

ИНТЕЛИГЕНТНО ЗЕМЕДЕЛИЕ В STEAM ЦЕНТРОВЕ

Ирина Красиминова Кръстева¹, Йордан Георгиев Тодоров¹, Иван Станимиров Стоянов¹
¹Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН, София

INTELLIGENT AGRICULTURE IN STEAM CENTERS

Irina Krasteva¹, Yordan Todorov¹, Ivan Stoyanov¹

¹Institute of Information and Communication Technologies, BAS, Sofia

** Авторите изказват благодарност към научен проект ННП на МОН „Интелигентно растениевъдство“ (2021-2024), за частичното финансиране на настоящата работа.*

Abstract: The article presents a conceptual model and architecture of the ATOS (Artificial intelligence for agriculture TO Steam center) platform, designed for STEAM centers. The theoretical basis of the platform is the concept of „integrated domains“, developed in accordance with the work program of the National Scientific Program „Intelligent Agriculture (2021-2024)“ (NSP). The basic component in this program is ViPS, which is a reference architecture for building cyber-physical applications, which is adapted for different domains as e-learning, digitization of cultural and historical heritage, smart agriculture and smart city. One of the main goals of the program is to involve young researchers (including school students) in the problems of intelligent agriculture. The idea of ATOS is to maintain an integrated domain „intelligent agriculture – STEAM Center“, using the information resources of the NSP to provide training units mainly on the subject of biology and its applications in intelligent agriculture, as well as on topics such as artificial intelligence, robotics, game-based learning. A key component of the ATOS platform is a personal intelligent student assistant mounted on a third-generation Robobo robot.

Keywords: STEAM center, JaCaMo, Robot Robobo, Intelligent agriculture, ViPS

Въведение

Съвременното развитие определя все по-важната роля на всепроникващия компютинг и интернет на нещата. Разработваните на тяхна основа кибер-физически системи (CPS) реализират колаборацията и координацията между виртуалния и физическия свят [1]. CPS се определя като ключова област на научните изследвания, която се очаква да окаже значително техническо, икономическо и обществено въздействие върху начина, по който живеем и си взаимодействаме със света около нас. Тъй като социалният фактор става все по-важен при реализирането на такива системи в [2] се дефинира понятието кибер-физически и социални системи (CPSS). Създаването на тези системи се дължи до голяма степен на безпрецедентното разширяване на киберпространството и дълбокото му въздействие върху начина, по който хората се държат и си взаимодействат. С въвеждането на социални елементи в CPS възникват нови научни и практически предизвикателства за изграждане на подходящи инфраструктури и системи.

ViPS (Virtual Physical Space) е референтна архитектура, която може да бъде адаптирана за разработване на различни приложения от CPSS тип, като напр. електронно обучение, дигитализация на българското културно-историческо наследство, интелигентни градове [3],[4] и други. Виртуалното образователно пространство ВОП е интеграция на ViPS в областта на обучението.

Адаптацията на средата за интелигентно земеделие е част от работната програма на стартиралата през 2021 год. Национална научна програма „Интелигентно земеделие“. Една от целите на програмата е да бъдат приобщавани образователни институции, вкл. университети и училища, към идеите и предизвикателствата на интелигентното селско стопанство. В контекста на тази цел в статията се представя идеята за изграждане на „интегриран домейн“ за взаимодействие между училищни STEAM центрове и Виртуалното образователно пространство, което е адаптация на ViPS в областта на обучението.

