



Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по математика и информатика

Катедра „Компютърни системи“

Изграждане на интелигентни хетерогенни хранилища за данни

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по

4. Природни науки, математика и информатика,

4.6. Информатика и компютърни науки,

докторска програма Информатика

Докторант: Димитър Георгиев Христов

Научен ръководител: проф. д-р Станимир Недялков Стоянов

Пловдив, 2020 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита пред научно жури на заседание на катедра „Компютърни системи“ при Факултета по математика и информатика на ПУ „Паисий Хилендарски“ на 21.12.2020 г.

Дисертационният труд съдържа 135 страници. Библиографията включва 109 източника. Броят на авторските публикации е 4.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на от ч. в ПУ „Паисий Хилендарски“, гр. Пловдив.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в секретариата на ФМИ - каб. 330 в Нова сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“, всеки работен ден от 8:30 до 17:00 часа.

Автор: Димитър Георгиев Христов

Заглавие: Изграждане на интелигентни хетерогенни хранилища за данни

Пловдив, 2020 г.

Съдържание

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	4
Цели на дисертационния труд	5
Задачи на дисертационния труд	5
Структура на дисертационния труд	6
КРАТКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	8
ГЛАВА 1 ВИРТУАЛНО ФИЗИЧЕСКО ПРОСТРАНСТВО.....	8
ГЛАВА 2 ЦИФРОВИ БИБЛИОТЕКИ.....	10
ГЛАВА 3 DSPACE и DUBLIN CORE	12
ГЛАВА 4 АКАДЕМИЧНА СИСТЕМА ЗА ПУБЛИКАЦИИ.....	13
ГЛАВА 5 РЕАЛИЗАЦИЯ	16
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24
ГРАФ НА ДИСЕРТАЦИЯТА	28
БЛАГОДАРНОСТИ.....	29
БИБЛИОГРАФИЯ.....	30

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Всеобхватното използване на Интернет и постепенната му трансформация в Интернет на нещата (Internet of Things, IoT [1, 2]), както и глобализирането на киберпространството са предпоставка за бързото развитие на кибер-физическите пространства (CPS) [3]. Тези пространства са инженерни системи, изградени и зависещи от взаимодействието на изчислителни и физически компоненти. В този смисъл физически означава хардуерните елементи на системата, заемащи физическо пространство, докато кибер се отнася за нематериалните, мислещи и комуникационни съставни части на системата. CPS дават възможност заобикалящият ни реален свят да се слее с виртуалния чрез интегриране на изчислителни и физически процеси.

За много приложни области има смисъл и отчитането на присъствието в CPS на човешкото и социално измерения. Това се дължи главно на огромното въздействие на киберпространството върху начина, по който взаимодействат и общуват хората помежду си. Достигнат е етап, в който социалната и човешка динамика стават неразделна част от CPS, така че на този фон включването на понятието „социално“ е логично – възниква понятието кибер-физически социални пространства (CPSS [4]).

В катедра „Компютърни Системи“, Факултет по математика и информатика на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ се разработва референтна архитектура, служеща като шаблон за изграждане на кибер-физически социални пространства. Проектът е озаглавен Virtual Physical Space (ViPS, Виртуално Физическо пространство, ВФП) [5] и цели изграждането на референтна архитектура, която може да бъде адаптирана за различни CPSS приложения. ViPS архитектурата отразява и представя в цифровия свят по същество идентичен модел на реалния физически свят, в който процеси, потребители и познания за интересуващата ни област, както и взаимодействието между тях, се реализират в динамичен, персонализиран и контекстно-съобразен начин. Част от тази архитектура е подпространството на дигиталните библиотеки, на което е посветено настоящето изследване.

Цели на дисертационния труд

Основната цел на дисертационния труд е да се разработи уеб-базирана цифрова библиотека, допълнена с интелигентни компоненти за достъп, която да послужи и като подпространство на дигиталните библиотеки във Виртуалното Физическо Пространство.

Целите на това изследване са да се проектира и представи функционално решение за изграждане на подпространството на дигиталните библиотеки във ВФП, да се разработи интелигентна система за публикации като част от реализацията на междинното ниво на референтната архитектура. Да се създаде цифрова библиотека на референтното пространство, реализираща в допълнение различни интелигентни услуги, която да се използва за съхраняване на знание, учебно съдържание, публикации и документи. Тя трябва да администрира факултети и катедри, да позволява създаването на потребителски колекции в тях и обработката на публикации, осигурявайки по този начин по-голяма видимост и достъпност на научните материали като трябва да дава възможност за генериране на различни академични справки в помощ на авторите. Приложението ще бъде допълнено с интелигентни компоненти, което ще е една от стъпките за създаване на интелигентно хетерогенно хранилище за данни в рамките на Виртуалното Физическо Пространство и други научни проекти на университета.

Задачи на дисертационния труд

Задачите, които възникват във връзка с постигане на основните цели на дисертацията, са:

- Запознаване с Виртуалното Физическо Пространство и идеите, стоящи зад него, технологиите на които се базира. Каква е структурата му и как най-удачно би било изградено подпространството на дигиталните библиотеки.
- Изследване на теорията и терминологията на дигиталните библиотеки, начините за тяхното изграждане, наличните технологии и реализации в тази сфера и тяхната пригодимост към целите на настоящото изследване, избор на подходяща технология за реализиране на целите.

- Разучаване и представяне на основните технологии, които ще бъдат използвани в настоящото проучване и ще послужат като основа на програмната реализация на системите.
- Да се проектира теоретично под формата на различен вид диаграми обща архитектура и логика на функционална, уеб-базирана и интелигентна академична система за публикации, която предлага и възможност за интегриране в референтната архитектура ViPS, изграждайки нейното подпространство на дигитални библиотеки.
- На база на теоретичните модели и обосновки да се реализира дигитална библиотека, подходяща за дългосрочно съхраняване на научни материали, академично съдържание и други електронни ресурси, до която потребителите имат достъп чрез уеб браузър, а също така да се предоставят програмни интерфейси, позволяващи достъп до ресурсите и на виртуални дигитални потребители под формата на персонални или оперативни асистенти, както и обмен с други системи, споделящи обща схема за метаданни.

Структура на дисертационния труд

Дисертационният труд се състои от 135 страници, разделени на увод, пет глави, заключителна част и библиографска справка.

Уводът обосновава значимостта и актуалността на проблема, дефинира целите и задачите на настоящата разработка. В допълнение представя структурата на дисертационния труд.

Първа глава изследва референтна архитектура на виртуално образователно пространство, наречена Виртуално Физическо Пространство.

Във втора глава е разгледана идеята, стояща зад цифровите библиотеки, основните понятия, свързани с тях, някои от стандартите за описване на данни, както и основните технологии, наложени се при работа с цифрови библиотеки.

В трета глава са представени основните технологии и програмни рамки, избрани в процеса на проектиране, на които ще се базира текущата реализация.

В четвърта глава са разработени теоретични модели, които дефинират характеристиките и функционалността, които трябва да притежава Академичната система за публикации.

В пета глава е представена практическата реализация и техническото описание на Академичната система за публикации, състояща се от уеб приложение и агентно ориентирано приложение, осъществяващо спомагателни дейности на заден план, което е и основа за комуникация с други интелигентни компоненти и програмни системи.

