuvuste rahuldamiseks võib tarvis olla mõnede väliste pakettide paigaldamist.

NorduGrid ARC vahevara re-kompileerimine mõne olemasolevale Globuse installatsioonile.

Detailsete juhendid NorduGrid ARC'i kompileerimiseks leiad "*NorduGrid ARC Middleware Build Procedure*".

1. Kontrolli, kas keskkonnamuutujad `GLOBUS_LOCATION` ja `GPT_LOCATION` on seatud vastavalt Globuse paigaldusele. Vaikimisi peaks need olema `/opt/globus` ja `/opt/gpt`.

2. Kontrolli, kas kõik sõltuvused muudest pakettidest on rahuldatud; vajadusel paigalda puuduvad paketid.
3. Võta NorduGridi lehelt "Nordugrid Toolkit" sektsioonist "releases" või "tags" versiooni lähteteksti RPM `nordugrid-<x.y.z-1>.src.rpm` ja kompileeri see käsuga `rpm --rebuild nordugrid-<x.y.z-1>.src.rpm`
4. Muidugi võib valida ka traditsioonilise paigaldusviisi, milleks tuleb alla laadida tar-arhiiv `nordugrid-<x.y.z>.tar.gz` ja kasutada tuntud käske:

```
cd nordugrid-<x.y.z>
./configure
make
make install
```

griidi Turvainfrastruktuuri loomine: sertifikaadid, autentimine ja autoriseerimine

Loe antud sektsiooni tähelepanelikult, kuna sinu konfigureeritav server ei saa töötada ilma kehtivate isikut tõendavate dokumentideta.

Järgnev käib nii klastrite kui ka salvestuselementide kohta. Lisaks võib abi olla "*Grid Certificate Mini How-to*" lugemisest.

1. Masinale on vaja sertifikaate, mis on väljastatud regionaalse Sertifitseerimiskeskuse (*Certification Authority*, CA) poolt. Minimaalselt on vaja host-sertifikaati, kuid soovitav on hankida sertifikaat ka LDAP-ile (ehk MDSile). Sertifikaaditaotluse genereerimiseks on vaja paigalda masinasse CA sertifikaadid ja konfiguratsioonifailid, need on saadaval NorduGridi lehel "CA certificates" seksioonis. Sertifikaaditaotluse genereerimiseks on vaja selle CA faile, millele on plaanis taotlus saata (CA sertifikaati, konfiguratsioonifaile). Kui ressurss asub Põhjamaades, paigalda `certrequest-config` pakett NorduGrid Downloads lehe "CA certificates" seksioonist. See sisaldab vajalikke konfiguratsioonifaile taotluste genereerimiseks Põhjamaade kasutajatele ja ressurssidele. Kui asud väljaspool Põhjamaid, võta ühendust oma kohaliku CA-ga. Eesti Griidi CA konfiguratsioonifailid on saadaval aadressilt <http://grid.eenet.ee/CA>. Genereeri masina- ja LDAPi sertifikaadi taotlus `grid-cert-request`'i abil.

```
grid-cert-request -host masina.nimi.ee
```

```
grid-cert-request -service ldap -host masina.nimi.ee
```

Saada taotlused piirkondlikule CA-le allkirjastamiseks. Mõne aja jooksul saadab CA allkirjastatud sertifikaadid, salvesta need sobivasse kohta (vaikimisi `/etc/grid-security`). Kontrolli, et nende failide omanikuks on `root`, privaatsed võtmed on loetavad ainult `root` kasutajale ning ühelgi failil pole käivitamisõiguseid.

2. Mõtle läbi autentimispoliitika: otsusta, milliseid sertifikaate antud ressurss aktsepteerib. Vaja on kõigi nende CA-de sertifikaate, milliste poolt allkirjastatud sertifikaatidega kasutajad ja ressursid antud ressurssi kasutama hakkavad. Näiteks kui NorduGridi CA poolt antud sertifikaadiga serverit kasutab Eesti Griidi CA sertifikaadiga kasutaja ning ta vajab andmeid Slovakkia masinast, siis peavad serveris olema NorduGridi, Eesti ja Slovakkia sertifitseerimiskeskuste sertifikaadid. Väga soovitav on saada CA sertifikaadid otse CA enda käest näiteks veebilehelt või e-posti teel. Lihtsam on võtta NorduGridi Download lehe "CA certificates" seksioonist vastava CA sertifikaati sisaldava paketi ja paigaldada see masinale, kuid neid sertifikaate ei tohi käsitleda usaldusväärsetena. Enne CA paketi paigaldamist on soovitav kontrollida CA usaldusväärset ja lugeda CA toimimisekirjeldust (*CA policy*).