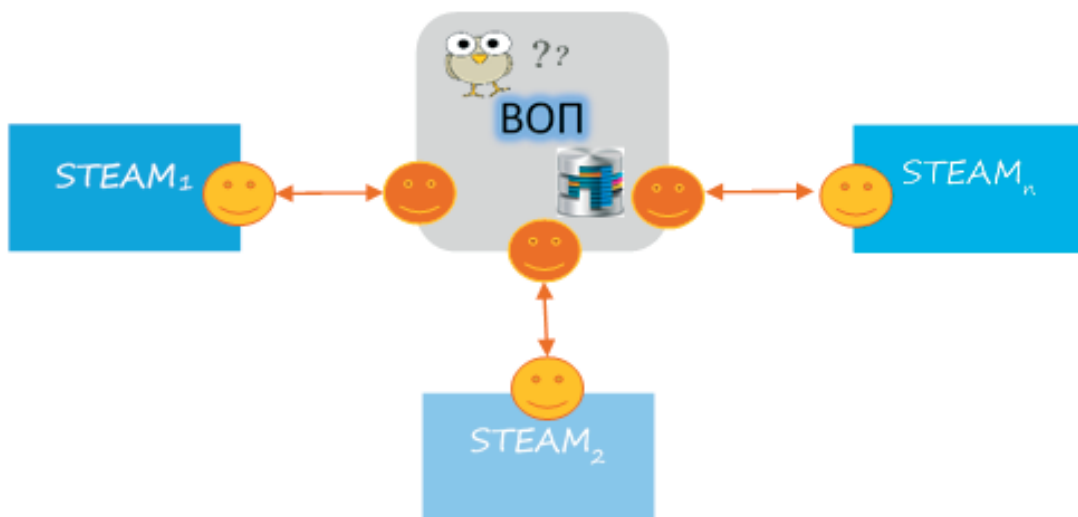
Статията е структурирана както следва: в първата част се разглежда модела и архитектурата на ATOS. Във втората част е представена технологичната платформа на ATOS и агентно-ориентираната развойна среда JaCaMo. Образователният робот от трето поколение Robobo се разглежда в третата част. В следващата част се представя персоналният асистент и Робобо асистента, както и протокола за комуникация между тях. Статията завършва с демонстрационен пример на комуникацията между агентите.

Модел и архитектура на ATOS

Моделът и архитектурата на ATOS се изграждат на основата на понятието за интегрирани домейни. Както беше споменато ViPS е адаптиран за различни приложни области. Пространството включва стандартни компоненти (обикновено интерпретатори), които се адаптират посредством специфични за домейна структури данни, и нови специфични за домейна компоненти. Новите компоненти се съхраняват в специализирани библиотеки, които са съставна част на ViPS. Така, при всяка адаптация референтната архитектура се разширява.

В определени случаи би било целесъобразно ViPS да реферира не един единствен, а повече домейни. Така възниква идеята за интегрирани домейни, която ще бъде представена през „гледната точка“ на персоналния асистент (ПА). Ще представим накратко основните означения, които използваме за формализиране на проблема. Да приемем, че имаме n домейна и съответно n ПА. Всеки ПА оперира в една специфична за домейна околна среда E_i , $i=1, \dots, n$. Всяка среда от своя страна включва едно множество артефакти A_i от различно естество, в зависимост от спецификата на съответния домейн. Освен това, нека въведем понятието за пълно интегрираната околна среда $IE = \dots$, като за две среди $e_i, e_j \in IE$ може да е в сила $e_i \cap e_j \neq \emptyset$, т.е. околните среди на отделните домейни могат да имат общи артефакти. Една частично интегрирана околна среда $PIE \subseteq IE$.

Вторият проблем на изграждането на интегрирани домейни е използване на онтологии, които да представят релациите между различните типове артефакти в една интегрирана среда. Тези онтологии ще бъдат също част от интегрираната околна среда, т.е. добре би било агентите да са в състояние да разглеждат онтологията също като артефакти. Тук ще представим накратко една такава възможност, която използва JaCaMo.



Фигура 1. Обща архитектура на ATOS

В статията представяме един конкретен интегриран домейн, включващ STEAM центрове и ВОП (Фиг. 1.). Технологична платформа на ATOS.

Технологичната платформа на ATOS включва два базови компонента:

- Агентно-ориентираната развойна среда JaCaMo;
- Образователният робот от трето поколение Robobo.

