

ОБЗОР ВЪРХУ КОМПОЗИРАНЕ НА ПРОЦЕСИ ОТ ФИЗИКАТА НА ВИСОКИТЕ ЕНЕРГИИ В ГРИД

Радослава Горанова

Анотация: Гридът е софтуерна и хардуерна инфраструктура, разпределена между различни институции и организации, но обект на децентрализиран контрол. Тя предоставя достъп до изчислителни ресурси, дисково пространство за съхраняване и трансфер на данни, достъп до услуги и сензори. Софтуерът, който предоставя възможност за управление и достъп до Грид ресурси се нарича Грид среда. От изключително значение е средата да предоставя услуги за композиция – изпълняване на бизнес процеси. Такава услуга все още няма специфицирана, което налага реализирането на рамка за специфициране на бизнес процеси от физиката на високите енергии, генерирането им и изпълнението им в грид среда.

Ключови думи: Ориентирана към услуги архитектура, Грид, Грид услуги, Грид приложения

REVIEW OF PROCESS COMPOSITION OF HIGH ENERGY PHYSICS IN GRID

Radoslava Goranova

Abstract: Reviewed is the topic of process composition in Grid in the field of high energy physics. The Grid is a software and hardware infrastructure, distributed among different institutions and organizations. The infrastructure provides unlimited access to CPU power, HDD space, services and sensors. The software that manages the Grid resources and provides clients with Grid access is the Grid middleware. It is strategically important for the Grid middleware to provide business process composition services. Such a service has not been defined or specified. A framework in Grid middleware for specification of business process in high-energy physics is needed in order to enable process generation and process execution.

Key words: Service-oriented architecture, Grid, Grid services, Grid application

ВЪВЕДЕНИЕ

Физика на елементарните частици е дял от физиката, занимаващ се с градивните елементи на материята и взаимодействията помежду им. Нарича се още физика на високите енергии, защото учените използват високоенергийни ускорители за изучаване на частиците. Пример за такива ускорители са LHC и SPS.

The Large Hadron Collider (LHC) е най-големият и мощен ускорител на частици в света, който се намира в Европейския център за ядрени изследвания (CERN). Той е предназначен за ускоряване на протони и тежки йони. При работа на ускорителя се генерират годишно данни от порядъка на 10 петабайта информация. Тези данни се достъпват и анализират от хиляди учени по света.

The Super Proton Synchrotron (SPS) е вторият по големина ускорител в CERN. Той ускорява протони, като също така извършва предварително ускоряване на частиците за сблъсък на снопове в LHC. Учени използват SPS, за да проучат вътрешната структура на протоните, да измерват разпада на частици, да изследват въпросите свързани с преимуществото на материята над антиматерията.

Във връзка с тези съоразения са разработени експерименти, като всеки от тях изследва различни физични задачи.

- ALICE (A Large Ion Collider Experiment) изучава физиката на силно ядрено взаимодействие при екстремални плътности, при което се очаква формиране на ново състояние на материята - кварк-глюонна плазма.
- ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) изучава структурата на материята и основните сили, които формират Вселената.
- CMS (Compact Muon Solenoid) изследва съществуването на бозона на Хигс и доказателство за суперсиметрията.
- LHCb е експеримент, който изучава нарушаването на зарядовата симетрия и комбинираната четност. Този ефект може да е причина за нарушаване на баланса материя/антиматерия при създаването на Вселената.
- NA62 е експеримент, чиято цел е да измери много рядък каонен разпад.

В резултат на сблъсъка на високоенергийните снопове от протони или тежки йони се генерират “събитията”. Те подлежат на интензивни симулационни изследвания и статистически анализи. За обработката и съхраняването на генерираните данни са необходими петабайтове харддисково пространство и голяма изчислителна мощ, която нито една институция или организация не може да осигури. Това налага използването на инфраструктура, която да предоставя надежден достъп до неограничени изчислителни ресурси и харддисково пространство. Такава инфраструктура е Гридът.

