

# Интернет на нещата

Станимир Стоянов\*, Иван Попчев\*\*

## Увод

Четвъртата индустриална революция беше основна тема на тазгодишния Световен икономически форум в Давос. В изказването си пред форума Клаус Шваб (негов създател и председател) твърди, че решението на предизвикателствата, свързани с тази революция, трябва да бъде интегрирано и всеобхватно, като включва всички засегнати страни – общественения и частния сектори, академичните среди, гражданското общество. Третата индустриална революция използва електрониката и информационните технологии за да автоматизира производството. Сега, четвъртата революция, стъпвайки върху достиженията на предишната, се характеризира с интегриране на технологиите, като същевременно замъглява границите между физическата, дигиталната и биологическата сфера.

Четвъртата индустриална революция е свързана с развитието на нови технологии в сферата на изкуствения интелект, роботиката, следващото поколение Интернет, Интернет на нещата (ИИН), автономните автомобили, 3D принтирането, нанотехнологиите и други [1]. В резултат на това, възможностите пред милиарди потребители, притежаващи устройства с невиджани досега възможности за обработка на данни, става практически неограничени. Създава се потенциал за увеличение на приходите и подобряване качеството на живот в целия свят.

Животът на хората ще се облекчи и изчисти от рутинни действия с навлизането на умните домове. Според различни прогнози през 2020 г. във всяко жилище ще има средно по 500 датчици, а към Интернет (на нещата) ще бъдат включени между 25 и 50 млрд. устройства в цял свят. Заедно с това изкуственият интелект навлиза все повече в ежедневието под формата на виртуални интелигентни помощници, които могат да общуват с потребителите на естествен език, да превеждат текст или да инвестират пари. Появиха се автомобили, които се управляват сами (с гласова комуникация с човека зад волана, изпълняващ контролни функции), беспилотни самолети за широка употреба и дронове (напр. доставящи колетни пратки).

Според IEEE Communications Society [2], Интернет на нещата набира все по-голяма скорост, а съчетан с облачните технологии много скоро може да е в състояние да дава съвети на потребителите (чрез персоналните им помощници) във всевъзможни ежедневни дейности и в зависимост от емоционалното състояние или предстоящи събития. И всичко това ще бъде много по-лесно възприемано от потребителите, ако съветите на персоналния помощник звучат на разбираем естествен език.

---

\* Ст. Стоянов – проф., Пловдивски университет

\*\* Ив. Попчев – акад., ИИКТ - БАН

Четвъртата индустриална революция е тясно свързана и със следващото поколение Интернет, което трябва да гарантира, че огромният потенциал на изкуствения интелект, обогатена и виртуалната реалност, връзката с физическия свят, машинното обучение, повсеместните мрежи от хора и машини ще се използват пълноценно за всеобщо подобряване качеството на живот и ще допринасят за изграждането на устойчиви общества [3]. Следващото поколение Интернет е сърцето на тази революция и на дигитализацията на индустрията като цяло.

Следващото поколение Интернет ще бъде по-ориентирано към човека - многоезично, приобщаващо и достъпно за всеки във всички сфери на живота. Предизвикателство е премахване пречките пред единния дигитален пазар чрез съдържание и услуги, които са достъпни на естествени езици и особено полезни за хората в неравностойно положение. За това ще бъдат необходими интелигентни, отворени, и персонализирани решения, съобразени с нуждите, уменията и способностите на всеки отделен индивид. Достъпните информационни и комуникационни технологии ще позволят на хората с увреждания да участват в едно по-приобщаващо дигитално общество.

Използването на Интернет, за подпомагане образователния процес, се превърна в трайна тенденция в съвременните университети и училища. Електронното обучение става все по-съществен елемент в образователните стратегии на университетите. В световен мащаб експлозивно нараства търсенето на ефективно работещи платформи за електронно обучение. За подпомагане на електронно обучение във Факултета по математика и информатика на Пловдивския университет (ФМИ) от години се използва средата DeLC [4]. Въпреки, че DeLC е успешен проект за използване на информационни и комуникационни технологии в образованието, един съществен недостатък (както и на преобладаващите системи за електронно обучение) е липсата на тясна и естествена интеграция на неговата виртуална среда с физическия свят, в който се провежда реалния учебен процес. ИнН технологиите могат успешно да се приложат за решаване на този проблем. Допълнително към това, тези технологии разкриват съвсем нови възможности за подпомагане и правене равностойен живота на хората в неравностойно положение, в случая, на обучаващи се такива. Наследникът на DeLC, познат като Виртуално образователно пространство (ВОП), се разработва като ИнН екосистема за справяне с дискутираните недостатъци. Сравнителен анализ между двете среди е представен в [5].

Статията е структурирана както следва: във втора точка накратко се характеризира същността на ИнН; в трета точка се дискутират интелигентните обекти; четвърта точка представя актуалното състояние на ВОП; ВОП като ИнН екосистема се разглежда в пета точка; последната точка представя интегрираната технология за изграждане на ИнН екосистемата.