3. Sertifitseerimiskeskused peavad tegema kättesaadavaks nimekirja tühistatud sertifikaatidest (*Certificate Revocation List*, CRL). Iga teenuse haldaja on kohustatud kontrollima CRL-e ja peab keelduma teenuse osutamisest, kui kasutaja või serveri sertifikaat on tühistatud. Kui CRL-e ei uuendata, võib see tekitada turvaprobleeme. NorduGridil on olemas vahend automaatseks CRL-ide uuendamiseks. Soovitatav on paigaldada `nordugrid-ca-utils` pakett, mis on samuti saadaval NorduGrid Downloads lehelt "NorduGrid Toolkit" sektsioonist. See programm uuendab perioodiliselt CA-de tühistusnimekirju.
4. Sea korda autoriseerimistingimused: otsusta, millised griidi kasutajad või kasutajate grupid (virtuaalsed organisatsioonid) saavad antud ressursi kasutada, ja defineeri griidi- ja kohalike kasutajate vahelised kattuvused. NorduGrid pakub eraldi vahendit griidikasutajate nimekirjade uuendamiseks. Soovitatav on paigaldada pakett `nordugrid-gridmap-utils`, mis on saadaval NorduGrid Download lehe "NorduGrid Toolkit" sektsioonist. Pärast paigaldamist tuleb viia sisse vajalikud muudatused konfiguratsioonifaili `/etc/grid-security/nordugridmap.conf`. Vajadusel loo `/etc/grid-security/local-grid-mapfile` (faili nime saab `nordugridmap.conf`-is muuta), kuhu pane kirja vastavused griidi ja kohalike kasutajate vahel. Rohkema info saamiseks loe NorduGrid VO kirjeldavat dokumenti "*Description of the NorduGrid Virtual Organization*".

TÄHTIS: vastavuste haldamiseks on kaks võimalust: seda saab teha käsitsi `/etc/grid-security/grid-mapfile` muutes või `cron`'ist käivitatava `nordugrid-gridmap-utils` skripti kasutades. Teisel juhul sünkroniseerib skript griidikasutajate nimekirja tsentraalsete kasutajanimekirjadega. Kui paigaldad `nordugrid-gridmap-utils` paketi, siis pead muutma vaid `nordugridmap.conf`i ja vajadusel ka faili `local-grid-mapfile`: `nordugridmap` skript kirjutab `/etc/grid-security/grid-mapfile` igal käivitamisel üle!

Griidiresursi konfigureerimine

Järgmiseks sammuks on ressursi konfigureerimine. Nii arvutusklatri kui ka salvestuselemendi käivitamiseks tuleb muuta mõningaid faile. Konfiguratsioonifailide sisu parameetrite tähendust on kõige täpsemalt kirjeldatud ja seletatud konfiguratsioonifailide mustandites. Konfiguratsioonifailid koosnevad plokkidest, millest igaüks on pühendatud mõne klatri või SE teenuse kirjeldamiseks.

Kui teenuseploki konfiguratsioonifailis pole, siis seda teenust ei käivitata.

Lisainfo saamiseks loe dokumenti "*Configuration and authorisation of ARC (NorduGrid) Services*".

Kui paigaldasid ARC-i mõnel mitte-standardisel moel või mitte-RedHati-laadsele süsteemile, siis palun järgi juhendit "*ARC Services Relocation Instructions*".

1. Loo oma `/etc/nordugrid.conf`. Mustandi leiad vaikimisi paigalduse korral

`/opt/nordugrid/share/doc/nordugrid.conf.template`. `nordugrid.conf`-is on kirjas suvandid järgmiste põhiteenuste ja protsesside jaoks:

- GridFTP server
- Grid Manager
- tööde vastuvõtmise ja käivitamise liides
- salvestuselemendid
- informatsioonijagajad

2. Loo `/etc/globus.conf`. Mustandi leiad vaikimis paigalduse korral

`/opt/nordugrid/share/doc/nordugrid-globus.conf.template`. `globus.conf`-is konfigureeritakse infosüsteemi teenused:

- OpenLDAP server ja abiteenused (GRIS, GIIS)
- Infovahetamise protsessid (GRIS'i ja GIIS'i vahel, GIIS'i ja GIIS'i vahel)

Kui antud ressurs on plaanis liita NorduGridiga, siis on vaja NorduGrid GIIS Information lehelt vaja leida oma maa GIIS ja see kirjutada `globus.conf`-i. Eesti puhul võib kasutada kahte GIISi: `ns.nicpb.ee`(Tallinnas) ja `testsite.eenet.ee`(Tartus).