ГРИД

Гридът е софтуерна и хардуерна инфраструктура, разпределена между различни институции и организации, която предоставя достъп до изчислителни ресурси, дискови пространства за съхраняване и трансфер на данни, услуги и сензори. Въпреки своята разпределеност, Гридът не е обект на централизиран контрол, т.е. достъпът до ресурсите не се контролира от една институция или организация.

За първи път терминът Грид е въведен през 1998 година от Карл Кеселман и Ян Фостър в тяхната книга „The Grid: Blueprint for a new computing infrastructure”. В (Foster & Kesselman 1998) авторите дефинират изчислителния Грид като „софтуерна и хардуерна инфраструктура, предлагаща надежден, консистентен, всеобхватен и евтин достъп до високопроизводителни изчислителни ресурси”.

По късно тази дефиниция е допълнена във (Foster 2002) с описанието “координирано споделяне на ресурси за изпълняване на задачи в рамките на динамични виртуални организации”. Ключово в допълнението към дефиницията за Грид от 1998 година е, че споделянето на ресурси е „координирано”, т.е. договорено, между участващите страни, доставчиците на ресурси и потребителите. Ясно е дефинирано какъв ресурс се споделя, кой го споделя и какви са условията, при които става споделянето. Под споделяне на ресурси, авторите имат предвид не просто обмен на файлове, а директен достъп до компютри, софтуер, данни и сензори с цел използването им за решаване на общи научни или индустриални проблеми и задачи.

Групата от хора, институции и научни организации, които се дефинират според правилата за споделяне на ресурси, се нарича виртуална организация (ВО). Потребителите, принадлежащи на една ВО, споделят общи цели и интереси, изследват еднакви проблеми и използват един софтуер. Пример за виртуални организации са:

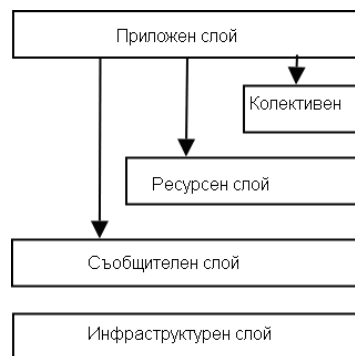
- Множеството от всички потребители от Югоизточна Европа (SEEGRID)
- Множеството от всички потребители, които се занимават с анализ на данни и симулация на събития от физиката на високите енергии (ATLAS, CMS)
- Множеството от всички потребители, които изследват човешкия геном или търсят нови лекарства (BIOMED)

Един потребител може да бъде член на повече от една виртуална организация, според ролята и задачите, които изпълнява.

Според (Foster 2002), една система е Грид, ако отговаря на следните критерии:

- Да предоставя координирано използване на ресурси, които не са обект на централизиран контрол. Гридът е система, която интегрира и координира ресурси и потребители, които са част от различни домейни.
- Да използва отворени стандарти, протоколи и интерфейси. Гридът е система, изградена от протоколи и интерфейси, които реализират удостоверяване, авторизация, откриване на ресурси и достъп до ресурси. Тези протоколи са стандартни и отворени.
- Да предоставя нетривиални качествени услуги. Гридът позволява част от неговите ресурси да бъдат използвани по координиран начин, за да доставя различни качествени услуги, с добро време на отговор, сигурност и наличност. Целта е да се посрещнат нуждите на потребителя, така че ползата от цялата система да е по-голяма от използването на отделните ѝ части поотделно.