## Определение на „Интернет на нещата“

През последните години ИнН става област на нарастващ научен и практически интерес. Основните причини за този интерес са новите възможности и новите хоризонти, които ИнН разкрива. Тази нова визия предполага изграждане на общности, в които обектите около нас – често наричани "интелигентни обекти" – могат да се свързват чрез Интернет

и да комуникират помежду си с минимална човешка намеса. Стратегическата цел е да се създаде технологична среда за подпомагане на потребителите, особено за хората в неравностойно положение, в която се интегрират виртуалния и физическия свят и където обектите около нас знаят какво ни харесва, какво искаме, от какво се нуждаем и действат без изрични указания.

Интернет на нещата възниква като резултат на естествената еволюция на Интернет. От еволюционна гледна точка бихме могли да идентифицираме няколко етапа в развитието на Интернет. В края на 60-те години на миналия век бе осъществена комуникация между два компютъра чрез компютърна мрежа. В началото на 80-те години на 20-тия век беше разработен пакета комуникационни протоколи TCP/IP. Комерсиалното използване на Интернет започна в края на 80-те години на миналия век. Следващият етап се характеризира с възникването на World Wide Web (WWW), който става достъпен през 1991 г. Стандартизираната архитектура на WWW прави Интернет изключително популярен, лесен за използване и стимулира бързото му разпространение. По-късно, мобилните устройства, свързани към Интернет, формираха мобилния Интернет. С появата на социалните мрежи различни групи потребители започнаха да използват Интернет за връзка помежду си, като по такъв начин станаха част от Интернет пространството. Естествено е да се очаква, че в един следващ етап това пространство ще се разширява чрез интегриране на обектите около нас, които ще могат да се свързват помежду си (например машина към машина) и да комуникират чрез Интернет.

Терминът "Интернет на нещата" първоначално бе въведен от Кевин Аштън [6] (1998 г.), като технология с потенциал за промяна на света, точно както този на самия Интернет. След три години (2001 г.) MIT Auto-ID центърът представи своята визия за развитието на Интернет [7]. Официално, понятието „Интернет на нещата“ (Internet of Things, IoT) беше въведено в доклада на Международния съюз по далекосъобщения (ITU) през 2005 г. [8].

Най-общо, ИнН е изключително широка визия, предполагаща наличието и интеграцията на значителен брой разнородни технологии. Трудно е да се намери универсална дефиниция на тази парадигма – тук ще разгледаме някои от най-дискутираните в литературните източници. Определението на Европейската комисия [9] фокусира върху семантичния произход на понятието, състоящо се от две думи и носещо съответно две концепции - Интернет и „нещо“ (thing). Интернет е световната мрежа от взаимосвързани компютърни мрежи на основата на стандартен комуникационен протокол (TCP/IP), докато „нещото“ не е съвсем точно определено. Семантично, "Интернет на нещата" означава световна мрежа от взаимосвързани обекти, уникално адресируеми през стандартни комуникационни протоколи. В съответствие с [10] „нещата“ имат идентичност и виртуално представяне, оперират в интелигентни пространства, използват интелигентни интерфейси и комуникират в контекста на общността, околната среда и потребителите. Една по-близка до технологиите дефиниция [11], която в специализираната литература има интересно графично представяне (Фиг.1.), твърди, че "Интернетът на нещата" позволява хората и нещата да бъдат свързани по всяко време, навсякъде, с всичко и с всеки, в идеалния случай с всяка мрежа и всяка услуга.



Фиг.1. Определение на „Интернет на нещата“, съответно [9]

Същността на ИнН, основаваща се на взаимовръзката и комуникацията между ежедневни интелигентни обекти, предполага всеобхватно използване на тази парадигма. Едно целесъобразно предложение за класифициране на приложенията на ИнН е те, въз основа на техния фокус, да бъдат групирани в три категории - индустрия, околна среда и общество [12]. Управление на вериги за доставки, транспорт и логистика, космическо корабоплаване, авиация и автомобилостроене са някои от ИнН приложенията в индустрията. Интелигентни телекомуникации, медицинска техника и здравеопазване, сгради и домове, медии и развлечения са типични примери за ИнН приложения в обществото. Примери за ИнН приложения в околната среда са интелигентно селско стопанство, рециклиране, управление на рискове и бедствия, мониторинг на околната среда. Един добър преглед на типични ИнН приложни области е направен в [13].

### Интелигентни обекти

За да бъде свързано в Интернет, на всяко устройство се присвоява локален IP адрес. В сегашния Интернет IP адресите са 32-битови цели числа, представени в „dot“ формат (състоящ се от четири групи). IP адресите са необходими за рутиране на данните към коректните междинни и крайни устройства. Всеки сървър или устройство, свързани към Интернет, има присвоен собствен IP адрес. В бъдещия ИнН, всяко устройство, независимо от размера си, трябва също да притежава собствен IP адрес. Понеже броят на свързаните в ИнН „неща“ ще бъде несравнимо по-голям в сравнение с тези в сегашния Интернет, възниква проблем – недостиг на IP адреси. Частично този проблем се решава посредством въвеждане на версията IPv4 на протокола. Генерално решение е приемане на следващата версия IPv6. В тази версия се преминава към 128-битова IP адресация, с което потенциалното адресно пространство става практически неограничено.

