УДК 621.3.052.63

СУЧАСНІ ДОДАТКИ ТА ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОБОТІВ

DOI 10.36994/2707-4110-2019-1-22-02

Лунтовський А. О., д.т.н., проф., Університет кооперативної освіти Саксонії «Беруфсакадемія», Дреден, Німеччина. Andriy.Luntovskyy@ba-dresden.de

Анотація. В наш час кількість роботів, які співпрацюють з людьми, машинами та один з одним у різних сферах виробництва та економіки, побуту, індустрії розваг, соціальної педагогіки, швидко зростає. Безкоштовні мобільні додатки широко використовуються в робототехніці: додатки, що вбудовуються безпосередньо в пускачі та механізми; хмарні програми та інші. В результаті зміщеного акценту на продуктивність, енергію та ефективність алгоритмів додавання та платформи для робототехніки в майбутньому розвиватимуться оптимізацією наступних алгоритмів: необмежені рухи робота та його орієнтація в 3D-просторі; виявлення зіткнень тіла робота (автономне відносно розташування) з запобіганням тупикової ситуації; маршрут автономної їзди та польоту для безпілотних пристроїв, авто та безпілотників. ROS (Робоча операційна система) для персональних роботів — відома платформа робототехніки, сьогодні популярна в промисловості та академічних установах. ROS включає такі архітектурні компоненти: компоненти управління пакетами; абстрактний шар для програмного та апаратного забезпечення (Hardware Abstraction Layer) та драйверів пристроїв; компоненти з функціями зв'язку та обміну повідомленнями між програмами або частинами середнього програмного забезпечення та веб-сайтами. Теплі роботи можна запрограмувати для імітації 2d-форм, які притаманні зграям комах, риб та птахів. Дослідникам вдалося забезпечити роботу власну координацію, що є значним кроком у розвитку колективного штучного інтелекту Сотні роботів співпрацюють у галузі очищення довкілля від наслідків стихійного лиха, інші моделюють соціальні процеси. Документ присвячений до важливої науково-практичної проблеми використання сучасних мобільних безсерверних додатків, здатних до автономної роботи, та робототехнічних платформ, зокрема, до їх класифікації та стандартизації. Розглянуто сценарії використання роботів, які зосереджуються не лише на виробництві та моделюванні процесів у галузі, а й на поведінковому моделюванні, поєднуючи їх із використанням роботів у педагогіці та соціології.

Ключові слова: платформи для роботів, віртуальні роботи, безсерверні мобільні додатки, кілоботи, біолоїди, фізично-кібернетичні системи.

MODERN APPS AND PLATFORMS FOR THE ROBOTS

Andriy Luntovskyy, Dr. habil., Prof., BA Dresden Univ. of Coop. Education (Saxon Study Academy) Dresden, Germany. Andriy.Luntovskyy@ba-dresden.de

Abstract. Nowadays, the number of robots that co-operate with the humans, machines and with each other in various fields of manufacturing and economics, everyday life, entertainment industry, social pedagogy is growing rapidly. Server-free mobile additions are widely used in robotics: applications that are built directly into the actuators and mechanisms; Cloud-oriented applications and others. As a result of the shifted emphasis on performance, energy and algorithms efficiency of addition and platforms for robotics in the future will develop with optimization of the following algorithms: unlimited movements of the robot and its orientation in 3D space; Detection of collisions of robot body (autonomous relative location) with prevention of dead end situation; Routing of autonomous ride and flight for unmanned devices, auto and drone in ROS (Robot Operating System) for personal robots — known robotics platform today popular in industry and academic institutions. ROS includes the following architectural components: Package Management components; Abstract layer for hardware and hardware (Hardware Abstraction Layer) and device drivers; components with communication and messaging functions between Middleware programs or parts and Websites. Swarm works can be programmed to simulate 2d-forms, which are inherent in flocks of insects, fish, and birds. Researchers have managed to provide Swarm with their own coordination, which forms a significant step in the development of collective artificial intelligence. Hundreds of robots cooperate in the field of cleaning the environment from the consequences of natural disaster, others model social processes. The paper is dedicated to the important scientific-practical problem of the use of modern mobile serverless apps, which are capable to autonomous operation, and robotics supporting platforms, in particular, to their classification and standardization. The scenarios for the use of robots that focus not only on manufacturing and modeling processes in the industry but also for behavioral modeling, among them on the use of robots in pedagogy and sociology, are considered.