3. Kui ARC on paigaldatud mõnel mitte-standardisel moel, siis tuleb kontrollida, kas

`/etc/sysconfig/nordugrid` ja `/etc/sysconfig/globus` failides olevad keskkonnamuutujad on korrektsed. Lisainfot saab dokumendist "*ARC Services Relocation Instructions*".

4. Soovi korral võid paigaldada oma klastrile töökeskkonnad (*Runtime Environments*).

Töökeskkonna paigaldamine tähendab seda, et klastrile paigaldatakse mingi tarkvarapakett nii, et see on kättesaadav ka arvutussõlmedel, ja vastava paketi kasutamiseks vajalikud eeltööd tehakse ära töökeskkonna ettevalmistamise skriptiga (*Runtime Environment initialization script*). See skript tuleb panna töökeskkondade kataloogi (näiteks `/SOFTWARE/runtime`).

Käivitamise skriptid, teenused, logifailid, vigade otsimine, testimine

Kui uus serverile on NorduGridi tarkvara edukalt paigaldatud ja konfigureeritud, tuleb käivitada järgmised teenused:

- Käivita GridFTP server:
`/etc/init.d/gridftpd start`
- Käivita informatsioonisüsteemi LDAP-server ja infovahetusprotsessid:
`/etc/init.d/globus-mds start`
- Käivita Grid Manager daemon (salvestuselemendis pole tarvis):
`/etc/init.d/grid-manager start`

Grid Manager ja GridFTP daemonid võivad töötada suvalise konto õigustes (kasutatava konto saab määrata `nordugrid.conf`is). LDAP-server vajab töötamiseks root-õiguseid. Samuti vajavad administraatori õiguseid käivitamiskriptid, kuigi Grid Manager ja GridFTP daemonid ise töötavad ka privilegieerimata konto õigustes. Masina ja teenuste sertifikaadid peavad olema nende kontode omad, kelle õigustes Grid Manager ja GridFTP käivitatakse.

2. Logifailidesse laekub info teenuste toimimise kohta:

- Informatsioonisüsteem salvestab logi failidesse `/var/log/infoprovider.log` ja `/var/log/globus-mds.log`
- `gridftpd` kasutab logifailiks `/var/log/gridftpd.log`, deemoni jutukust saab sättida `nordugrid.conf`-is.
- Grid Manager kasutab üldise sisuga teadete jaoks `/var/log/grid-manager.log`, griiditööde kohta salvestatakse info `/var/log/gm-jobs.log`

Logifailide salvestamine mingi muu nime alla või teise kataloogi ei pruugi täiesti valutult töötada, samuti võib tekkida probleeme logide roteerimisega. Käivituskriptid salvestavad info vigade kohta *syslogi*, seega kui teenus ei käivitunud, siis võib sellekohase teate leida mõnest *syslogi* failist, tõenäoliselt `/var/log/messages`. Kui aga teenus on käima läinud, lähevad veateated konkreetse teenusega seotud logifaili. Globus MDS (infoteenus) salvestab veateated lisaks logifailile ka *syslogi*. Seda, kuhu *syslogi* läinud veateated salvestatakse, saab määrata *syslogi* konfiguratsiooni kaudu. Näiteks võib `syslog.conf`'i lisada rea:

```
local4.*          /var/log/mds-debug.log
```

3. Informatsiooni saamine vigade kohta: nii `nordugrid.conf`is kui ka `globus.conf`is saab sättida deemonite jutukuse taset ja samuti saab lubada koorikute (*core dump*) tekkimist. Kui mõni teenus kipub katki minema, proovi tekitada koorikuid. Grid Manageri, `gridftpd` ja `slapd` daemonid on kompileeritud koos veainfoga (*non-stripped*). NB! Deemonide jutukuse suurendamine vähendab tunduvalt deemonite töökiirust, seega tuleks normaalolukorras kasutada vaikumisi jutukusetaset.