**Какво е „нещото“?** Най-общо това е същност (обект), която може да бъде свързана към ИнН. „Нещото“ може да бъде:

- Много голямо и много комплексно – напр., кола, къща, цял град.
- Много малко и трудно забележимо – напр., отделен миниатюрен сензор в колата или къщата.

- Ежедневно използван предмет – напр., четката за зъби.
- Част от нещо по-голямо – напр., рафт на библиотека или хладилник.
- Нематериално или абстрактно понятие – напр., информация за състояние на обекти, структура данни, време, местоположение, събитие.

„Нещата“ могат да имат йерархична структура, където по-големите „неща“, които ще наричаме *градивни блокове*, се изграждат от множество по-малки „неща“. Два типични примера:

- Интелигентна кола - отделните сензори в една лека кола (сензори на спирачки, радарни сензори, камери, сензори на мотора, сензори на вратите, круиз контрол) се свързват във вътрешна мрежа, през която събраните данни се предават на главния компютър и той активира необходимия контролен софтуер.
- Интелигентна инвалидна количка – информацията от сензорите, предназначени за управление на количката, се събира от едноплатков (или едночипов) компютър и се предава на персоналния асистент на използващия количката.

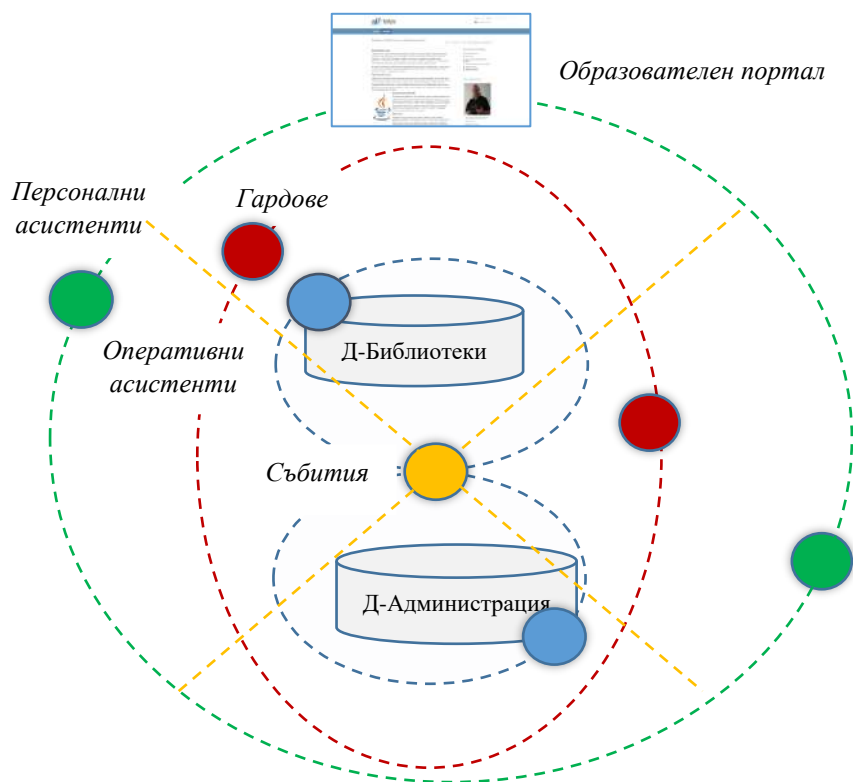
Градивните блокове могат също да включват вградени по-малки устройства.

Така представените „неща“ ще наричаме *интелигентни обекти*, ако независимо от строежа си те могат да бъдат идентифицирани и да могат да приемат и/или предават данни. По този начин интелигентните обекти могат да се свързват в ИН. Обикновено, интелигентните обекти притежават някаква памет. Такива обекти могат да съхраняват данни и при необходимост да ги препредават.

## Виртуалното образователно пространство

ВОП е кибер-физическо пространство, в което се въвеждат нови подходи и сценарии за решаване на комплексни проблеми в областта на електронното обучение. Съществена тенденция в електронното обучение е то да се опира на интегрирания характер на високо технологичния свят, в който хората живеят и учат. Основен приоритет е интегриране на различни технологии, които ангажират учащите се и повишават интереса им към учебния процес по начини, невъзможни преди това. Разкриват се нови възможности за обучение и преподаване, както и за подобряване и разширяване взаимодействието с локални и глобални общности. Образователните пространства, както физически, така и виртуални, са планиращи среди, в които се осъществяват различни форми на интегрирано обучение. Те могат да свържат училище, университет, дом и образователна общност, като повишават и подпомагат гъвкаво обучение извън границите на училищните и университетските сгради, както и извън нормалните учебни дни. Тези пространства могат да направляват също вземането на стратегически решения в училищата, университетите, правителствените и образователните институции.