Агентно-ориентираната развойна среда JaCaMo

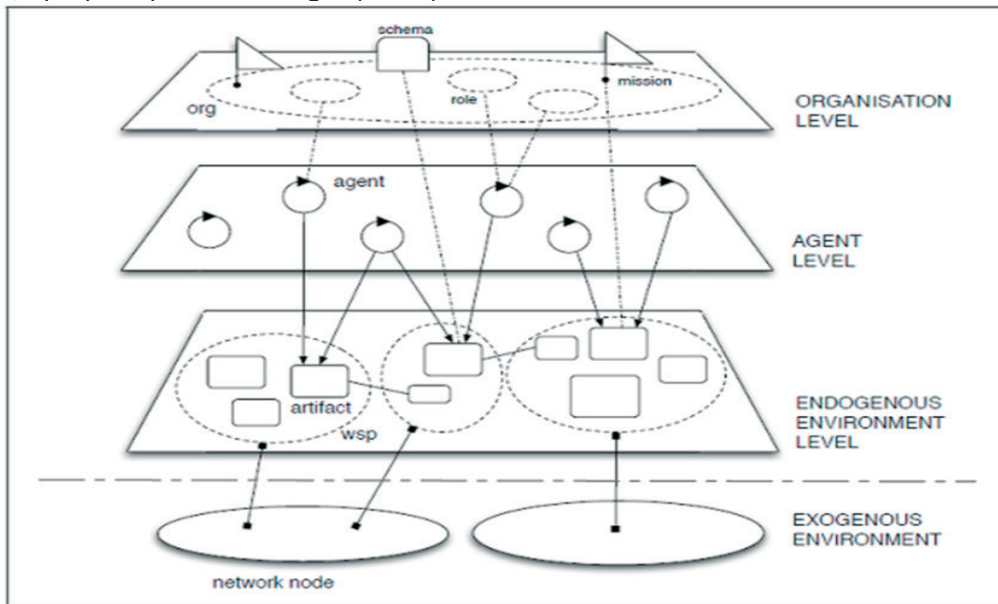
JaCaMo [5] е рамка за мултиагентно програмиране, която съчетава три отделни технологии, всяка от които е добре позната сама по себе си и разработвана в продължение на години, така че те са доста здрави и пълноценни. JaCaMo е комбинация от:

- Jason – за програмиране на автономни агенти;
- Cartago – за програмиране на артефакти на околната среда;
- Moise – за програмиране на мултиагентни организации.

По този начин обхваща всички нива на абстракции, които са необходими за развитието на усъвършенствани многоагентни системи.

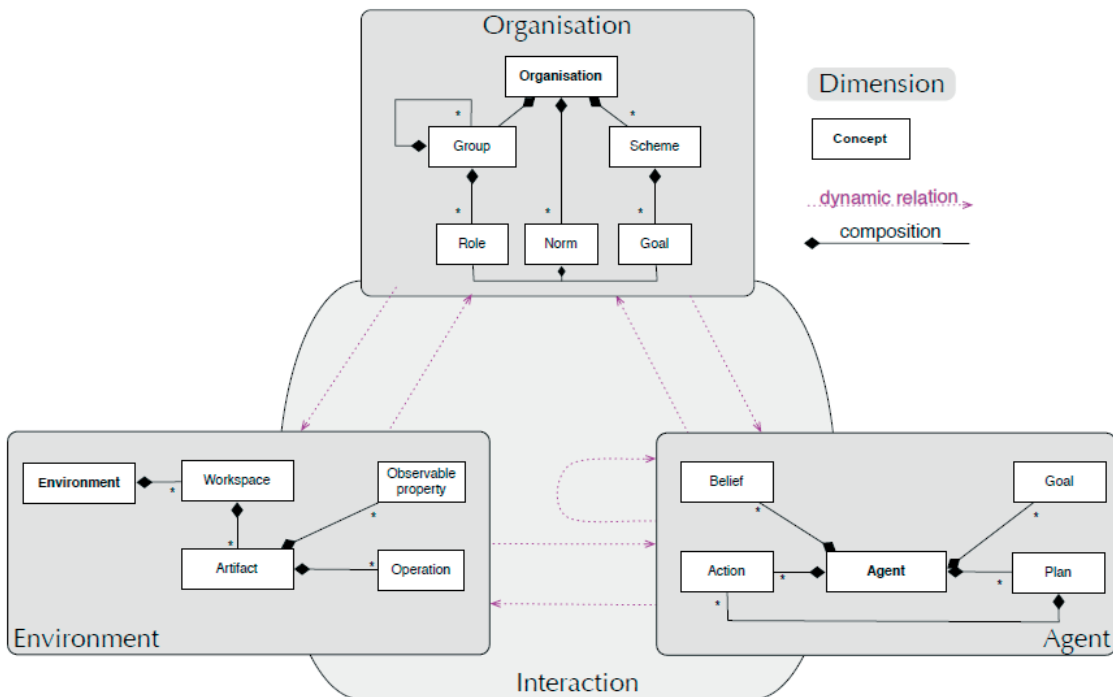
JaCaMo платформата е достъпна с отворен код и под GNU LGPL. Мултиагентна система JaCaMo или,

еквивалентно на това, софтуерна система, програмирана в JaCaMo, се предоставя от Moise организация на автономни BDI агенти, програмирани в Jason, работещи в споделени разпределени среди, базирани на артефакти, програмирани в CArTAgO. (Фиг.2)



Фигура 2. Общ преглед на мутиагентна система JaCaMo

Всяка от трите независими платформи, съставлящи рамката JaCaMo, има свой собствен набор от програмни абстракции и своя референтен модел за програмиране (Фиг.3.).