Keywords: Robotics Platforms, Virtual Robots, SLMA, ROS, kilobots, bioloids, Cyber-PHY Systems.

Вступ

Різноманіття сучасних роботів подане на рис. 1. На підставі статистики від IFR (International Federation of Robotics) очікується швидкий ріст продаж професійних робочих роботів [1–4, 9–11]. Також у майбутньому необхідні до 5 млн. персональних, або домашніх роботів. До 2020 р. можливе введення в дію до 50000 службових роботів та дронів у різноманітних галузях застосування за наступним розподілом (рис. 2):

Рис. 1. Розподіл галузей застосування і роботів

- оборона (45%)
- сільське господарство (21%)
- логістика (7%)
- медицина (5%)
- промисловість (22%).

а) Роботи та дрони у різноманітних галузях застосування [9–11]

б) Діючий зразок у ВА Dresden (15.6.2018)

Рис. 2. Різноманіття сучасних роботів

Різноманіття сучасних роботів та їх класифікація

Табл. 1 подає критерії для розмежування між машинами, роботами, комп'ютером та, власне, людиною. Внаслідок певної гетерогенності прийнята наступна класифікація сучасних роботів (Robots Taxonomies) [1–4]:

1. За галуззю застосування:
 - домашні, сервісні або промислові (domain of use: domestic, service, industrial)
2. За типом появи:
 - автоматичні, програмовані, багатофункціональні пристрої (appearance: hardware-based, software-based, programmable, multi-function devices)
3. За типом рухів:
 - ходячі, крокуючі, моторизовані, літаючі, мобільні, стаціонарні (movement: walking, motorized, driving, flying, mobile, stationary)
4. За зовнішнім виглядом:
 - машини, маніпулятори, гаджети та гуманоїди (optical look: engines, gadgets, humanoids).
5. За типом керування: з цього приводу див. рис. 3.

Рис. 3. Класифікація сучасних роботів

Таблиця 1

Порівняння «Машина — Комп'ютер — Робот — Людина»

Критерій	Машина	Комп'ютер	Робот	Людина
Мобільність, моторика	0	-	+	+
Мехатроніка	+	-	+	-
Ступені свободи при рухах	0	-	0	+
Програмне керування	0	+	+	+(інстинкти, рефлексії)
Логічний вивід (Output, Artificial Intelligence)	-	0 (програмне забезпечення)	0	+
Мікропрограмування, змінний набір команд	-	+(мікропрограмування)	+	+
Сенсорна система (Sensors)	-	0	+	+(органи чуття)
Механічні компоненти	+	-	0	0

Примітка: 0 — частково; + — повністю відповідає

Робототехнічні платформи та безсерверні мобільні додатки

Слід відзначити сучасну тенденцію до створення т.з. безсерверних мобільних додатків (SLMA, Server-less Apps for Robotics). Такі мобільні апи широко використовуються в робототехніці. В межах історії розробки серверних і безсерверних додатків постійно були коливання між шаблонами fat and thin clients.

Обидва мають певні переваги й недоліки залежно від вимог до апів і додатків, мережевих параметрів QoS та контексту використання. Умовно відрізняють наступні типи SLMAAs:

- Звичні фізичні кіберсистеми (CPS, cyber-PHY systems), тобто додатки, які вбудовані безпосередньо до виконавчих машин і механізмів.

- «Хмарно»-орієнтовані апи (cloud-centric IoT).
- Безсерверні додатки для Fog Computing,
- а також апи для роботів [4, 5].