Представената от (Foster & Kesselman 1998) архитектура за Грид е протоколна. Авторите дефинират Грид архитектурата, като специфицират основни системни компоненти и връзката между тях. Протоколите дефинират базови механизми за взаимодействие на потребителите с Грид ресурсите. Предложената Грид архитектура се състои от пет слоя (Фигура 1):



Фигура 1. Грид архитектура

- Инфраструктурен слой - предоставя изчислителни ресурси, системи за съхраняване на данни, каталози, мрежови ресурси и сензори.
- Съобщителен слой - предоставя единична точка на свързване, функционалност за делегиране на права и интеграция с локални решения за сигурност.
- Ресурсен слой - предоставя протоколи за управление на ресурсите и информационни протоколи.
- Колективен слой – предоставя услуги: директорни услуги, брокер-услуги, услуги за мониторинг и диагностика, услуги за репликация на данни. Колективният слой също предоставя и проложно-програмни интерфейси (API) и средства за разработване на софтуер (SDK), които Грид приложенията могат да използват.
- Приложен слой - обхваща приложения, разработени посредством приложно-програмните интерфейси за достъп до Грид ресурсите.

Софтуерът, който имплементира Грид архитектура и предоставя възможност за управление и достъп до Грид ресурси, се нарича Грид среда (Grid middleware). В зависимост от начина, по който е реализирана, Грид средата може да бъде ориентирана

към услуги, частично ориентирана към услуги или неподдържаща ориентация към услуги.

ОРИЕНТИРАНА КЪМ УСЛУГИ АРХИТЕКТУРА

Ориентираната към услуги архитектура (Erl 2005) е архитектурен модел, който се прилага при изграждане на системи и приложения. Основна характеристика на модела е разделяне на автоматизираната логика на системата на добре обособени логически единици, които да могат да бъдат самостоятелно използвани и независими една от друга. В термините на ориентирана към услуги архитектура, такива логически единици се обозначават като услуги.

Услугата се дефинира посредством описание. В описанието се съдържа информация за протоколите за достъп до услугата, името на услугата и типа на данните, които може да обменя при взаимодействие.

Това, което отличава ориентираната към услуги архитектура от други архитектури е начинът на проектиране на трите основни елемента на модела: услуга, описание и съобщение. Ориентираният към услуги подход предполага спазването на определени правила, чрез които се дефинира позицията и дизайнът на услугите. Подходът се базира на следните принципи:

- Договор - Услугите изразяват целите си и функционалността, която скриват, посредством Договор. Този принцип гарантира, че логиката на услугите и функционалността, която те излагат е описана еднозначно. Договорът на услугата се състои от група от документи, всеки от които описва част от услугата. Той се споделя между услугите. От голямо значение при дизайна на Договора е прецизно да се опише услугата, като се специфицират семантиката, типовете данни и политиките за достъп на услугата.
- Слаба свързаност - Този принцип позволява логиката, която услугите скриват, да бъде променяна, без това да се отрази или минимално да повлияе върху другите услуги. Слабата свързаност гарантира независимо проектиране и допълване на логиката на услугата. Това позволява услугите да бъдат по-лесно композирани и повторно използвани.
- Абстракция - Прилагането на този принцип гарантира скриване на логиката на услугата. Абстракцията позволява услугите да се разглеждат като черни кутии, като скрива детайлите от външния свят и показва определена функционалност. Единственият документ, който съдържа достъпната и публична информация за функционалността на услугата, е Договорът. Така, чрез спазване на принципа за Абстракция, услугите изнасят публично единствено логиката, която е описана в документите на Договора, а всяка друга логика е скрита и недостъпна отвън.
- Композиция - Способността за изграждане на композиция от услуги е изключително важна, особено при разработването на по-сложни приложения. Този принцип гарантира, че услугите могат да участват в композиция. Тази композиция от услуги също е услуга. Процесът на композиране на услуги може да е рекурсивен. Той може да включва както съществуващи услуги, така и композиции от услуги.
- Повторна употреба - Този принцип подчертава позицията на услугите като ресурс с функционален контекст. Принципът за повторна употреба задължава услугите да бъдат проектирани по такъв начин, че да могат да бъдат използвани повече от веднъж.
- Автономност - За да могат услугите да изнесат надеждно и последователно логиката, която скриват, те трябва да могат да осъществяват контрол върху средата и ресурсите, които използват. Обикновено логиката, която услугата

управлява е в определени граници. Принципът за автономност гарантира, че услугата има контрол в тези граници и не зависи от други услуги, за да изпълнява своето управление.