Инфраструктурата на пространството е обект на непрекъснато усъвършенстване и развитие - тук ще представим накратко актуалното й състояние. В актуалната версия на ВОП оперират седем компоненти и системи, които взаимодействайки се подпомагат учебния процес (Фиг.2.).

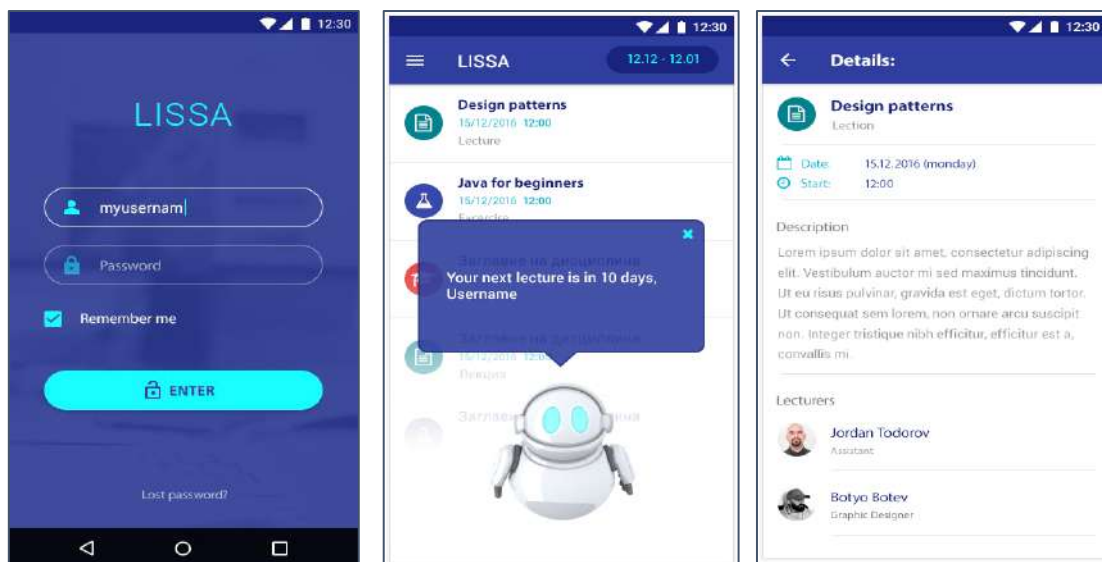


Фиг.2. Инфраструктура на ВОП (актуално състояние)

**Персонални асистенти.** Те 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 (Фиг. 3.).

**Оперативни асистенти.** 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.

**Гардове.** 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 напр., дим, температура, влажност). Гардовете оперират като интерфейс между физическия и виртуалния свят на пространството. Гардовете мога също да бъдат част от процеса на идентификация и персонализация, изпълняващи различни разпознаващи потребителите на пространството функции.



Фиг.3. Персонален асистент на студент LISSA

**Събития.** Във ВОП е изключително важно да можем да описваме еднозначно обстоятелствата в момента на настъпване на конкретното събитие, а данните които описват тази информация да бъдат представени в преносим, дискретен, компактен формат. Освен представяне на събития, трябва да се предлагат също механизми за работа с тях. Събитийният модел на ВОП, използван за представяне, управление и интерпретация на събития, подпомага както реализирането на събитийно-ориентирано поведение на компоненти на пространството, така също и за синхронизиране на техните действия.

**Д-Библиотеки.** Дигиталните библиотеки са едно от двете подпространства, където се съхранява различен вид електронно съдържание. Актуално се поддържат следните библиотеки:

- Учебно съдържание – това съдържание може да се съхранява както в широко използваемите формати (.doc, .pdf, .ppt, ...), така също и в SCORM 2004 формат. За доставяне на SCORM съдържание в подпространството е интегриран SCORM 2004 Player.
- Тестови въпроси – в тази библиотека се съхраняват необходимите за провеждане на електронно изпитване тестови въпроси, удовлетворяващи стандарта QTI 2.1. Преподавателите могат да подготвят шаблони, от които се генерират индивидуален за всеки студент изпитен тест.
- Публикации – библиотеката е предназначена за съхраняване на публикации. Представянето на публикациите е в съответствие с онтологията Dublin Core.

В това подпространство, за реализиране на интелигентни методи за търсене в библиотеките, се поддържа и непрекъснато усъвършенства едно метаниво, включващо различни онтологии.

**Д-Администрация.** В административните бази данни се съхранява цялата необходима помощна информация за планиране, организиране, протоколиране и документиране на учебния процес, като напр. учебни планове, програми и разписания, протоколи от изпити, дневници, ученически и учителски бележници. В модела ще се поддържа също механизъм за споделено разбиране, използващ онтологии. При електронното обучение

е целесъобразно изграждане на онтологии, като напр., онтологии на учебно съдържание, педагогически онтологии, структурни онтологии.