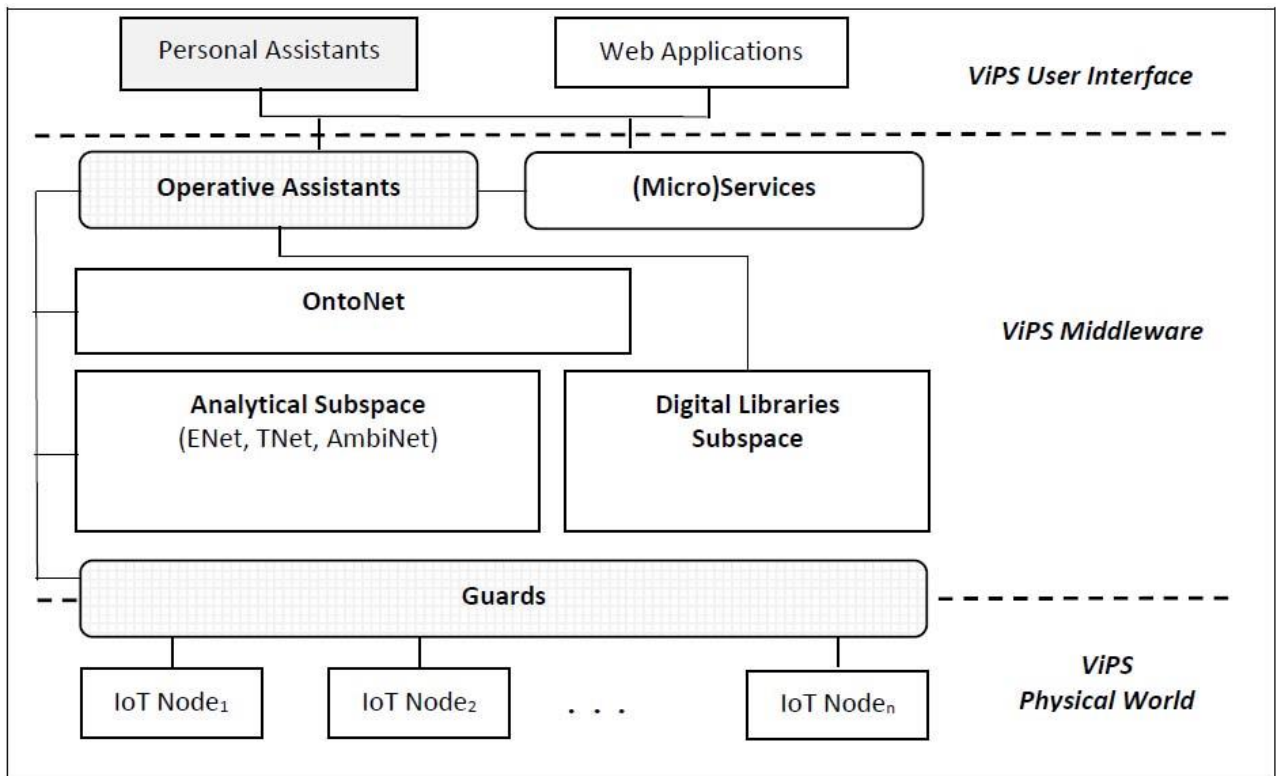
Дисертационният труд завършва със заключение, описание на реализираните публикации и използваната литература.

КРАТКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1 ВИРТУАЛНО ФИЗИЧЕСКО ПРОСТРАНСТВО

Виртуално физическото пространство, наречено ViPS (Virtual-Physical Space) възниква като следствие и резултат на продължаващи дълги години научни изследвания. Първите идеи и мотивация за създаване на такова пространство, което да интегрира виртуалния и физическите светове са изложени в [6]. Разработката продължава през годините, ViPS еволюира и преминава през различни етапи, а общо описание на последната версия може да бъде намерено в [7]. Тъй като ViPS е референтна архитектура, основното и предназначение е да се адаптира за различни приложни области – например за електронно обучение, за дигитализация на културно-историческото наследство на България, за интелигентно земеделие и [8].

Актуалната структура на ViPS е представена на Фигура 1.



Фигура 1. Архитектура на ViPS

Виртуално физическото пространство е референтна архитектура, интегрираща виртуалния и физическия светове [9]. Тя се изгражда за поддръжка на три базови аспекта - интеграция на виртуалния и физическия светове, виртуализация на физическите „неща“, като потребителите също са във фокуса на вниманието. ВФП е базирано на кибер-физическите среди, като поставя в центъра потребностите на потребителя. Такава инфраструктура дава възможност за изпълнение на значително по-комплексни и по-интелигентни сценарии [10]. Тук съществени се явяват три взаимосвързани характеристики - време, пространство и събитие. Връзката между тях определя средата като IoT екосистема [11].

Средата е изградена от няколко нива, като на най-горно ниво стоят персоналните асистенти и няколко на брой публични уеб приложения. Персоналните асистенти са "входните точки" на пространството, изпълнявайки две основни функции. Първо, действат като персонализирани посредници между потребителите и пространството. Второ, взаимодействат с другите асистенти, осигурявайки изпълнението и контрола на поддържаните в пространството сценарии. Персоналните асистенти обикновено се разполагат върху мобилните устройства на потребителите. Основният фокус на повечето подобни системи от тип CPSS пада върху потребителя. Задачата на персоналния асистент е да подпомага, да оперира от негово име към по-долните нива на системата, за да може интелигентността на отделните компоненти да достигне в най-приемлива форма до крайния потребител.

Междинното ниво е най-сложно откъм комплексност на компонентите и комуникация между тях. Съставни части на това ниво са Оперативните агенти, микро услуги, OntoNet, Аналитичното пространство (ENet, TNet, AmbiNet) и цифрови библиотеки. Оперативните асистенти са специализирани интелигентни агенти, разположени обикновено върху сървърните възли на пространството. Подпомагат изпълнението на сценариите, като доставят подходящи интерфейси към наличните електронни услуги и хранилища на данни, правят експертни оценки и осигуряват адаптацията в пространството.

Връзката между виртуалния и физическия свят се извършва посредством най-долното ниво, в което оперират така наречените "гардове". Гардовете са специални асистенти, отговорни за безопасно и ефективно изпълнение на сценариите в пространството. Обикновено това са интелигентни контролери и сензори, реагиращи и

отчитащи различни физически величини в околната среда, (като например дим, температура, влажност). Гардовете оперират като интерфейс между физическия и виртуалния свят на пространството. Гардовете могат също така да бъдат част от процеса на идентификация и персонализация, изпълняващи различни разпознаващи потребителите на пространството функции.

ГЛАВА 2 ЦИФРОВИ БИБЛИОТЕКИ

Проблемът за съхраняването на знание и търсенето на информация е един от вечните проблеми на човешкото общество. Човечеството е решило този проблем като е създадена библиотеката като универсална система за натрупване, съхраняване и предоставяне на каталогизирани и систематизирани документи, информация и знание. С времето технологиите се променят, появяват се компютърните мрежи, които стават все по-глобални, все по-свързани. Съществуващата в края на ХХ и началото на ХХІ век техническа и технологична база на традиционната библиотека, породила нова форма на реализация на нейните функции - електронната (или дигиталната) библиотека [12]. Цифровата библиотека [13, 14, 15] представлява добре организирана и структурирана софтуерна система, която служи за събиране и дългосрочно съхранение на електронни обекти под формата на специализирани тематични колекции, съсредоточени върху дадена област на знанието. Елементите на колекцията могат да бъдат в най-различен електронен формат: текст, аудио, изображения, видео, като често цифровата библиотека добавя стойност и позволява подобряване на качеството на оригинала.

Появата и широкото разпространение на електронните библиотеки се дължи на нуждата от задоволяване на редица обществени потребности, свързани с информацията: бързо и интуитивно управление на наличните информационни ресурси, много важен аспект е осигуряването на достъп до информация, която се съхранява дългосрочно, дава се възможност за централизирано събиране и съхраняване на научното и културното наследство, цифровия формат на информацията улеснява аналитичната работа с нея, което пък от своя страна повишава неимоверно ефективността на научната, образователната и изследователската дейност.