Чому робототехнічні платформи сьогодні настільки важливі? Насамперед створення робототехнічних платформ викликане наступними факторами [1–6]:

- Подолання гетерогенності
- Стандартизація базових функцій та рухів
- Розробка базових концепцій програмування роботів та SLMA
- Прискорення розробки додатків для роботів
- Віртуалізація (віртуальні роботи)
- Машинне навчання (Machine Learning)
- Автономність та енергетична ефективність.

Додатки і платформи для робототехніки (robot architectures and platforms) мають [1–4] наступні особливості: безсерверні (Client-centric), вільно-пов'язані (loosely-coupled) до сервера, домінантна парадигма мобільності «Sense-Plan-Act» та постійна взаємодія частин додатку (Peers), часто асинхронна, і в режимі реального часу (real-time) в умовах невизначеності даних (Caching).

Внаслідок зміщеного акценту на продуктивність, енергетичну та алгоритмічну ефективність додатки і платформи для робототехніки у майбутньому будуть розвиватися як SLMA, для них мають бути оптимізовані наступні важливі алгоритми [4, 7, 8]:

- Необмежені рухи робота та його трилатерація в 3D-просторі завдяки реалізації зв'язку та обчислень для стаціонарних та мобільних роботів (unrestricted movement: communication — computation; stationary and mobile robots).
- Виявлення зіткнень тіла робота (автономне відносне розташування) із запобіганням тупикових ситуацій (Collision Detection with Deadlock Prevention, sensing and routing, autonomous relative positioning)
- Маршрутизація автономної їзди та польоту для безпілотних пристроїв, автівок та дронів (Path planning autonomous driving).

Операційна система ros — robot operating system

Операційна система ROS (Robot Operating System) для персональних роботів (соціальних гуманоїдів) [1–4] була розроблена у 2007р. у лабораторії штучного інтелекту Стенфордського університету (Stanford Artificial Intelligence Laboratory). Операційна система ROS та, водночас, фреймворк для розробки апів із властивостями ОС працює під ліцензією BSD і тому має відкритий джерельний код (Open Source). Ця відома робототехнічна платформа є сьогодні популярною у промисловості та академічних установах. З 2012 р. операційну систему ROS також підтримує фонд OSRF (Open Source Robotics Foundation). ROS включає наступні архітектурні компоненти:

- Компоненти управління пакетами (Package Management)
- Абстрактний рівень для апаратного забезпечення і устаткування (Hardware Abstraction Layer) та драйвери пристроїв
- Часто використовувані компоненти з функціями зв'язку та обміну повідомленнями між програмами або частинами програми Middleware та Webservices.

Крім того, ROS переслідує підхід SOA для оптимізації зв'язку між окремими компонентами. Операційна система ROS для персональних роботів (соціальних гуманоїдів) може використовуватися з компонентами розширення в сценаріях реального часу. Фреймворк ROS налаштований на роботів наступних типів: PR1, PR2, TurtleBot, STAIR I, STAIR II (Stanford), Nao (Aldebaran, SoftBank), Husky A20, Lego Mindstorms NXT, Z-Robotics тощо. Архітектура ROS Architecture поєднує (рис. 4) апаратний абстрактний рівень та рівень завдань управління роботом у комбінації з графіками, більше 2000 бібліотек для C++ та Python.

Robot Operating System (ROS)	Фреймворк із властивостями ОС
SLMA: C++, Python	Безсерверні мобільні додатки
Message Queuing Layer	Обмін повідомленнями між програмами і компонентами
SOA Layer	Сервісно-орієнтована архітектура та Web Services
Components and Middleware	Часто використовувані функції і компоненти комунікації
Package Layer (Package Management)	Керування пакетами (бібліотеками), додаткові паенти (бібліотеки)
Programme Libraries	Керування і використання програм для робітов
OS Layer	Linux, Mac OS (experimental), MS Windows (rudimentary)
Device Layer	Драйвери фізичних пристроїв
HAL	Рівень апаратної абстракції
Hardware and PHY-environment	Роботи та фізичне середовище

Рис. 4. Структура операційної системи та платформи для роботів ROS (ROS Architecture)