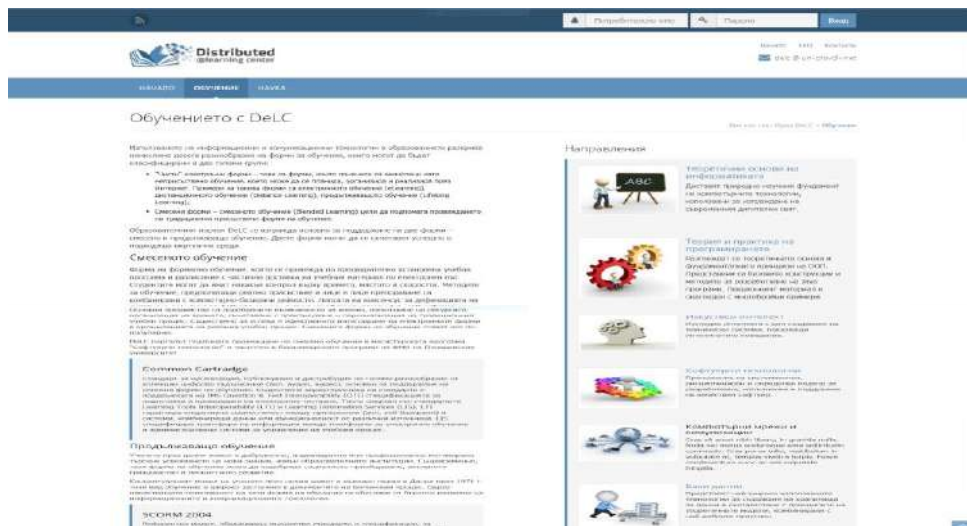
**Образователен портал.** Разработен е като специализирана „входна точка“ в пространството, която доставя образователни услуги, поддържащи различни форми на електронно обучение – смесено обучение (blended learning), самоподготовка (self-paced learning), учене през целия живот (lifelong learning), игрово-базирано обучение (game-based learning). При изпълнение на услугите порталът осъществява връзка с дигиталните библиотеки и дигиталната администрация. Основните електронни услуги са следните:

- *Предоставяне на учебен материал* – регистрираните потребители на актуалната версия на портала имат достъп до лекционен материал по дисциплини, включени в учебните планове на бакалавърските и магистърските програми на ФМИ (Фиг.4.). За нерегистрираните потребители, за учене през целия живот, порталът доставя учебен материал в областите „Когнитивна роботика“ и „Българско културно-историческо наследство“ и специализиран за информатици английски език.
- *Управление и провеждане на електронни тестове* – посредством тази услуга могат да се планира, провежда и документира електронно изпитване.
- *Електронна студентска книжка* – за всеки студент се поддържа индивидуална студентска книжка, където се съхранява информация за напредъка в учебния процес, т.е. за резултатите във всички изучавани дисциплини.
- *Електронен преподавателски бележник* – в преподавателския бележник се съхранява информация за резултатите от обучението на група студенти по определена дисциплина.
- *Регистрация за избираеми дисциплини* – обикновено, избираемите дисциплини представляват съществена част от учебните планове. Услугата подпомага лесна и безконфликтна регистрация за участие в желаните избираеми дисциплини.
- *Планиране, управление и контрол на практически проекти* – услугата подпомага проектно-ориентирано обучение, което се реализира в някои от магистърските програми на ФМИ.

Порталът осигурява достъп и до самостоятелни системи, които са част от пространството, но имат също собствени сайтове. Такива са:

- Фокус - независима система за автентикация и оторизация.
- Публикации – достъп и работа с библиотеката за научни публикации.
- Проекти – представяне на научно-изследователските проекти на екипа, разработващ ВОП.





Фиг.4. Предоставяне на учебен материал

Друга система със самостоятелен достъп, интегрирана в пространството, е средата за игрово-базирано обучение. Средата използва обогатена и виртуална реалност, комбинирана с интелигентни агенти, за реализиране на учебни игри. На Фиг. 5. е представена демонстрационна версия на средата, конфигурирана за начално обучение на деца за спазване правилата за движение.



Фиг.5. Инфраструктура на ВОП (актуално състояние)

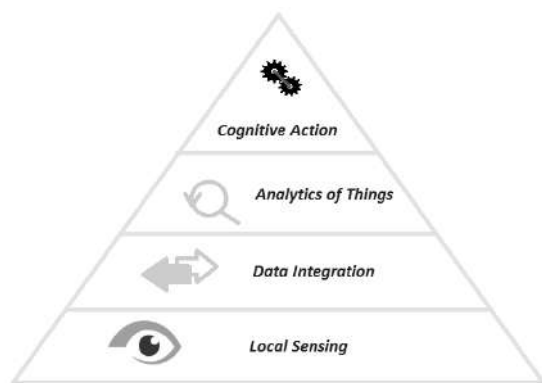
## ВОП като ИнН екосистема

ВОП е социално информационно пространство, което интегрира хетерогенни технологии и педагогически подходи за подпомагане на различни форми на електронно обучение. В него могат да се експлоатират нови възможности, разкриващи се от интеграция на виртуалната среда за електронно обучение и физическия свят, в който се провежда реалния учебен процес. Съществена мотивация е подпомагане и правене равностоеен живота на хората в неравностойно положение, в случая на обучаващи се. Така, идеята за ИнН е адекватна и приложима за изграждане на виртуално пространство за електронно обучение.