Докато документите представляват фундаменталните изграждащи единици на една дигитална библиотека, то метаданните предоставят библиографската информация за отделните документи. Често описвани като данни за данни, те са от решаващо значение за всички форми на организирано дигитално съдържание. Те са средството, с което се постига цялостността в дигиталната библиотека, колекциите са организирани, а не просто куп неструктурирани и несвързани обекти [16].

Основните и най-разпространените решения в сферата на цифровите хранилища са няколко на брой: EPrints, Digital Commons – Bepress, Fedora Commons – DuraSpace, DSpace – DuraSpace [17, 18].

EPrints [19] е първата професионална софтуерна платформа за изграждане на висококачествени цифрови хранилища, съвместими с Open Archive Initiative (OAI) [20]. Създадена през 2000 г. тя се е наложила през годините и е призната като един от най-лесните и бързи начини за създаване на хранилища с научна литература, научни данни, теми, доклади и мултимедия. EPrints е безплатна и предоставя отворен код, който може да бъде използван за надграждане с функционалности. Има гъвкав модел на метаданни и работен процес, който поддържа разнообразните бизнес нужди, както и предлага взаимодействие с други уеб и институционални системи.

Digital Commons [21] е популярна, базирана в облачни сървъри платформа за институционални хранилища, лицензирана от Berkeley Electronic Press (Bepress). Разполагането на външен сървър отнема голяма част от техническата работа, както и необходимостта от поддържане на екип от програмисти, в сравнение с поддържането на собствена цифрова библиотека, но това си идва на своята цена под формата на лицензни абонаменти според нуждите на клиента. Потребителският интерфейс е чист и удобен за потребителя, но не толкова гъвкав, колкото Fedora или EPrints.

Fedora Commons [22] е модулна архитектура за управление на цифрови активи, която може да се прилага за създаването както на институционални хранилища, така и на цифрови архиви и библиотеки. Тя е с отворен код и е рамка без вградена функционалност за управление, индексирание, откриване и доставка на елементи. Вместо това, тя е предназначена да позволи висока степен на гъвкавост, което дава възможност на разработчиците да реализират практически всяка функция, както и да

интегрират софтуера на трети страни в рамката. Това ниво на гъвкавост идва с цената на леснота на изпълнение.

ГЛАВА 3 DSPACE и DUBLIN CORE

За целта на проекта „Академична система за публикации“, в частност неговия подмодул цифрова библиотека, бе избран DSpace [23, 24] като средство, на което ще се базира съхранението на публикации. DSpace предлага най-голям набор от инструменти за постигането на целите на проекта. Ползва стандартно семантично описание на публикации – Dublin Core стандарт за метаданни [25], разработен, за да се използва при описанието на уеб базирани документи. Dublin Core е широко разпространен и се използва от много общности и проекти за каталогизиране на данни, което би улеснило евентуално взаимодействие на системата за публикации с тези приложения и обмена на данни с тях. Една ключова характеристика, обаче, имаше най-голяма тежест при избора, а именно RESTful API на DSpace [26], което позволява програмно да бъдат надградени вече наличните вградени функционалности и да бъдат приспособени за използване в настоящия проект. Предоставя се набор от адреси за извикване, които позволяват програмната обработка на общности, колекции, публикации и файлове в системата. Неговото имплементиране позволява и интегрирането на дигитална библиотека в собствени приложения и разширяване на функционалността от страна на разработчиците според нуждите на съответния проект, включително добавяне на интелигентни компоненти при взаимодействието с библиотеката. DSpace предлага и специфична функция като цифрова архивна система, фокусирана върху дългосрочното съхранение, достъп и запазване на цифровото съдържание, което я прави чудесен избор и при създаването на цифрова библиотека с академична насоченост. Това е изпитано през годините решение за хранилища, ползва се от множество институции и има версии за различни операционни системи. DSpace се е доказала като солидна платформа за хранилища от стартирането ѝ през 2002 г. и остава обещаващ и достоен избор сред своите конкуренти, имайки предвид нарастващата нужда от средства, подпомагащи обработката и съхранението на данни от различни изследвания.

Dublin Core [27], известен също като Dublin Core Metadata Element Set (DCMES), е набор от петнадесет „основни“ елемента (свойства) за описване на ресурси. Някои от целите, които мотивират създаването на Dublin Core са простота на създаване и поддръжка, разбираема семантика, съответствие със съществуващите и нововъзникващите стандарти, международен обхват и приложимост, разширяемост, оперативна съвместимост между колекции и системи за индексирание и други. През 2008 г.е заменен от DCMI Metadata Terms. Qualified Dublin Core разширява основните елементи чрез използването на допълнителни елементи, усъвършенстване на елементи и схеми за кодиране. Усъвършенстванията на елементите правят значението им по-тясно или по-конкретно. Квалифицираният елемент споделя значението на неквалифицирания елемент, но с по-ограничен обхват.

ГЛАВА 4 АКАДЕМИЧНА СИСТЕМА ЗА ПУБЛИКАЦИИ

Тази глава представя теоретичните модели, които ще послужат като основа за последващата реализация на Академичната система за публикации.

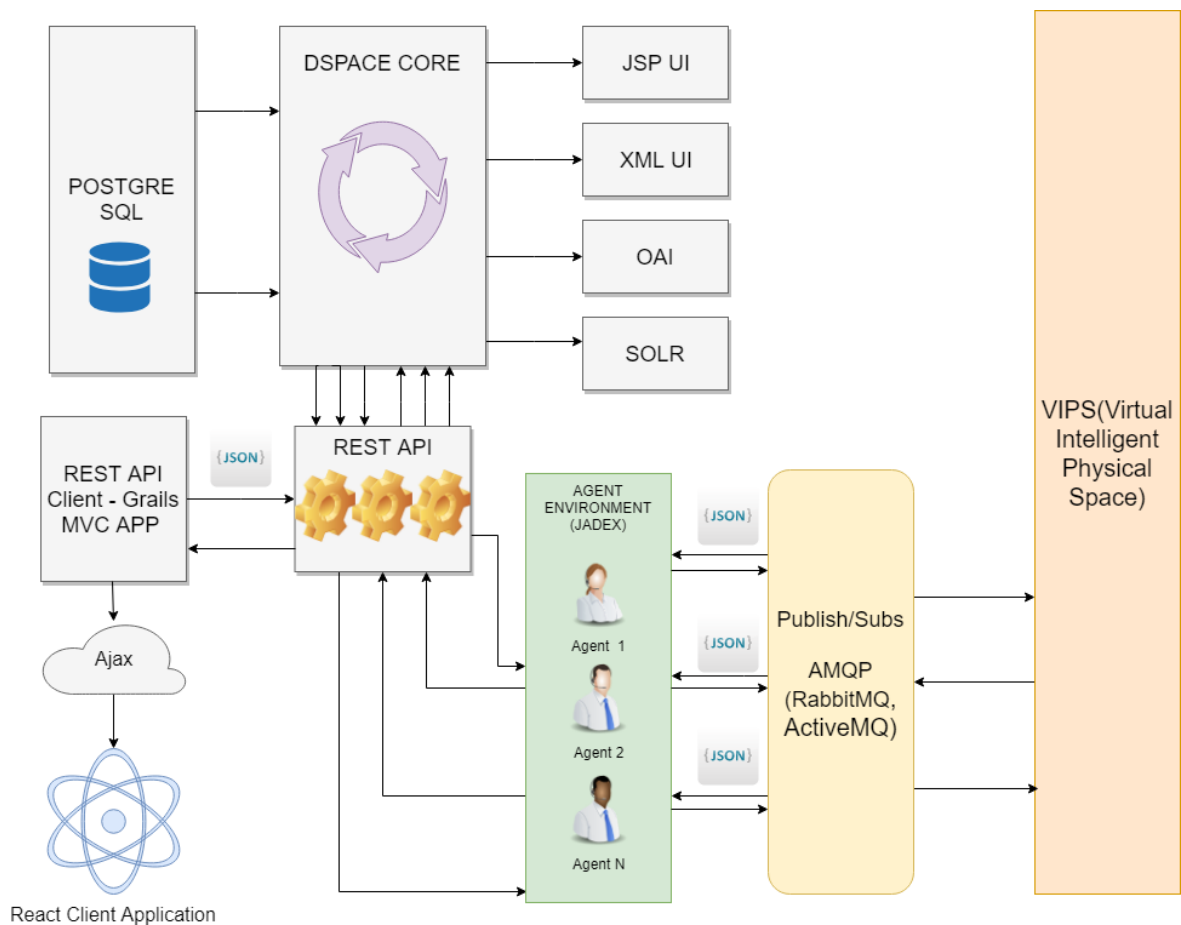
Академичната система за публикации е предназначена за потребители от академичните среди, макар че лесно може да бъде пригодена и за друга област на приложение. Това я прави чудесно допълнение като подсистема на дигиталните библиотеки във ВФП. В референтното пространство оперират персонални и оперативни асистенти, които също се разглеждат като потребители на системата, които ще бъдат отчетени при нейното проектиране.