- Откриваемост - Принципът за откриваемост предполага услугите да се проектират с такова описание, че да могат да бъдат лесно откривани посредством налични за средата механизми за откриване на услуги. Това могат да бъдат регистри, директории или други услуги. Независимо обаче от съществуващите механизми на средата, принципът трябва да гарантира, че услугата е описана с достатъчно информация, така че другите услуги да знаят как да я намерят и извикат. Това условие е силно зависимо от Договора на услугата, който съдържа пълната информация за услугата.

Една от най-широко разпространените реализации на ориентираната към услуги архитектура е чрез Уеб услугите. Архитектурата на Уеб услугите е специфицирана в документ *Web Service Architecture*, разработен от работна група на W3C консорциум. В този документ Уеб услугата е специфицирана като софтуерна единица, разработена да взаимодейства с други такива, необвързано от платформа и език. Според спецификацията, Уеб услугата се описва посредством документ (WSDL документ), които специфицира интерфейсите на услугата. Другите услуги взаимодействат с Уеб услугата чрез обмен на съобщения, в случая чрез SOAP.

Уеб услугата е описана абстрактно и се реализира чрез конкретен код. В софтуерния код е специфицирано как услугата може да получава и изпраща съобщения, а самата услуга е представена като едно абстрактно множество от операции. Така една и съща услуга (множество от операции) може да бъде реализирана чрез различен код (езици за програмиране). Този подход гарантира запазване на нивото на абстракция на услугата, а също така, че при промяна на кода, услугата няма да се измени. Друго предимство на подхода е, че така дефинирана, услугата поддържа независимост от платформа и език.

Най-често използваните стандарти за реализация на уеб услуги са WSDL – за описание на услугата и SOAP – за пакетиране и обмен на съобщения.

СТАНДАРТ ЗА ОРИЕНТИРАНЕ КЪМ УСЛУГИ ГРИД

Бързото развитие на Грида, като инфраструктура в е-бизнеса и е-науката, налага установяването на стандарти, които да регламентират необходимите услуги за поддържане на Грид ситеми и приложения. Разработването на такъв стандарт започва през 2002, когато във (Foster 2002) се представя за първи път архитектура за отворени Грид услуги (OGSA).

Архитектурата за отворени Грид услуги дефинира, понятието Грид услуга като Уеб услуга с разширен интерфейс, който да поддържа жизнен цикъл, състояние и асинхронни събития, които са задължителни при моделиране и контролиране на динамични и неустойчиви Грид ресурси. Също така в тази архитектура ясно е специфициран стандартен механизъм за създаване и откриване на Грид услуги.

Основното предимство на OGSA е, че всички Грид ресурси се представят като Грид услуги. Изчислителните ресурси, ресурсите за съхранение на данни, мрежи, програми, бази от данни – всичко е услуга. Този подход улеснява виртуализацията – предоставяне на различни имплементации, скрити зад общ интерфейс. Тя позволява консистентен достъп до ресурси, намиращи се на хетерогенни платформи, както и композиция на услуги за получаване на по-сложни услуги.

В OGSA, композирането на услуги също е услуга. Във (Foster 2006) авторите дефинират тази услуга абстрактно, но не специфицират как тя трябва да се реализира.

Авторите също подчертават, че няма да дефинират нови стандарти за композиране, а ще разчитат на съществуващите вече такива.

За реализирането на услуга за композиране могат да бъдат използвани различни механизми, като оркестрация и хореография.

При оркестрацията процесът контролира всички съдържащи го услуги и координира изпълнението на техните операции. Също имаме и централизиран контрол, които се извършва от услуга координатор. Координаторът се грижи за реда на изпълнение на услугите и техните операции.

При хореографията нямаме централизация. Там процесът е изграден от множество от услуги, които са равнопоставени - всяка услуга носи информация как да извика следващата. Комуникацията се извършва посредством обмен на съобщения.