Фигура 3. Концепции и връзки в JaCaMo

Абстракциите, принадлежащи към измерението на агента, свързани с метамодела на Jason, са вдъхновени главно от архитектурата BDI, върху която се базира Jason. Така че агентът е субект, съставен от набор от вярвания, представящ текущото състояние и познания на агента за средата, в която се намира, набор от цели, които съответстват на задачите, които агентът трябва да изпълни / постигне, и набор от планове които са курсове от действия, вътрешни или външни, задействани от събития и които агентите могат динамично да съставят, инстанцират, и изпълнят за постигане на целите.

Що се отнася до средата, всяка инстанция от CArTAgO се състои от един или повече обекти в работно-

то пространство. Всяко работно пространство се формира от определен набор от артефакти, които осигуряват набор от операции и наблюдаеми свойства, определящи интерфейса за използване на артефакт. Изпълнението на операцията може да генерира актуализации на наблюдаваните свойства и конкретни наблюдаеми събития.

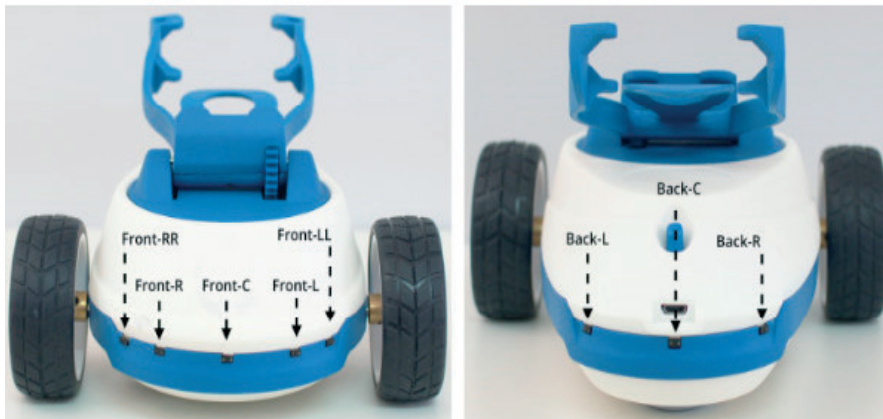
По отношение на организационния метамодел на Moise можем да кажем, че:

1. структурната спецификация е описана от групите и ролевите единици – и двете определящи структурата на различните групи агенти и подгрупи в организацията
2. функционалната спецификация се определя от социалната схема, мисията и целите – социалната схема определя структурата на целите на организацията (структурирани като мисии)
3. нормативната спецификация се дефинира чрез нормативната единица, която обвързва ролите с мисии, ограничавайки поведението на агента, когато влиза в група, играеща определена роля.

Образователният робот от трето поколение Robobo

Проектът Robobo е създаден за използване от STEM или STEAM (Science – Technology – Engineering – Arts – Mathematics) лаборатории и има за цел да приближи образователната роботика от началното и средното училище до приложения от реалния свят [6]. Основава се на хардуерна платформа, наречена Robobo, много гъвкава среда за програмиране и набор от STEAM уроци за тяхното интегриране.

Роботът Robobo се състои от мобилна платформа и панел за накланяне (PAN-TILT устройство), който поддържа смартфон. Платформата се задвижва от две колела, които от своя страна се задвижват от два мотора и позволяват на Robobo да достигне до скорост от 1 m/s с въртящ момент 40 Nm . Двете колела могат да се движат независимо напред или назад, позволявайки на робота да се върти. Състои се от 7 светодиода и 8 инфрачервени сензори. Чрез сензорите роботът открива препятствия, до $10\text{-}15\text{ cm}$ в зависимост от цвета на препятствието, пропасти и избягва падане и сблъсък [7].