Библиотеката поддържа разнообразие от формати, чиято тема е съобразена с конкретната реализация на референтното пространство и областта на приложение. Материалите са структурирани в авторски колекции, разпределени в организационни единици на институцията.

Дигиталната библиотека ще се хоства на уеб сървър на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“. С цел намаляване на общите разходи за информационна инфраструктура, повишаване на сигурността на информацията, използване на

последните достижения в областта, предлагане на по-голям брой информационни услуги и други се планира и разполагане на облачен сървър [28] с контролиран достъп.

Академичната система за публикации е замислена не само като уеб-базирано приложение, но и като решение, което е достатъчно гъвкаво и предлага интелигентни реактивни и проактивни компоненти за боравене с електронните ресурси, които да позволят взаимодействието с останалите подсистеми на ВФП. По този начин Академичната система за публикации ще прерасне в подпространството на дигиталните библиотеки във ВФП. Поради тази причина архитектурата бе проектирана така, че от една страна да предоставя достъп на потребители през уеб-браузър, а от друга е представен интелигентен слой, състоящ се от агенти с ментални състояния, които предоставят интерфейс към системата от страна на ВФП. Архитектурата на системата за академични публикации е представена на Фигура 2.



Фигура 2. Архитектура на системата за публикации

В тази архитектура централно място заема DSpace. Dspace Core, базата данни Postgre SQL, XML UI, JSP UI и преди всичко REST API са част от основния пакет от проекти, включени в DSpace. Grails приложение, разработено в рамките на изследването реализира програмния интерфейс на DSpace и дава основната функционалност за работа с дигиталната библиотека, крайните точки, които ще послужат за създаване на колекции и влягане на публикации в тях. Реализацията на системата за публикации като уеб-базирано приложение се осъществява посредством React. А посредством Jadex се програмира набор от интелигентни агенти, които представляват програмен интерфейс към системата. Така тя ще е достъпна както за хората в академичната организация, така и за агентите на референтното пространство.

Т.е. ако засегнем темата за хората в дигиталната библиотека, то академичната система за публикации като уеб базирано приложение е предназначена за преподаватели и студенти в университета, като достъпът ще се осъществява чрез браузър. Но предоставяйки агентно-ориентиран си модул, системата дава възможност за комуникация с нея и на виртуални потребители – персонални асистенти и други модули от ВФП. По този начин участниците в референтното пространство, в каквато и практическа област да е адаптирано то, имат възможност също да съхраняват своите данни в системата за публикации, да ги изчитат при нужда, да ги обработват и да ги споделят. Самите хора в пространството могат да разчитат на своите персонални асистенти за доставяне на нужна информация или за извършване на друг вид активности, без да им се налага работа с уеб-базираното приложение. Комуникацията между интелигентните агенти ще се осъществява посредством предоставянето и съответно ползването на Jadex услуги. Те общо представляват Java интерфейси, реализирани от съответни класове, които се използват от компонентите за комуникация между тях. Услугите могат да дефинират и като уеб услуги, достъпни на определен адрес. Има различни степени на видимост на услугите – в рамките на приложението, в рамките на платформата или глобално видими, в случая се използва последната опция, за да се даде възможност на външни приложения да работят със системата.

Тъй като се използват стандартните метаданни на DSpace, широко използвани и в други системи, то подобен обмен на данни може в бъдеще дори да премине границите на приложението и да се осъществява с отдалечени системи на други доставчици.

От гледна точка на работата с уеб-базираното приложение се предвижда следната структура във вътрешното представяне в DSpace. На най-високо ниво като общност ще бъде представена академичната организация – университет. На следващо ниво като подобщности следват факултетите на университета. Като трето ниво на вложеност на общности са представени катедрите в един факултет. Четвъртото ниво в дървото е отделено за колекциите на авторите в системата. Всяка колекция е изградена от публикации и свързаните с тях електронни файлове.

При проектирането на метаданните бяха взети под внимание преди всичко нуждите на академичната организация, както и фактът, че ВФП е преди всичко с академична насоченост. Това наложи необходимост от въвеждането на допълнителни и специфични елементи на метаданни, които да запълнят празнините и да помогнат при описването на публикациите в дигиталната библиотека. Така освен стандартните схеми и разширени елементи на Dublin Core бяха създадени собствена схема и елементи в нея, отговарящи на проекта.

Системата поддържа и интелигентни агенти, които решават множество текущи проблеми и задачи, например проблема с отразяване на съавторство.

ГЛАВА 5 РЕАЛИЗАЦИЯ

Основният принос на този проект е не само реализирането на една виртуална библиотека, която да се ползва в рамките на научна институция, но и вграждането в нея на интелигентни персонални агенти, подпомагащи или дори заместващи действията, предприети от потребителя на системата, комбинирането на институционално хранилище за електронни данни с мислещи компоненти, даващи огромни възможности за надграждане с нови функционалности. Дадена е възможност от една страна системата да се използва като обикновено приложение с уеб-базиран потребителски интерфейс, но интегрираните в нея интелигентни компоненти позволяват лесната интеграция в по-големи софтуерни проекти, нуждаещи се от модул, в който да съхраняват цифровите си ресурси. По тази причина Академичната система за публикации е имплементирана в два основни модула. Първият представлява уеб

базирано приложение, даващо възможност на потребителя да управлява своите публикации. Вторият модул е реализиран като интелигентно агентно-ориентирано приложение, което решава проблеми, свързани със съхраняването на научни публикации, извършва интелигентно търсене на публикации и е база за създаване на интерфейс за програмен достъп до системата.

В процеса на работа бяха потърсени други подобни разработки, но DSpace основно се използва в своята JSPI имплементация, която представлява пълноценна онлайн система за съхраняване на публикации. На този фон текущо представената Академична система за публикации изпъква със своята уникалност и възможност за преизползване като модул в други приложения.