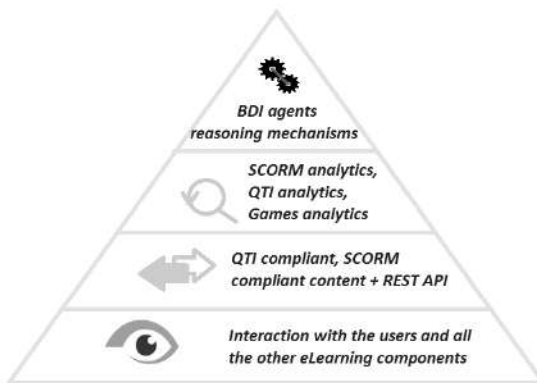
Интелигентните обекти са основната концепция в една ИнН екосистема - те установяват връзката между реалния и дигиталния свят. Интелигентните обекти трябва да бъдат безпроблемно свързани помежду си, за да бъдат способни да споделят знания и функционалност, възползвайки се от хетерогенни комуникационни технологии. Натрупаното знание трябва да бъде напълно споделяемо и поддържано по подходящ начин в цялата екосистема. За да може един интелигентен обект да функционира като интегрирана единица в такава екосистема, трябва да е способен за мониторинг, наблюдение, изчисление и обработка на наличните знанията в околната среда, вземане на решения, правене на планове, координация и сътрудничество с други обекти в екосистемата за постигане на лична или обща цел. Всички тези изисквания са класифицирани и структурирани в стандартния стек на ИнН (Фиг. 3.). Стектът представя концепциите и потоците за придобиване на знания, тяхното натрупване и споделяне навсякъде сред компонентите на ИнН екосистемите. Той се състои от няколко слоя, които отговарят за изпълнението и поддържането на пълен цикъл на управление на знания и поведения:

- Local Sensing Layer - отговорен за натрупване на знания от околната среда посредством наблюдаване и улавяне промените в условията на околната среда.
- Data Integration Layer – осигурява интегриране на данни и споделяне на хетерогенната сензорна информация по унифициран за цялата екосистема начин.
- Analytics of Things Layer - отговаря за обработката на придобитите знания посредством извлечение на метаинформация от суровите данни, така че да са използвани от когнитивния слой.
- Cognitive Actions Layer - отговаря за прилагането на когнитивни шаблони, открива тенденции чрез използването на метаинформация, способен да определя нови цели, да прави планове, да разсъждава за по-нататъшни действия, да инициира корекции.

За да може ВОП да оперира като ИнН екосистема за електронно обучение, трябва да изпълни характеристиките и функционалността на всеки слой в стека, както и да осигури безпроблемен трансфер на знания, познавателни възприятия и механизми за разсъждение между тези слоеве. Съществено различие е това, че ВОП се изгражда основно от интелигентни асистиенти (реализирани като интелигентни агенти), които оперират автономно, проактивно и социално. По тази причина, в пространството е трудно ясно да се очертаят отделни архитектурни слоеве. Кореспонденциите със стандартните слоеве на ИнН са представени по скоро на функционален признак (Фиг.4.).



Фиг. 6. Стандартен ИнН стек



Фиг. 7. ВОП ИнН стек

Възможностите на Local Sensing слоя се реализират от модулите за взаимодействие на потребителите на ВОП, както и от вътрешните механизми за установяване на състоянието на самото пространство в резултат на директни действия на потребителите или инициирани образователни процеси и потоци, които влияят на тези вътрешни състояния.

Слоят за интегриране на данни се подпомага чрез приемане на няколко спецификации (SCORM 2004, QTI 2.1.), осигуряващи унифицирани цифрови модели за учебно съдържание, заедно с кореспондираща метаинформация, интегрирана в представянето на съдържанието. Поддръжката на съвместимо със спецификациите съдържание осигурява разширяемост на пространството и безпроблемен обмен на данни с външни системи и източници, удовлетворяващи на тези стандарти.

Удовлетворяването на изискванията към този слой се подпомага също от спецификацията на единен за пространството модел на събития, съгласно която случващите се различни събития имат единно представяне и единна интерпретация.

Аналитичният слой анализира метаинформацията, получена от слоя за интегриране на данни. Типична метаинформация са резултатите от електронното тестване, данните за поведението на студентите по време на самоподготовката, резултатите от образователните игри. Една от съществените цели на този слой е осигуряване на необходимата информация за постигане на персонализирано и интелигентно поведение.