Във (Foster 2006) стандартът OGSA също така е допълнен, като са дефинирани в детайли основните услуги за достъп до Грид ресурси, както и изискванията, които трябва да покриват. Така например е дефинирана услуга за изпълнение на задачи, услуга за управление на данни, услуга за сигурност и други. Услугите, които OGSA предоставя, са групирани в три логически и абстрактни слоя.

Първият слой обхваща базовите ресурси. Базови са тези ресурси, които се поддържат от физически единици извън контекста на OGSA: процесор, памет, дискове, лицензи и други. Тези ресурси обикновено са локално управлявани и могат да бъдат споделяни.

Във втория слой се представят услуги от по-високо ниво на виртуализация и логическа абстракция. Това са услугите, които имат отношение към Грид инфраструктурата. Пример за такива услуги са услуги за управление на ресурси, услуги за мониторинг, информационни услуги, услуги за изпълнение на задачи.

OGSA е ориентирана към услуги архитектура. Тя предоставя възможност виртуалните ресурси – ресурси скрити зад общ интерфейс - да бъдат достъпни по същия начин, както всяка друга услуга от останалите слоеве на архитектурата.

Третият слой в логическото представяне на OGSA са приложенията и друг софтуер, който използва дефинираните от междиния слой услуги. За сложни приложения, изграждането на процеси е от изключително значение. Това свойство се нарича компузируемост.

Може да кажем, че OGSA въвежда рамка на ориентирана към услуги архитектура в Грид.

ГРИД СРЕДАТА G-LITE

Една имплементация на Грид инфраструктура, която е разработена с цел да посрещне нуждите от изчислителна мощ и съхраняване на данни на физиката на високите енергии, е Грид средата g-Lite. g-Lite е и базовата среда, към момента, инсталирана на всички Грид кълстери в България, които са част от Европейската Грид инфраструктура за Е-наука.

g-Lite е разработена да поддържа Scientific Linux CERN 4, Scientific Linux CERN 5 и Debian 4 операционни системи, за 32- и 64-битови версии.

Трябва да отбележим, че g-Lite не имплементира OGSA. Въпреки представянето на средата като ориентирана към услуги в (Laure 2006), услугите, които средата реализира, не покриват всички необходими изисквания за ориентирана към услуги среда. Няма регистри на услуги, нито оркестрация на услуги.

Средата предоставя услуги за управление на задачи, информационни услуги, услуги за сигурност и други. На Фигура 2 са показани услугите, които средата предлага групирани тематично в пет групи:



Фигура 2. Услуги в g-Lite

Услугите за сигурност обхващат:

- Идентифицирането на потребител, система или друга услуга;
- Разрешаване или отказване на достъп до услуга или ресурс;
- Предоставяне на информация за анализиране при събития, свързани с нарушаване на сигурността.

Мониторинг и информационни услуги предоставят механизми за мониторинг на задачи, откриване на ресурси и извличане на информация. Реализирани са посредством два компонента:

- Информационен индекс (The Berkeley Database Information Index, BDII) – е стандартна LDAP база от данни, която се обновява от външни процеси. Процесът по обновяване включва извличане на информация от различни източници и сливането на тази информация. g-Lite средата предоставя стандартни клиенти за достъп до LDAP базата.
- Релационна система за мониторинг (The Relational Grid Monitoring Architecture, R-GMA) - е информационна и мониторинг услуга. Базира се на модела Доставчик-Консуматор. Консуматорът изисква информация, а Доставчикът предоставя данните. Услугата поддържа и централизиран регистър, който посредничи между консуматора и доставчика. Доставчикът се свързва с регистъра, за да публикува данни. Консуматорът се свързва с регистъра, за да определи доставчика. Самите данни се предават директно от доставчика на консуматора.