В процеса на реализация бяха използвани няколко основни технологии:

Grails [29]. В Java света съществуват множество рамки, които се използват широко в световен мащаб, но изграждането на приложение с тях си остава значително времеемко. Grails е следващото поколение Java рамка за разработване на уеб приложения, която се основава на най-добрите уеб инструменти, техники и технологии от съществуващите Java рамки и ги комбинира със силата и иновациите на динамичните езици. Резултатът е рамка, която предлага стабилността на Java технологиите, които вече познаваме, но без да се налага писането на конфигурации, а също така и редактиране на XML файлове и т.н. Grails комбинира в себе си рамки като Spring, Hibernate, SiteMesh, Quartz и др.

Groovy [30] е обектно-ориентиран програмен език за Java платформа (JVM език) с основна цел да разшири Java. Може да се използва като скриптов език за Java платформата, динамично се компилира до байткод на Java виртуална машина и взаимодейства с друг Java код и библиотеки. Groovy използва синтаксис подобен на Java и повечето Java код е синтактично валиден при Groovy. Може да се извикват Java методи от Groovy и обратно, освен това Java class може да разшири Groovy такъв или да наследява Groovy интерфейс, т.е. има оперативна съвместимост. Той е тясно свързан с Java платформата, когато се програмира на Groovy все едно се пише на специален вид Java. Цялата мощност на Java платформата, включително огромното количество достъпни библиотеки, е достъпна за употреба и тук.

Jadex[31, 32] е агентно-ориентирана рамка за създаване на рационални агенти на Java, автономни участници, които участват в процеса на вземане на решения, в света на пасивните обекти. В този смисъл агентите представляват активни компоненти, които взаимодействат с останалите компоненти в едно приложение. Агентите могат да проявяват реактивно поведение (реагиране на външни събития), както и проактивно поведение (мотивирано от собствените цели на агентите). Рационалните агенти имат ясно съзнание за окръжаващата ги среда и за целите, които се опитват да постигнат. Интелигентните агенти са парадигма за моделиране, базирана на понятието агенти с ментални състояния. Съществуват множество архитектури, които могат да се използват при създаването на рационални агенти, по-известни от които са например BDI (Братман [33]), AOP (Шохам [34]) и SOAR (Леман [35]). В тези архитектури вътрешната структура на агента и следователно способността му да избира начин на действие се основава на ментални състояния. Предимството на използването на ментални състояния при проектирането и реализацията на агенти и мултиагентни системи е естественото (подобно на човека) моделиране и високото ниво на абстракция, което опростява разбирането на системите. Jadex следва модела Belief Desire Intention (BDI) и улеснява конструирането на интелигентни софтуерни агенти на XML и Java. BDI е класическа архитектура за интелигентни агенти, която се състои от концепциите за вяра (belief), желание (desire) и намерение (intention) като ментални състояния, които генерират човешко действие. Тази архитектура използва модел на човешката дейност за представяне на ограничена рационалност.

Същинската реализацията на проекта за Академични публикации започва от Rest API Client/ MVC App. За написването на това приложение е използвана рамката за създаване на уеб приложения Grails, а самата програма включва разработването на методи, които реализират заявки към крайните точки на REST API на DSpace. По този начин са програмирани функции за създаване, извличане, промяна и изтриване на общности, колекции и елементи в хранилището. Като входни и изходни точки са реализирани контролери, които предоставят данните в JSON формат и служат на целите на уеб базираното клиентско приложение. За създаване на потребителския интерфейс е използвана JavaScript рамката Reactjs. Създавайки такъв междинен слой между RESTful API и крайния клиент, се осигурява и най-подходящото място, където интелигентната

функционалност на архитектурата може да бъде реализирана. Както е описано по-горе, това дава възможност за наследяване и разширяване на вече съществуващата функционалност на DSpace.

Реализацията на DSpace API е осъществена в класове – услуги, които реализират програмния интерфейс към DSpace Rest API и предоставят реализацията на логиката за обработка на обектите в Академичната система за публикации, както и основните функции за работа с дигиталната библиотека. За всеки елемент от REST API се дефинира по един клас-услуга, който предоставя всички методи за обработка на съответния елемент. Модел-класовете отразяват структурата на елементите в DSpace и по този начин позволяват тяхната програмна обработка. В контролер класовете се намира основната логика на уеб-базираното приложение на Академичната система за публикации, те са отговорни за обработката на заявките от приложението. Контролерите предоставят линковете за извикване, крайните точки, които се ползват от логиката на преден план, връщащи данните, необходими за представяне в потребителския интерфейс. Програмирани са методи за удостоверяване на самоличността, както и за обработване на съставните елементи на цифровата библиотека – общности, колекции, публикации, метаданни и потоци от битове.

Удостоверяването в системата се осъществява чрез LDAP протокол, посредством конфигуриране на DSpace инсталацията според настройките на университетския сървър. След успешен вход в дигиталната библиотека, потребителят попада на заглавната страница. Въз основа на реализираната функционалност на методите е изградена йерархия от факултети и катедри, в които се намират потребителските колекции. Когато потребител се удостовери за първи път, има възможност да посочи в кой факултет и катедра ще се намира неговата колекция. Веднъж направил своя избор, потребителят се сдобива и с опция на интерфейса „Мои публикации” за бърз достъп до собствените научни материали.

Могат да се създават различни типове публикации: презентация, монография, студия, учебник, учебно помагало и други, а към всяка публикация може да се прикачат файлове в различен формат – текстове, изображения, видеа, онтологии и други. Всички файлови ресурси се съхраняват под формата на потоци от битове, така че не е необходима промяна в структурата на приложението при необходимост от работа с нови

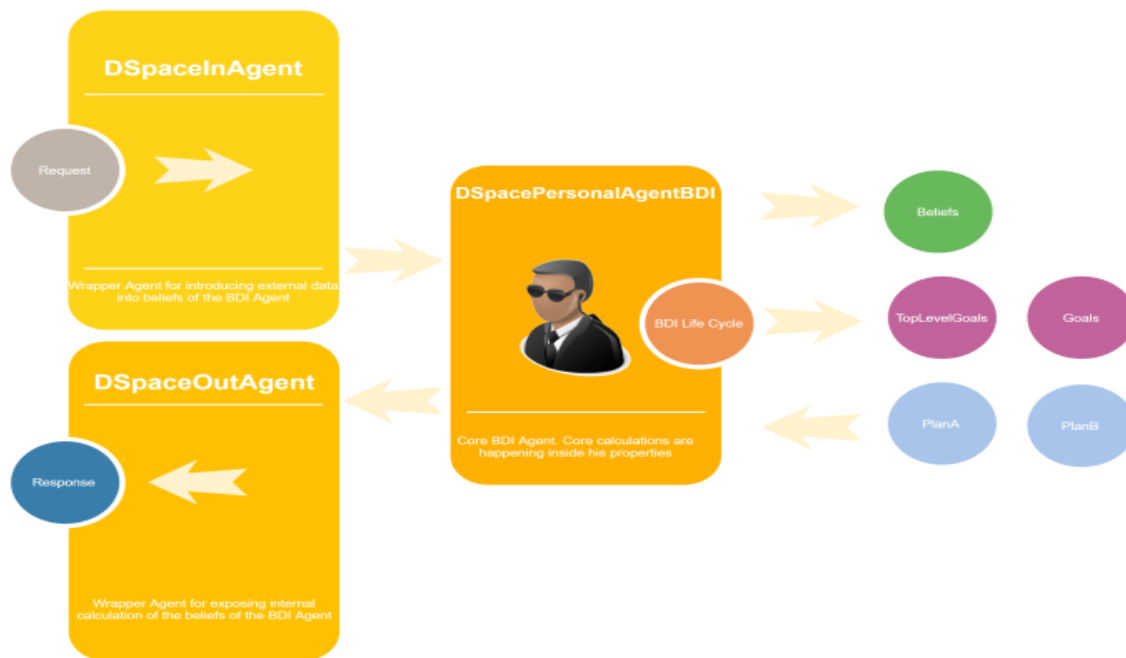
формати, достатъчна е само преконфигурация на DSpace и добавяне на съответния нов формат.