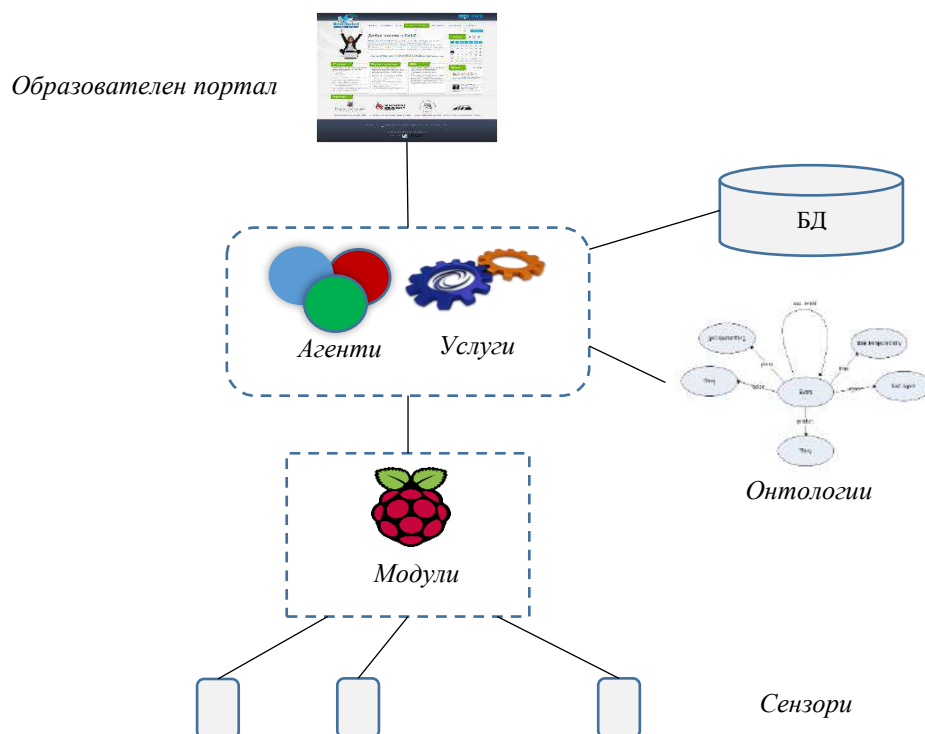
Слоят на когнитивните действия се поддържа основно от интелигентните агенти на пространството – персоналните асистенти, оперативните агенти и гардовете. Те имат когнитивни способности и лесно извършват интелигентна обработка на данни в различни контексти чрез прилагане на сложни механизми за разсъждения, подпомагани от онтологии.

Концептуалната композиция на ВОП е напълно съвместима с ИнН стека. Пространството може да бъде характеризирано като екосистема за електронно обучение, „обитавана“ от интелигентни взаимосвързани обекти, способни да натрупват и споделят знания и образователни услуги от различни контексти, аспекти и обхвати.

## Интегрирана технология за изграждане на ВОП

Като хардуер и софтуер пространството е система с висока степен на сложност, където се използват различни типове софтуерни и хардуерни компоненти. Освен това, една ИнН екосистема предполага наличието на сензорна мрежа (една сензорна мрежа може обаче да съществува самостоятелно). Независимо от това, за изграждане на ВОП е целесъобразно е да се направи усилие за специфициране на единна, по възможност хомогенна, технология. За реализиране на принципната схема на интегрирана технология за ВОП (Фиг. 8.) използваме отворени среди и средства, опериращи върху виртуалната машина на Java.

За ИнН приложенията особено подходящи са агентно-ориентирани подходи. Основните компоненти в архитектурата на ВОП са така наречените асистенти, които са реализирани като интелигентните агенти. Те обаче не са достатъчни. Сам по себе си един агент е софтуерен компонент, опериращ отчитайки динамиката на околната среда, но неподходящ за доставка на бизнес-функционалност. Услугите са добро решение за реализация на функционалност, но те са статични, не са проактивни и не могат да бъдат самостоятелни компоненти в пространството. По тази причина агенти включват във вътрешната си архитектура подходящи интерфейси към услуги. Така пространството оперира като екосистема за електронно обучение, отворена за разширяване с нови образователни услуги.



Фиг. 8. Принципна схема на интегрирана технология

Решенията си асистентите (агентите) вземат като използват фонове (съществуващи) знания за проблемната област, съхранени в бази данни и онтологии, и актуална информация за физическия свят, получавана от сензорите. За функциониране на

интегрираната технология, от съществено значение е данните от физическите сензори (състоянието на физическия свят) да могат да се предават във виртуалната среда, където оперират интелигентните асистенти (агенти) и където се вземат решенията. И обратното – решенията да оказват ефект върху физическата среда, като се предават съответни команди и данни към актуаторите (ефекторите). За целта са необходими подходящи интерфейси. В нашето решение агентите не взаимодействат директно със сензорите, а с модули (друг тип компонент), които са разположени върху едночипови или едноплаткови компютри (напр. Raspberry Pi). Тези модули оперират като посредници между физическия свят и виртуалните интелигентни асистенти на пространството.

Друг съществен момент на интегрираната технология е взаимодействието на образователния портал с когнитивния слой на пространството. За целта е разработен интерфейс между развойната среда Grails (и езика Groovy), в която е имплементиран портала, и средите JADE и Jadex, използвани за имплементиране на асистентите в пространството.