Услугата за управление на задачи включва:

- Изчислителен елемент (Computing Element, CE) – изчислителен ресурс, обикновено клъстер от компютри, в който един от възлите е главен и разпределя задачите. Най-често механизмът на разпределение на задачите е batch опашка. Изчислителният ресурс може да бъде един компютър, клъстер от компютри или суперкомпютър. Изчислителният елемент предоставя информация за изчислителните възли и предлага общ интерфейс за изпълнение на задачи.
- Управление на разпределението на задачите (Workflow Management System, WMS) - разпределя задачите на наличните изчислителни елементи според предпочитанията на потребителя. В предпочитанията си, потребителят може да указва брой на процесори, дали задачата е паралелна, минимална памет и други. WMS също пази следи от изпълнението на задачата посредством система за лог и проследяване. Основен компонент на системата е Workload Manager (WM), чиято цел е да приема заявки за изпълнение на задачи.

- Отчетност (Accounting) – Предоставя информация за броя задачи, които са изпълнени от даден клъстер, потребителите, които са пусkali задачи и друга статистическа информация.
- Произход на задачата и управление на пакети - предоставя информация за задача, изпълнена в Грид средата, и позволява задачата да бъде стартирана наново в по-късен етап. Управлението на пакети позволява динамично да бъдат внедрявани приложения в средата. Тези две услуги са прототипи и все още не са реализирани в средата.

Услугите за управление на данни включват:

- Елемент за съхранение (Storage Element, SE) предоставя достъп до ресурс за съхранение, който може да бъде от прост диск до сложна йерархична система от ленти.
- Файлови каталози и репликация - В каталозите се пази информация за това къде са локализираните данни, както и съответстващите им метаданни.
- Услугата за трансфер (File Transfer Service, FTS) позволява данните да бъдат копирани от един елемент на друг. Всички услуги за съхранение действат върху един или група от файлове.

Както вече споменахме, ориентираният към услуги подход предполага спазването на определени правила, чрез които се дефинира позицията и дизайна на услугите. Споменаваме отново някои от принципите:

- Договор – Нито една от услугите на g-Lite няма стандартно описание. Описанието е изключително важно при откриване на услугата, композицията и повторната употреба. По описанието на услугата, Консуматорът може да определи функционалността, която услугата излага, входни и изходни параметри за всяка една от операциите на услугата, как услугата може да бъде извикана. Частично можем да се каже, че при WMS имаме някакво описание, но то не може да бъде извлечено от информационните услуги на средата.
- Композиция – g-Lite средата не предоставя възможност за композиране на други услуги. Също така не е предвидена такава услуга в архитектурата и дизайна на средата.
- Откриваемост – Както беше описано, BDI и R-GMA услугите предоставят възможност за откриване на информация. Но данните, които предоставят, са непълни. От извлечената информация от BDI могат да се направят заключения за това, кои са наличните ресурси, но не и по какъв начин те могат да бъдат достъпни. Разбира се, има изключения за някои от услугите, но като цяло информационната система на средата не предоставя централизиран регистър, в които да бъдат публикувани всички услуги. Също така не е възможно публикуването на услуги, дефинирани от потребителя.

В действителност, за много малка част от услугите в g-Lite може да се каже, че са ориентирани към услуги – WMS, R-GMA, FTS. Неудобството при тях, от друга страна е, че предоставят неунифицирани приложно-програмни интерфейси за достъп до услугите. Това се дължи на различните технологии (Axis 1.4, Axis 2) и езици за програмиране (C, Java, Python), които са използвани при реализацията на тези услугите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените проучвания може да заключим, че към момента g-Lite средата е зависима от операционната система. Клиентите за достъп, които средата предоставя, са

неудобни за ползване от крайния потребител. Изискват се познания не само свързани с конкретна операционна система, но и с командите за използване на Грид. Необходими са също и специфични познания на синтаксиса за описание на задачи за Грид. Това често пъти създава неудобства при използването на средата и води до намаляване на ефективността, която Грид би трябвало да предоставя.

Това поражда необходимостта от разработване на приложения, които да предоставят лесен достъп до Грид. Основна част при разработването на такива приложения е наличието на услуги, които да следват принципите на ориентираната към услуги архитектура, а както вече видяхме, g-Lite средата не предоставя такива услуги изцяло. От друга страна, ролята на средата за експериментите от физиката на високите енергии е значима.