За описване на електронните ресурси се използва разширената схема на стандартът Dublin Core, Qualified Dublin Core. Освен имплементацията на стандартната схема, в системата за публикации са добавени специфични за катедра „Компютърни системи“ метаданни, обособени в отделна схема custom: custom.impact.factor, custom.impact.rank, custom.indexed.webofscience, custom.indexed.scopus, custom.publish.location, custom.report.held, custom.institution.intern.

Едно от големите удобства на Академичната система за публикации е възможността да се правят обобщения на съхранените в нея публикации. Системата дава възможност за генериране на обобщена справка в табличен вид за направените публикации през последните 5 години. Използва се стандартен формат, описващ броя и типа на публикациите, техните индексирания и други характеристики.

В системата за публикации един автор може да въведе свой научен труд, написан в съавторство. Съавторът, обаче, не разполага с тази публикация в своята колекция. Нужно е решение за автоматичното отразяване на публикацията в колекцията на съавторите, както и за извършване на интелигентно търсене в множеството публикации. Интелигентен агент, който следи за дейността на авторите на публикации и при нужда реагира и отразява съавторство. За целта е реализирано агентно-ориентирано приложение към системата за публикации. То представлява приложение, написано на програмния език Java, което използва Jadex framework [36] като средство, подпомагащо разработчиците на софтуер при създаване на интелигентни агенти, базирани на софтуерния модел belief-desire-intention (BDI).

Общата диаграма на архитектурата на агентно-ориентираното приложение към Академична система за публикации е представена на Фигура 3.



Фигура 3. Архитектура на агентно-ориентирано приложение

Модулът се състои от 3 основни агента: DSpaceInAgent, DSpaceOutAgent и DSpacePersonalAgentBDI. Те комуникират и взаимодействат помежду си като предоставят услуги и съответно използват услугите на останалите агенти. Услугите са дефинирани като Java интерфейси и са декларирани в предоставящия и/или използващия компонент като предоставени или необходими услуги с помощта на анотации. Интерфейсите на услугите се реализират като Java класове. Услугите са дефинирани на глобално ниво, което позволява при нужда разпределяне на агентите между няколко платформи, без това да се отрази на тяхната съвместна работа, а също така дава възможност на интелигентни компоненти от други системи, разположени на отдалечени платформи също да работят с предоставените услуги, с което се постига целта да се осигури програмен интерфейс към околния свят. Реализираните услуги предоставят асинхронни заявки, за да не се блокира съвместната работа на множество агенти, искащи достъп до един и същ ресурс, т.е. след като направи заявка за даден ресурс, компонентът продължава своята работа, а след получаване на резултат бива известен за това. Тази асинхронна комуникация е възможна не само за локални, но и за отдалечени компоненти.

DSpaceInAgent играе ролята на софтуерен сензор. Той е в режим на изчакване и следи за настъпването на събитие, което да задвижи логиката за отразяване на съавторство - създаване на нова публикация или промяна на съществуваща. Чрез този агент се реализира интерфейс към Академична система за публикации, с който се захранва с данни BDI агента при настъпването на промяна в масива от данни на цифровата библиотека. В тялото си дефинира, реализира и впоследствие предоставя услуга, наречена „dspaceinprovider“ от тип IDSpaceInService. Интерфейсът се реализира от клас DSpaceInServiceImpl. Тази услуга дефинира адрес на крайна точка, която играе ролята на сензор и която системата за публикации извиква в случай на промяна или създаване на публикация. DSpaceInAgent от своя страна използва услугата „useragent“, дефинирана от агента DSpacePersonalAgentBDI. След като получи информация за публикация, се извиква именно тази услуга и предоставените от нея методи, за да се обнови знанието на BDI агента, което задвижва и неговият BDI жизнен цикъл. Освен като сензор, DSpaceInAgent добавя и възможности за работа със системата за публикации, дефинира различни методи, които имат възможност да манипулират цифровата.

DSpacePersonalAgentBDI е реализиран като интелигентен агент, който има за цел да реши проблема със съавторството в системата за публикации, посредством дефиниран за целта план за действие. При неговото имплементиране е използвана BDI архитектура, която в конкретния случай е структурирана по следния начин:

Като знания на агента са дефинирани колекциите и публикациите в системата. Програмно са представени като два обекта от тип списък. DSpacePersonalAgentBDI реализира и предоставя услугата „useragent“, декларирана с интерфейса IDSpaceInternalService. Тази услуга предоставя метод putItem, с който се попълва базата със знания на агента. При настъпване на събитието създаване на нова публикация или промяна на съществуваща такава, сензорът DSpaceInProviderAgent реагира и извиква именно този метод на предоставената услуга. Публикацията за съавторство се добавя в колекцията с вярвания на DSpacePersonalAgentBDI, а тази промяна на знанията задвижва BDI цикъла на интелигентния агент.

Автоматично се създава и инициализира нова цел с висок приоритет (съответства на Desires от BDI схемата). Целта е реализирана посредством Java клас ItemGoal, който съдържа като атрибут публикацията, предмет на обработка.

След като целта е създадена се изпълняват програмираните планове за нейното постигане (съответства на Intentions от BDI схемата), а именно план ItemPlan, който също използва предоставената от DspaceInProviderAgent услуга „dspaceinprovider“ . В тялото на плана се прочита зададената цел ItemGoal и от нея се извлича публикацията за обработка. След това чрез алгоритъм се определя кои са нейните автори и съавтори. Стойността на полето автор на публикацията се разделя по зададен разделител, за да се извлекат съавторите. С помощта на услугата „dspaceinprovider“ се прочитат наличните колекции в дигиталната библиотека, определя се конкретната колекция на всеки намерен съавтор и се извършва търсене на публикацията в тази колекция (по идентификатор). Ако дадената публикация не съществува в колекцията на някой от съавторите, то изпълняваният план я добавя в съответната колекция. Оттук нататък съавторът разполага с новата публикация. Към настоящия момент се извършва търсене по пълно съвпадение на имената на съавтор и неговата потребителска колекция, което да върне само една . За да се подобри процеса на търсене на съвпадения се предвижда изграждането на допълнителна функционалност, включваща използването на база данни, която да позволи всеки автор да въведе името си по различен начин, включително и на различни езици, което в комбинация с алгоритми за приблизително търсене би дало възможност за по-точно намиране на съавторската колекция.