4. NorduGridi kliendiga tuleb kaasa vahend `ngtest`. Kasuta seda arvutusressursi testimiseks. Vahendiga saab läbi proovida mitmed lihtsamad juhud, näiteks lihtsad arvutused koos failid alla- ja üleslaadimisega. Täieliku nimekirja võimalikest testidest saad käsuga

```
ngtest -list-cases
```

Enne töö klastrile saatmist peab sul olema kehtiv kasutajasertifikaat ja sa pead olema genereerinud kehtiva volituse (*proxy*) ja lisaks peavad olema vajalike CA-de failid. Lisainformatsiooni sertifikaatide, volituste ja CA-de kohta leiad dokumendist "*The NorduGrid User Guide*". Uue serveri esimeseks testimiseks käivita oma serveril test number 1:

```
ngtest 1 -c <masin.domeen.ee> -d 1
```

See käivitab kõige lihtsama griiditöö, mis standardväljundisse kirjutab "hello, grid". Kui esimene test lõpeb edukalt, on soovitav käivitada vaikimisi test (numbriga 0):

```
ngtest -c <masin.domeen.ee> -d 1
```

See käivitab üsnagi keerulise griiditöö, mis sisaldab failide saatmist arvutusklastrile (sisendfailid tõmmatakse kohale mitmest kohast ja pannakse vahelattu), väikese programmi kompileerimist ja käivitamist testarvutuse tegemiseks. Valmis töö saab alla laadida käsuga

```
ngget -a d 1
```

`ngtest`'i kohta saab rohkem infot `ngtest`'i man-leheküljelt. Salvestuselemendi testimiseks saab kasutada GridFTP klienti `gsincftp`. Käsk

```
gsincftp gsiftp://<masin.domeen.ee>
```

avab FTP-ühenduse salvestuselementi. Autentimine toimub griidi turvasüsteemi kasutades (*Grid Security Infrastructure, GSI*). Salvestuselemendi kasutamine sarnaneb hariliku FTP-serveri kasutamisega.

LISA 2

GRID-CERT-REQUEST'ILE TEHTUD TÄIENDUS

Globus'e pakettis sisalduv grid-cert-request'iga ei saa genereerida sertifikaaditaotluseid Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskusele.

Sisuliselt eeldab grid-cert-request, et seadmesertifikaadi genereerimisel pole vaja interaktiivselt andmeid sisestada, peaks piisama käsureal antud suvanditest. Paraku annab grid-cert-request Eesti Griidi Sertifitseerimiskeskuse ja ka näiteks NorduGrid CA jaoks sertifikaaditaotlust tehes vea. Alternatiivina võiks sisestada vajalikud suvandid käsitsi, kuid see on mõeldud vaid füüsiliste isikute sertifikaatide loomiseks.

Viisin skripti sisse mõned parandused, et käsitsi lubataks täita ka seadmesertifikaadi taotlust. Täiendatud versioon on kättesaadav aadressilt <http://grid.eenet.ee/failid/grid-cert-request-EGCA>.

Allpool on ära toodud erinevused NorduGridi ja EGCA grid-cert-request'ide vahel:

```
$ diff grid-cert-request grid-cert-request-EGCA
283a284
>             echo "----- USER -----"
285a287
>             echo "----- HOST -----"
576a579,583
> if test "${SERVICE}" = "user" ; then
>     used_config="${SSL_USER_CONFIG}"
> else
>     used_config="${SSL_HOST_CONFIG}"
> fi
580c587
<             -config ${SSL_USER_CONFIG} ${NO_DES}
---
>             -config ${used_config} ${NO_DES}
584,588d590
<     if test "${SERVICE}" = "user" ; then
<         used_config="${SSL_USER_CONFIG}"
<     else
<         used_config="${SSL_HOST_CONFIG}"
<     fi
725d726
<
752a754
>
```

LISA 3

VEATEATED JA NENDE TÄHENDUS

Klastri- ja griiditarkvara paigaldamisel tuleb ette mitmeid veateateid, mille järgi vea otsimine on keeruline. Toon mõned näited.

1. Torque'i paigaldamise järel testtööd saatmise järel tuleb e-mail, mille sisuks on:

```
Unable to copy file 39.torkija..OU to
torkija.eenet.ee:/home/anton/torque_test/script_for_qsub.o39
>>> error from copy
Host key verification failed.
lost connection
>>> end error output
Output retained on that host in: /usr/spool/PBS/undelivered/39.torkija..OU
```

Selle põhjustab torkija fingerprindi puudumine known-hosts failis. Logida sõlme sisse ja teha sisselogimine torkijasse, seejärel hakkab failide tagasikopeerimine tööle.