Вузли мережі з ROS здійснюють передавання виконуваних файлів. Перевагами цієї ОС є наступні: відмовостійкість, зменшення складності розробки, приклади використання функціональності, база даних документів для відеопотоків, навігація по мар шруту waypoint navigation/ location tracking. Система також налаштована на калібрування і виявлення обличчя face detection. Операційна система ROS використовує основний каталог Master Registry, сервери параметрів (Parameter Servers) та протокол типу «Publish-Subscribe-Request-Reply». Для передавання повідомлень (Messaging) застосовані транспортні протоколи UDP and TCP із можливістю обміну простими даними, масивами і тсруктурами даних (Communication Primitives negotiation at connection time). Сервіси системи:

- Синхронні (Synchronous), персистентні, постійного зберінання при плануванні сцен: planning scene
- Асинхронні (Asynchronous), монітовані monitorable, із перериванням від певного драйвера interruptable при плануванні задач: task planning.

Наступні роботичні системи та сучасні платформи подано у табл. 2.

Таблиця 2

**Типи безсерверних SLMA-апів, платформи та мови програмування
(за J.Spillner@ZHAW)**

Системи та сучасні платформи	Мови програмування	Подання, ліцензія
1	2	3
AWS Lambda	Node.js, Java, Python, C#	Service
Google Cloud Functions	Node.js	Service
Apache Open Whisk	Node.js, Swicht, Docker, Python	OSS
IBM Cloud Functions	Node.js, Swicht, Docker, Python	Service
Azure Functions	Node.js, Python, C#, F#, PHP	Service
OVH Funtions	Node.js, Python, Perl, go, Bash	Service
Webtask.io	Node.js	OSS + Service
Hook.io	Node.js, ECMAScript, CoffeeScript	OSS + Service
Effe	Go	OSS
OpenLambda	Python	Academic + OSS
LambCI Docker-Lambda	Node.js	OSS
Lever OS	Node.js, Go	OSS
Fission	Node.js, Python	OSS
Funktion	Node.js	OSS
Kubeless	Python	OSS
IronFunctions	Node.js, Java, Python,Go	OSS
RoboPlus (Robotis BIOLOID)	icon-driven C++	OSS + Service
Naoqi, RoboCup (Aldebaran, SoftBank Nao)	Python, C++, Java, JavaScript	Service, Framework, OS
Amtel AvrStudio/ Amtel WinAVR (Kilobots)	Eclipse, C++	Service

Примітка: OSS — open source system

Зграйні роботи і біолоїди

Зграйні роботи подані на рис. 5. Вчені і інженери з Гарвардського університету (Кембридж, Массачусетс) виявили, як підвищити ефективність зграї, що складається з 1024 маленьких роботів (так званих «кілоботів», оскільки префікс «Kilo»= $2^{10}=1024$). Завдяки власній платформі «машинна армада» може розташуватися у довільних двовимірних конфігураціях. Зграйні «кілоботи» (Swarm Robots) можуть бути запрограмовані з метою імітації 2D-форм, які притаманні зграям комах, риб та птахів. Дослідники зуміли надати зграї (Swarm) власну координацію, що складає значний крок у розвитку колективного штучного інтелекту [6, 9]. Сотні роботів співпрацюють у сфері очистки середовища від наслідків стихійного лиха, інші моделюють соціальні процеси» (за Radhika Nagpal, розробницею Kilobots).

Рис. 5. Зграйні роботи Kilobots та можливі 2D-конфігурації [6, 9]

Рис. 6. Приклад програмування у платформі RoboPlus для Robotis BIOLOID [6–8, 10]

Роботи BIOLOID [6, 10] належать корейській фірмі Robotis (1999). Мотивацією розробників є «прекрасне майбутнє як щасливий світ злиття роботів та людей», як сказав генеральний директор B.Soo Kim. Роботи BIOLOID використовуються у провідних університетах світу для тренінгу студентів, таких як U.S. Naval Academy, Лейпцігська HTWK, Токійський університет, Індійський технологічний інститут Канпур, з метою вивчення університетських курсів з машинобудування, мехатроніки та роботехніки. Також наявні вони й у BA Dresden [6–8]. Фірма постачає «істоти» різного рівня складності, приклад програмування яких у платформі RoboPlus поданий на рис. 6.