DspaceOutAgent е реализиран като клас, който ще предоставя услуги за други клиенти. Той служи като уеб сървър, отворен на определен хост и порт към външни приложения, който кореспондира със свойствата на оперативния агент и предоставя точки за програмен достъп до публикациите, съхранени в цифровата библиотека. Така данните от системата за публикации ще бъдат достъпни програмно за други приложения или персонални асистенти във ViPS. Чрез този агент може да се върне резултат от интелигентно търсене в системата, да се извлече за четене дадена публикация, да се изпрати потвърждение за отразено съавторство и много други. Агентът дефинира услуга „rest“ под формата на интерфейс IDSpaceOutService, имплементиран от класа DSpaceOutServiceImpl, в който се описват наличните методи за извикване от външни приложения. Например методът getCollections връща към околния свят наличните в цифровата библиотека колекции, методът putCollection се използва за промяна на колекция, а методът putItem служи за промяна на публикация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Във връзка с изпълнението на поставените цели в хода на проведеното научно изследване като начало беше изучена теорията на дигиталните библиотеки и бе разучено Виртуалното Физическо Пространство, неговата структура, подсистеми и възможностите за вграждане на подпространство на дигиталните библиотеки в него. Следващата стъпка бе да се потърсят и разучат технологии, които позволяват изпълнението на поставените задачи, да се дефинират техните предимства и недостатъци и след обстоен анализ да се подберат най-подходящите от тях. На база на този избор се пристъпи към теоретичното проектиране на решение за интелигентно хетерогенно хранилище на данни, което да може да се използва едновременно и като дигитална библиотека на институция и като подпространство на дигиталните библиотеки в референтното пространство Виртуално Физическо Пространство, благодарение на предвидените програмни интерфейси и интелигентни компоненти в разработката. След избора на DSpace като една от основните технологии на разработката, беше оценена наличната схема от метаданни, а след консултации бяха добавени специфични схеми и елементи на метаданни, които да отговарят на нуждите на проекта и академичната насоченост на приложенията. С това теоретичното проектиране на системата приключи и се пристъпи към същинската реализация на проекта.

Във фазата на практическото изпълнение първата важна стъпка бе реализирането на програмния интерфейс DSpace REST API като необходима основа за автоматичното функциониране на системата, а също и като предпоставка за нейното бъдещо включване като подпространство във ВФП и разширяването и с интелигентни компоненти. На тази база постепенно бе изградено пълноценно уеб базирано приложение - цифрова библиотека, което дава възможност на своите потребители да съхраняват своите публикации, да работят с тях, да ги променят, допълват, лесно да разрешават достъп до тях на трети лица и по този начин да ги споделят в рамките на академичната институция. След завършването на този модул, надграждането продължи със създаването на агентно ориентирано приложение към системата за публикации, което да решава програмно различни задачи като търсене и регистриране на съавторство, а също така е проектирано

да бъде основа за бъдещото вграждане на цифровата библиотека в референтното пространство.

Разработена е и вече се използва първа версия на системата за академични публикации, включваща интелигентни компоненти за решаване на проблема за съавторството. Дигиталната библиотека бе разположена на сървър и тествана в реално време като показва отлични резултати и получи много добри отзиви. Системата осигурява интуитивен и лесен за използване потребителски интерфейс, работата с публикации е удобна и за автори и за читатели. Особено добре бе приета възможността на системата да генерира различни отчети и справки на база критерии на търсене. По този начин новият софтуер значително ще улесни отчитането на научната работа в катедра "Компютърни системи". Освен това приложението може да се използва и за съхранение на цифрови ресурси от всякакъв тип, а не само публикации и електронни текстове. Поради тази причина то може да се използва като хранилище за други компоненти във виртуалното пространство, като например туристическия гид [37].

Така като краен технологически резултат е налице един широко срещан стандарт за цифрови библиотеки, какъвто е DSpace, който е разширен с интелигентност под формата на агенти посредством използването на агентно-ориентиран подход. Това от своя страна води до редица практически резултати и предимства при използването на системата – увеличава се гъвкавостта и възможността за приложение в различни сфери, дава се възможност за изграждане на специфични функционалности – генериране на справки, импортиране на публикации, автоматизиране на процеса за работа с научни материали и други. Дефинира се и практически се реализира начин, по който лесно се изграждат интерфейси към външни системи, благодарение на които те също могат програмно да достъпват съдържанието на електронния архив.

Гореизложеното дава надежда, че системата за академични публикации има много добър потенциал и е солидна база за надграждане и усъвършенстване.

В рамките на катедрата това е първата дисертация, посветена на подпространството на дигиталните библиотеки във ВФП, което очертава няколко перспективи. Основната е да се изгради и допълнително разшири архитектура на DSpace комбинирана с интелигентни компоненти. Това е нова и обещаваща възможност за

съхранение на данни във ВФП наред с досега използваните като хранилища бази данни и онтологии. Като друга перспектива може да се разглежда възможността за улеснен програмен импорт на налични публикации от различни външни системи. И не на последно място от гледна точка на проектите в катедра „Компютърни системи“ е възможността инфраструктурата на дигиталните библиотеки да се пренесе в друга област на приложение, например интелигентно земеделие, културно-историческото наследство на България и други.

Бъдещото техническо развитие на системата преминава преди всичко през добавянето на още интелигентни компоненти, които осезаемо да надградят предвидения интерфейс към референтното пространство като предоставят множество услуги за персоналните и оперативни асистенти на ВФП посредством дефинирането на публични уеб услуги и точки за достъп, налични за извикване от мрежата под формата на синхронни или асинхронни HTTP заявки. Услуги за интелигентно намиране на подходяща информация, генериране на учебно съдържание за потребителите на ВФП, съхраняване и предоставяне на оперативни данни и конфигурации за останалите подпространства, като по този начин ще замени нуждата от база данни за съхраняване на тези ресурси. От гледна точка на достъпността се обсъждат начините как системата да стане по-достъпна за своите потребители. Предстои и разполагането на облачен сървър в мрежата, което ще оптимизира използването на системата, ще и даде още по-голяма видимост, ще привлече повече потребители – хора или други приложения, които да ползват съхранените в нея ресурси през браузър или чрез предоставените програмни интерфейси. Важен аспект в бъдещото развитие е и предоставянето на възможност за автоматично импортиране на вече въведени в други бази данни публикации, експортирани предварително в подходящ за обработка формат или дори възможност за директно прехвърляне на метаданни и файлове от други системи при наличие на подходящия интерфейс.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Георги Георгиев, Димитър Христов, Ася Стоянова-Дойчева, Академична система за публикации, Научна конференция по проект ФП17-ФМИ-008 “Иновационни ИКТ в научните изследвания и обучението: математика, информатика и информационни технологии“ 29-30.11.2018 г., Пампорово, ISBN: 978-619-202-439-0, <http://fmi-plovdiv.org/index.jsp?id=3312&ln=1>
2. Hristov D., Georgiev G., Stoyanova-Doycheva A., Academic Publication System, International Conference Automatics and informatics, Bulgaria, Sofia, October 3-5, 2019, ISSN 1313-1850
3. D. Hristov, G. Georgiev, A. Stoyanova-Doycheva, Academic Publication System, Proceedings of the Scientific Conference Innovative ICT for Digital Research Area in Mathematics, Informatics and Pedagogy of Education, Pamporovo, 7-8 November 2019, ISBN: 978-619-202-572-4
4. Д. Христов, Г. Георгиев, А. Стоянова-Дойчева, Академична система за публикации, списание АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА – БРОЙ 2, 2019 г., стр. 40-46, Print ISSN 0861-7562 Online ISSN 2683-1279, <https://sai-bg.com/automatica-and-informatics-2-2019/>

ГРАФ НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Задача	Принос	Секция	Цитирана публикация
Запознаване с ВФП и идеите, стоящи зад него.	Модел на подпространство на дигиталните библиотеки във ВФП	Глава 1	№ 1 от списъка с публикации
Изследване на теорията и терминологията на дигиталните библиотеки.	Модел на цифрова библиотека за академична институция	Глава 2	№ 1 от списъка с публикации
Разучаване и представяне на основните технологии за реализация.	Проект за изпълнение на поставените задачи на база налични технологии	Глава 3	№ 2 от списъка с публикации
Проектиране на обща архитектура и логика на функционална, уеб-базирана и интелигентна цифрова библиотека.	Проект на уеб-базирана цифрова библиотека и приложение с интелигентни компоненти към нея	Глава 4, Глава 5 Параграф 5.4	№ 3 от списъка с публикации, № 4 от списъка с публикации
Реализация на дигитална библиотека допълнена с интелигентни компоненти.	Реализация на уеб-базирана цифрова библиотека и приложение с интелигентни компоненти към нея	Глава 5 Параграф 5.5	№ 3 от списъка с публикации, № 4 от списъка с публикации

БЛАГОДАРНОСТИ

Искам да изкажа огромната си благодарност към проф. Станимир Стоянов, моят научен ръководител, за ценните съвети, които ми даде и идеите, които сподели с мен в процеса на изготвяне на тази дисертация.