От направения преглед на литературата можем да направим следните изводи: Физиката на високите енергии има сложни бизнес процеси. Под бизнес процес имаме предвид множество от услуги, подредени в обща схема на изпълнение. Услугите от процеса могат да включват не само изпълняване на задача в Грид, но и анализ на получените резултати, предварителна подготовка на данните, преди те да бъдат изпълнени в Грид и други. Това налага изследването на въпроси за възможната реализация на:

- Уеб услуги към компоненти от софтуера на физиката на високите енергии;
- Бизнес процесите във физиката на високите енергии;
- И най-важното - на рамка за специфициране на тези бизнес процеси и генерирането и изпълнението им в g-Lite средата.

Изпълнението на бизнес процесът е основна задача на услугата за композиране. OGSA дефинира в общи линии необходимостта от композиране на услуги, но не специфицира в подробности каква е тази услуга, как изглежда или как тя взаимодейства с другите услуги. Визията на авторите във (Foster 2006) за реализация на такава услуга, е наличие на услуги, които да могат да бъдат композируеми, т.е. да участват в бизнес процеси, и услуга, която да ги оркестрира.

g-Lite е Грид среда, която не е изцяло ориентирана към услуги, но с голямо значение за потребителите от физиката на високите енергии. Средата не имплементира стандарта за Грид – OGSA - и не предлага услуга за композиране на други услуги. Към момента по този проблем решение не е предложено. От друга страна проблемът е актуален, поради нуждата от адекватен подход за специфициране и изпълняване на бизнес процеси от областта на физиката на високите енергии в g-Lite среда. Така основният проблем, който остава да бъде решен е дефинирането на базова услуга за композиция в g-Lite, която да се основава на стандартите въведени от OGSA. Трябва да отбележим, че в обхвата на изследването не се разглежда въпросът за сигурност в Грид среда.

ЛИТЕРАТУРА

- Erl 2005:** Erl, T. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design - Prentice Hall Publishers, 2005.
- Foster 2002:** Foster, I., What is the Grid? A Three Point Checklist, 2002.
- Foster 2002:** Foster, I., The Physiology of the Grid. An Open Grid Service Architecture for Distributed Systems Integration, 2002.
- Foster & Kesselman 1998:** Foster, I., Kesselman, C., The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. First Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- Foster & Kesselman 2004:** Foster, I., Kesselman, C., The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure - Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2004.

Foster 2006: Foster, I, At all, The Open Grid Service Architecture, Version 1.5, 2006,
<http://forge.gridforum.org/projects/ogsa-wg>
Laure 2006: Laure, E., Programming the Grid with gLite, 2006.

ИНТЕРНЕТ АДРЕСИ

SPS, <http://public.web.cern.ch/public/en/research/SPS-en.html>
Приложения във физиката на високите енергии - EGEE-II, http://egee2.eu-egee.org/sheets/bg/hep_applications_bg.pdf
Programming the grid with g-Lite, <http://personal.cscs.ch/~pkunszt/programming.pdf>
SOAP, <http://www.w3.org/TR/soap/>
WSDL, <http://www.w3.org/TR/wsdl>
Web Service Architecture, <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/>
g-Lite BDII, <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/EGEE/BDII>
g-Lite R-GMA, <http://www.r-gma.org/index.html>

Радослава Горанова, асистент
Катедра „Компютърна информатика”
Факултет по математика и информатика
Софийски университет „Св. Климент Охридски”
e-mail: radoslava@fmi.uni-sofia.bg

Radoslava Goranova, Assist. Prof.
Department “Computer Informatics”
Faculty of Mathematics and Informatics
Sofia University “St. Kliment Ohridski”
e-mail: radoslava@fmi.uni-sofia.bg

Благодарности

Тази статия е разработена с частичната финансова подкрепа на проект BG051PO001-3.3.04/52 (Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси" 2007-2013, съфинансирана от "Европейския социален фонд" на Европейския съюз).