Майбутні платформи з роботизації отримують можливість використання технологій віртуалізації та залучення віртуальних роботів через мережу (Inclusion of Virtual Robots over a Network). Риси майбутніх платформ для роботів подано у рис. 7.

Рис. 7. Риси майбутніх платформ для роботів

Висновки

1. Робота присвячена сучасним мобільним додаткам та платформам для роботів, зокрема їх класифікації та стандартизації. Важливою парадигмою розробки сучасних прикладних програм робототехніки є так звані безсерверні апи SLMA (Serverless Mobile Apps). Розглянуті сценарії використання роботів, які зосереджені не тільки на моделюванні процесів в індустрії, але й придатні для поведінкового моделювання, зокрема, на використанні роботів у педагогіці та соціології.

2. Поданий аналіз властивостей майбутніх платформ роботів. Майбутні платформи для роботів є інтегрованими і складаються з таких компонентів, як базові компоненти, бібліотеки та джерельний код, середовище розробки, платформа для виконання, віртуалізації і координації.

3. Дуже важливим аспектом є дотримання інформаційної безпеки комунікації між роботами, захисту даних підприємства, особистих даних громадян, які взаємодіють з роботичними пристроями, а також анонімність і захист приватної сфери.

4. Практикуми і студентські проекти з роботехніки орієнтовані на конкретні навчальні дисципліни з ІТ. Починаючи з 2016р. до навчальної програми бакалаврата в Саксонській академії БА Дрезден були включені модулі із використанням роботів [6–10].

References

1. B.Siciliano, O.Khatib: Handbook of Robotics. Springer, 2008, 1624 p. (ISBN 978-3-540-30301-5).
2. International Federation of Robotics — Service Robot Statistics: <http://www.ifr.org/service-robots/statistics/> (дата звернення 30.11.2018).
3. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Munich, 2009: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=5076472> (дата звернення 30.11.2018).
4. J.Spillner. Serverless Cyber-Physical Applications, Keynote Talk at Workshop «Science meets Industry», March 2018, Fraunhofer-Institute Centre Dresden, 20 p.
5. A.Luntovskyy, J.Spillner. Architectural Transformations in Network Services and Distributed Systems, 344p., Springer Nature/Vieweg, 2017 (ISBN: 978-3658148409).
6. A.Luntovskyy. Intelligent Networking and Bio-Inspired Engineering, 2nd Int. IEEE Conf. UkrMiCo-2017, Sept. 2017, Odessa, 4p., IEEE Xplore:<http://ieeexplore.ieee.org/document/8095421/> (дата звернення 30.11.2018).
7. A.Luntovskyy. Advanced Software-Technological Approaches for Mobile Apps Development, 14th Int. IEEE Conf. TCSET-2018, Lviv-Slavske, Febr. 2018, 6p. (IEEE Xplore:<https://ieeexplore.ieee.org/document/8336168/>),DOI:10.1109/TCSET.2018.8336168 (дата звернення 30.11.2018).
8. A.Luntovskyy. SLMA and Novel Software Technologies for Industry 4.0, 21-st Int. Conf. ACS-2018, Szczecin — Międzyzdroje, Sept. 2018, in «Advances in Soft and Hard Computing», edited by Jerzy Pejaś, Imed El Fray, Tomasz Hyla, Janusz Kacprzyk, Springer Nature, 12p.
9. A.Cornejo, R.Nagpal. Kilobots: Distributed Range-Based Relative Localization of Robot Swarms. Algorithmic Foundations of Robotics XI, April 2015.
- 10.NoDNA.de:<https://nodna.de/Bioloid-Premium-Robot-Kit-V2> (дата звернення 30.11.2018).
- 11.Aldebaran Robotics, or SoftBank Robotics (in French): <https://www.softbankrobotics.com/emea/fr/> (дата звернення 30.11.2018).