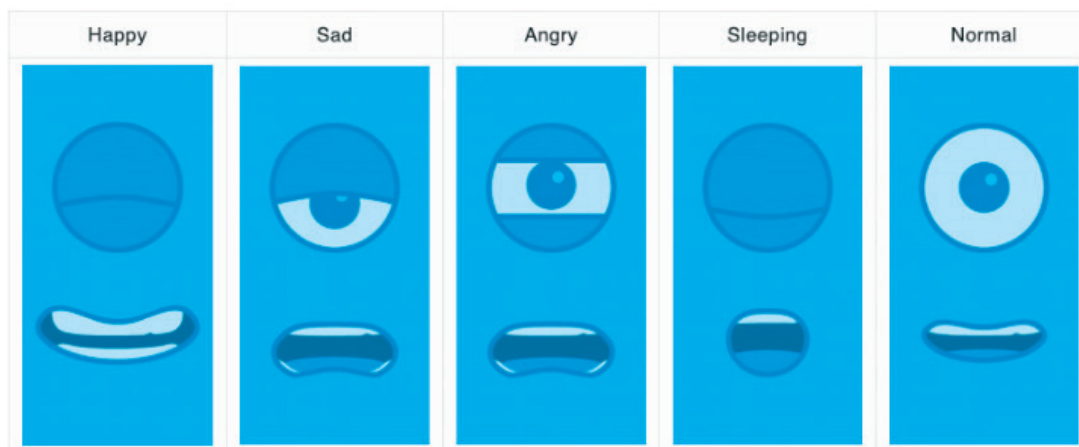


Фигура 4. Робот Robobo

Базата Robobo е тялото, докато смартфонът е мозъка на робота, който се закача на устройството за накланяне. Комуникацията между тялото и смартфона се осъществява чрез Bluetooth връзка. Благодарение на устройството за накланяне, роботът може да извършва различни движения като поклащане на „глава“, навеждане, завъртане и др. и когато те се комбинират с изображения, показвани на екрана на смартфона, звуци, които той произвежда, изместване на основната платформа, използване на различни цветни светодиоди, роботът може да изразява и предава емоции и чувства. Чрез накланяне на устройството се позволява полусферично наблюдение около робота, използвайки камерата на смартфона, което предоставя информация за околната му среда.

За програмирането на робота е необходим компютър или таблет. Устройството, върху което се създава приложението е смартфона, който трябва да е в една и съща Wi-Fi мрежа с компютъра. В зависимост от възрастта, знанията и компетентността на учениците се поддържат четири различни програмни езика:

- Програмиране на Java за създаване на приложения за Android
- Блоково програмиране на Scratch 3, предназначен за използване от ученици в малките класове в училище.
- Програмиране на Python за по-големи ученици и студенти.
- ROS (Robot Operating System) програмиране за университети и научни приложения.



Фигура 5. Robobo изразява емоции

Използвайки рамката Robobo, потребителите могат да създават персонализирани приложения за Android, които контролират поведението на робота. Приложенията използват интерфейсите за програмиране на модулите на Robobo, за достъп до различните функционалности на робота, за изграждане на ново негово поведение, както и за решаване на различни задачи.

Използването на смартфон, като „глава“ на робота, позволява разработването на сложни приложения, използвайки изчислителната му мощ, които да включват разпознаване на образи, говор, връзка до отдалечени хранилища с данни, използване на мултиагентни системи и други. С всяко ново поколение смартфони се подобрява тяхната сензорна мрежа и изчислителна мощ.

Персонален асистент и Робобо персонален асистент

Системата съдържа следните интелигентни агенти:

- Персонален асистент (ПА), който ще се намира върху мобилните устройства на потребителите и ще се използва като входна точка за реализиране на функционалностите на системата.
- Робобо персонален асистент (РПА), който ще се намира върху смартфоните, свързани с мобилната платформа на робота Robobo и значително разширяват възможностите му.
- Гардове – агенти, които служат за връзка на системата с околната среда.

Комуникацията между различните интелигентни компоненти се извършва посредством ACL съобщения, спазвайки спецификациите на FIPA.