Също така много благодаря и на доц. Ася Стоянова-Дойчева за подкрепата, споделените препоръки и напътствия.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Стоянов, С., Попчев, И. Интернет на нещата, Техносфера, БАН, 3(37)/2017, ISSN:1313-3861, 33-44.
2. Alberti, Antonio & Singh, Dhananjay. (2013). Internet of Things - Perspectives, Challenges and Opportunities - Presentation Slides. DOI 10.13140/RG.2.1.4501.4887.
3. Jamaludin, Juliza & Rohani, Jemmy. (2018). Cyber-Physical System (CPS): State of the Art. 1-5. 10.1109/ICECUBE.2018.8610996.
4. A. Sheth, P. Anantharam, and C. Henson, "Physical-Cyber-Social Computing: An Early 21st Century Approach," IEEE Intelligent Systems, vol. 28, no. 1, Feb. 2013, 1541–1672.
5. S. Stoyanov, A. Stoyanova-Doycheva, T. Glushkova, E. Doychev, VIRTUAL PHYSICAL SPACE – AN ARCHITECTURE SUPPORTING INTERNET OF THINGS APPLICATIONS, 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), : 3-6 June 2018, DOI: 10.1109/SIELA.2018.8447156
6. S. Stoyanov, Context-Aware and Adaptable eLearning Systems, PhD Thesis, STRL, De Montfort University, Leicester, UK, 2012.
7. S. Stoyanov, T. Glushkova, E. Doychev, A. Stoyanova-Doycheva, V. Ivanova, Cyber-Physical-Social Systems and Applications. Part I: Reference Architecture,, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019.
8. T. Glushkova, A. Stoyanova-Doycheva, V. Ivanova, S. Stoyanov, E. Doychev, Cyber-Physical-Social Systems and Applications. Part II: Applications, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019.
9. S. Stoyanov, D. Rusev, Integration of virtual and physical worlds in ViPS, Big Data, Knowledge and Control System Engineering (BdKCSE'19), IEEE Conference, 21-22 November, 2019, Sofia.
10. Стоянов, С., "Изграждане на кибер-виртуални пространства" в Национална научна конференция, Смолян, 2017, pp. 6-21.
11. Стоянов, С., В. Вълканов и В. Вълканова, "Виртуално образователно пространство като IoT екосистема" в 6-та Национална конференция по електронно обучение във висшите училища, Китен, 2016.
12. Avramova, Maria. (2018). ЕЛЕКТРОННАТА БИБЛИОТЕКА - СРЕДСТВО ЗА ИНТЕГРИРАНЕ НА РЕСУРСИ. РЕФЕРЕНТЕН МОДЕЛ НА ЕЛЕКТРОННАТА БИБЛИОТЕКА - DELOS DLRM. В:

Библиотеката - проекции във времето - практики, комуникации, ефективност. - Шумен : РБ Стилян Чилингиров, 2017, с. 53-66. - ISBN 978-954-2936-28-2.

13. Witten, Ian & Bainbridge, David & Nichols, D.. (2010). How to Build a Digital Library. How to Build a Digital Library. 10.1016/C2009-0-19701-5.
14. Schwartz, Candy. (2000). Digital libraries: An overview. The Journal of Academic Librarianship. 26. 385-393. 10.1016/S0099-1333(00)00159-2.
15. Khot, Namita & Chavan, Yashvant. (2015). Digital Libraries: Challenges and Problems. Conference: Two Days National Seminar on " Emerging Trends In Library TechnologyAt: Shri Shahaji Chatrapati Mahavidyalaya, KolhapurVolume: Conference proceedings
16. Rahman, A. I. M. Jakaria & Francese, Enrico & Yilmaz, Muharrem & Beyene, Wondwossen. (2011). Metadata practices in digital libraries. 10.13140/RG.2.1.4048.4007.
17. Institutional repository software comparison: DSpace, EPrints, Digital Commons, Islandora and Hydra Castagné, Michel Aug 14, 2013, <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/graduateresearch/42591/items/1.0075768>
18. Usage of digital libraries, <http://www.rsp.ac.uk/start/software-survey/results-2010/>, 01.06.2018
19. Callan, P.A., & Gregson, M. Implementing an enhanced repository statistics system for QUT ePrints. Poster presented at the annual meeting of the International Conference on Open Repositories, July 2012, Edinburgh, UK
20. The Open Archive Initiative Protocol for Meta Harvesting, <http://www.openarchives.org/OAI/openarchivesprotocol.html>, 23.01.2019
21. Digital Commons, a hosted institutional repository <https://www.bepress.com/products/digital-commons/>, 15.02.2020
22. Shin, E., & Woods, A. (2013). Building the future of Fedora. Retrieved from http://or2013.net/sites/or2013.net/files/slides/building_fedora_futures_0.pdf
23. DSpace - A Turnkey Institutional Repository Application, <https://duraspace.org/dspace/>, 05.09.2019
24. Tansley, Robert & Bass, Mick & Stuve, David & Branschovsky, Margret & Chudnov, Daniel & McClellan, Greg & Smith, Mackenzie. (2003). The DSpace Institutional Digital Repository System: Current Functionality. 2003. 87- 97. 10.1109/JCDL.2003.1204846.
25. Dublin Core™ Metadata Initiative, <https://dublincore.org/>, 14.10.2020
26. DSpace Rest API, A programmatic interface to DSpace Communities, Collections, Items,

- and Bitstreams, <https://wiki.duraspace.org/display/DSDOC6x/REST+API> , 03.09.2020
27. Dublin Core, https://en.wikipedia.org/wiki/Dublin_Core, 16.03.2020
 28. Kasakliev, Nikolay & Somova, Elena & Хаджиколева, Станка. (2014). Използване на облачни услуги за подпомагане на мобилното обучение във висшите училища. 4. 94-98.
 29. Grails, A powerful Groovy-based web application framework for the JVM built on top of Spring Boot, <https://grails.org/documentation.html>, 23.12.2020
 30. Groovy, a multi-faceted language for the Java platform, <https://groovy-lang.org/>, 23.12.2020
 31. Active components Jadex <https://www.activecomponents.org> 07.06.2020
 32. Braubach, L & Pokahr, A & Lamersdorf, Winfried. (2011). Jadex: A short overview.
 33. Bratman, M. Intentions, Plans, and Practical Reason. Harvard University Press Volume 10, Cambridge, 1987
 34. Shoham, Yoav. (1970). Agent oriented programming: An overview of the framework and summary of recent research. 123-129. 10.1007/3-540-58095-6 9.
 35. Lehman, Jill & Laird, John & Rosenbloom, Paul. (1996). A gentle introduction to Soar, an architecture for human cognition. 4.
 36. Jadex Active Components, <https://download.actoron.com/docs/releases/latest/jadex-mkdocs/getting-started/getting-started>, 21.01.2019
 37. Todorka Glushkova, Maria Miteva, Asya Stoyanova-Doycheva, Vanya Ivanova, Stanimir Stoyanov, Implementation of a Personal Internet of Thing Tourist Guide, American Journal of Computation, Communication and Control, Publication Date: May 10, 2018, Pages: 39-51, ISSN 2375-3943