Интегрална част на интегрираната технология е средата MATE (Multi-Agent Testing Environment), която е платформа за игрово-базиран обучение, поддържано във ВОП. Мулти-агентната среда е изградена и моделирана в категориите на агентно-ориентираното програмиране като съвкупност от автономни агенти, всеки със своите отговорности в общата архитектура - отговорности, произтичащи от нуждите на изпитния процес. Паралелно с агентно-ориентирания си експериментален произход, MATE се вмести в утвърдения с годините сървърно-клиентски стек на многослойните Интернет приложения. Ядрото на платформата е интерфейсът HTML5/JavaScript - за изграждане на обогатена и виртуална реалност, в която се провеждат игрите – и JADE. Използването на агентно-ориентирана технология предоставя различни възможности за динамизиране на игровия виртуален свят. Така напр., за приложението на Фиг. 5. е възможно различните превозни средства, сгради, кръстовища, светофари да се моделират като агенти, които да могат да взаимодействат помежду си. Освен това, интегрираната технология позволява в играта да се интегрират online реални ситуации от физическия свят.

В интегрираната технология интерпретаторът на събития, познат като Event Engine, заема централно място. Активните компоненти на пространството могат да го използват в два режима – като Java програмна библиотека и като услуга. Първият вариант предоставя удобен начин за боравене със събития, а работата като услуга е предназначена за управлението на информационния поток от събития, генериран в пространството, абониране за конкретен вид събития, филтриране, разпращане към един или повече абонати и прочее.

## Заклучение

Безспорно, използването на ИН става област на нарастващ изследователски и практически интерес. В статията обобщено са разгледани основните характеристики на такива приложения. Опитът на авторите в тази област е представен чрез актуалното състояние на ИН екосистема за електронно обучение, наречена ВОП. Отчитайки това, че предстоят решаването на редица проблеми и справянето с множество предизвикателства

до достигането на значими резултати, в заключение бихме споменали два съществени проблема.

Поради хардуерната и софтуерната сложност и хетерогенност, изграждането на ИНН приложения е свързано със сериозни рискове. Целесъобразно е да се търсят възможности за създаване на среди и средства за изпреварващо реалния развой моделиране на такива приложения. Предшестващо моделиране би било от огромна помощ, като моделът може да се изследва и анализира за идентифициране на слаби места и грешки. Изборът на подходящ подход за моделиране е важен проблем. Амбиент-ориентираното моделиране би могъл да бъде адекватен подход за моделиране на ИНН приложения.

В архитектурата на пространството, като интелигентни ИНН компоненти, могат да бъдат интегрирани хуманоидни роботи и роботизирани конфигурации. Резултатите от изследванията на тази разширена инфраструктура на ВОП биха допринесли за усилване възможностите за приложение и за универсализиране на ИНН.

## Благодарност

Изследването е частично финансирано от НПД на Пловдивския университет с проект № МУ17-ФМИ-001 “EXPERT<sup>1</sup> (Experimental Personal Robot That Learn)”, 2017-18.

## Литература

1. K. Schwab, *The Forth Industrial Revolution*, Crown Business, New York, 2016.
2. Ten Communications Technology Trends for 2017. IEEE ComSoc Technology News, Issue: January 2017. <http://www.comsoc.org/ctn/ten-communications-technology-trends-2017>.
3. HORIZON 2020 Work Programme 2018-2020 “Leadership in enabling and industrial technologies / Information and Communication Technologies” (*draft*). 2 February 2017.
4. S.Stoyanov, I.Ganchev, I.Popchev, M.O’Droma, From CBT to e-Learning, *Journal “Information Technologies and Control”*, No. 4/2005, Year III, Pp. 2-10, ISSN 1312-2622.
5. С. Стоянов, И. Попчев, Инфраструктури за електронно обучение, списание „Техносфера“, БАН, 4(30)/2015, ISSN 1313-38612015, 38-45.
6. K. Ashton, That ‘internet of things’ thing in the real world, things matter more than ideas, *RFID Journal*, June 2009.
7. D. L. Brock, The electronic product code (epc) a naming scheme for physical objects, Auto-ID Center, White Paper, January 2001.
8. International Telecommunication Union, *Itu internet reports 2005: The internet of things*, International Telecommunication Union, Workshop Report, November 2005.
9. European Commission, *Internet of things in 2020 road map for the future*, Working Group RFID of the ETP EPOSS, Tech. Rep., May 2008.
10. T. Lu, W. Neng, Future internet: The internet of things, In: *3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, Vol. 5, August 2010, V5–376–V5–380.
11. P. Guillemin, P. Friess, *Internet of things strategic research roadmap*, The Cluster of European Research Projects, Tech. Rep., September 2009.
12. L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The internet of things: A survey, *Comput. Netw.*, Vol. 54, No. 15, 2787–2805, Oct. 2010.
13. M. Miller, *The Internet of Things*, QUE, USA, 2015.