Протокол за комуникация

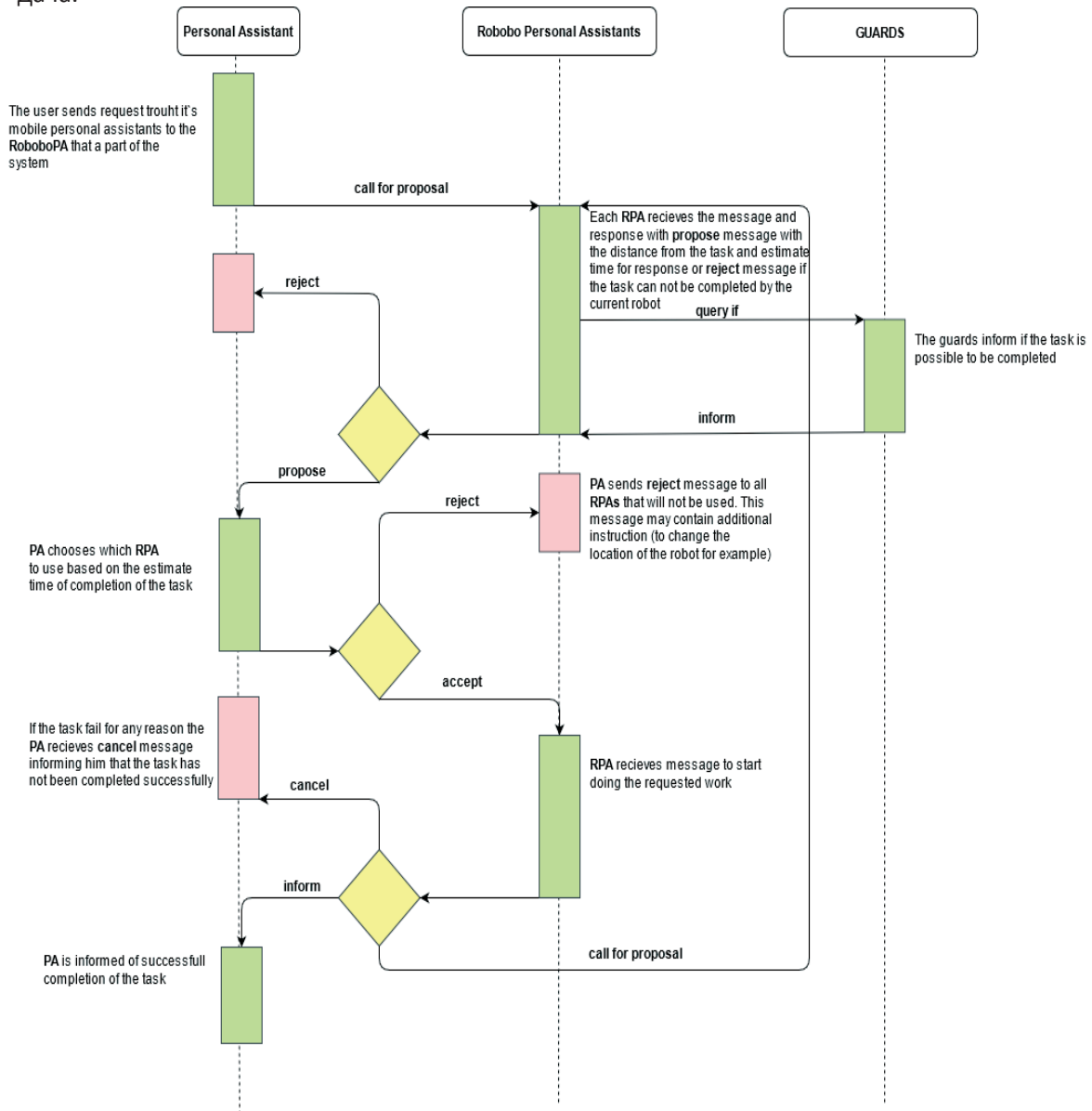
На фигура 6 е показан протоколът за комуникация между различните персонални асистенти и гардовете.

ПА изпраща първоначална заявка към всички РПА в системата, която представлява „call for proposal acl“ съобщение. В следствие на това, РПА агентите анализират необходимата задача, като при нужда се обръщат към гардовете за допълнителна информация, чрез „query if“ съобщение. Гардовете, от своя страна, отговарят с „inform“ съобщение, в което се съдържа необходимата информация. След получаване на отговор от гардовете, РПА подготвят отговор обратно към ПА. Отговорът може да бъде „reject“, ако необходимата задача не може да бъде изпълнена към момента от текущия робот или „propose“, ако задачата може да бъде изпълнена. Отговорът съдържа и информация за приблизителното време, необходимо за изпълнение на задачата. Персоналният асистент анализира получените отговори и избира РПА, който да изпълни финалната задача, като му изпраща „асерт“ съобщение, с което го информира за избора си. В отговор роботизирания персонален асистент започва изпълнението на задачата.

При изпълнение на задачата, РПА може да попадне в едно от следните състояния:

- Успешно завършена задача – връща обратно inform съобщение към ПА, в което се съдържа необходимата информация.
- Частичен провал – по време на работа робота може да стигне до ситуация, в която не може да завърши задачата. В този случай той изпраща call for proposal към останалите роботи с цел някой от тях да завърши задачата вместо него. При завършване на задачата, от друг робот, той изпраща обратно inform съобщение към робота, на когото първоначално е била зачислена задачата, а той, от своя страна, препредава съобщението обрано към ПА.

- Провал – по време на изпълнение на задачата се случва нещо, което не позволява на робота да я завърши и няма друг, който да приеме да завърши задачата. В тази ситуация се връща обратно cancel съобщение към ПА, за да бъде информиран за неуспешното изпълнение на поставената задача.



Фигура 6. Протокол за комуникация

Пример

Нека разгледаме следния пример: в един училищен STEAM център се създава и поддържа зеленчукова градина за екологична продукция. В зависимост от растенията, отглеждани в тази градина, могат да се изпращат заявки за получаване на информация и знания от базите знания и базите данни на ВОП.

Да приемем, че ученик иска да разбере актуалното състояние на пшеницата в сектор 13 и за целта използва своя ПА. Въпросът се анализира и се свежда до следната задачи:

1. Отиди до сектор 13.
2. Снимай културата.
3. Сравни текущия размер с размера от предходното замерване.

В следствие на това, ПА изпраща съобщение със задачите към всички роботи. Всеки робот от своя страна започва анализ на проблема. Първо всеки от тях пита гардовете в системата дали имат достъп до съответния сектор. Всеки робот, който има достъп до този сектор започва да пресмята разстоянието до сектора и колко време ще му отнеме, за изпълнение на задачата. Накрая всеки от тях връща обратно информацията.

След като е получил отговор от роботите, персоналният асистент избира робот, който да извърши задачата и му изпраща съобщение за начало на работата. РПА започва да изпълнява задачите в определената последователност. Първо започва да се придвижва към сектор 13, обаче по време на придвижването си засяда. За да не се провали задачата роботът изпраща „молба“ към останалите роботи, търсейки някой друг да завърши вместо него задачата. Ако има такъв, то той поема задачата и я изпълнява. След успешното изпълнение връща нужната информация на първоначалния робот, който от своя страна я праща към ПА, който е направил оригиналното запитване.

Заклучение

Разгледаният концептуален модел за изграждане и използване на платформата ATOS може да включва различни варианти и конфигурации. За минимална конфигурация е необходим поне един робот Robobo, който оперира в училищния STEAM център. Разработваната в момента версия включва 3 робота, от които два са разположени във виртуалното образователно пространство и един в изграждащия се STEAM център в СОУ „Хр. Смирненски“, гр. Брезово. В интегрирания domeйн се разработва модул за игрово-базирано обучение по учебните дисциплини биология, химия и география [8].

References:

1. R. Ragunathan, I. Lee, L. Sha, J. Stankovic, *Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution*, Design Automation Conference 2010, Anaheim, California, USA, 731-736.
2. F. Y. Wang, The emergence of intelligent enterprises: From CPS to CPSS, *IEEE Intell. Syst.*, vol. 25, no. 4, pp. 85–88, Jul./Aug. 2010.
3. 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.
4. 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.
5. Olivier Boissier, Rafael H. Bordini, Jomi Hubner, Alessandro Ricci, *Multi-Agent Oriented Programming: Programming Multi-Agent Systems Using JaCaMo*, 2020.
6. Alimisis, D., Moro, M. (2016). Special issue on educational robotics. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol 77, pp 74-75
7. Bellas F. et al. (2018) The Robobo Project: Bringing Educational Robotics Closer to Real-World Applications. In: Lepuschitz W., Merdan M., Koppensteiner G., Balogh R., Obdržálek D. (eds) *Robotics in Education. RiE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 630. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_20
8. V. Doychevska, St. Paunova, V. Yordanov, St. Stoyanov, *Igрово-bazirano obuchenie v integrirani domeyni s prilozhenie za STEAM tsentrove*, XII Nauchno-prakticheski forum „Inovatsii v obuchenieto i poznavatelното razvitie“, 25 – 27.08.2021, гр. Бургас (prieta za pechat).