



УДК 004.7 + 378

**Абрамов Вадим Олесійович,**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри комп'ютерних наук і математики,  
Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна.  
OrcID: 0000-0002-8026-1475  
*v.abramov@kubg.edu.ua*

**Литвин Оксана Степанівна,**

кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник,  
завідувач кафедри комп'ютерних наук і математики,  
Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна.  
OrcID: 0000-0002-5118-1003  
*o.lytvyn@kubg.edu.ua*

**МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН  
НАПРЯМКУ «ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»**

**Анотація.** В роботі здійснено огляд комп'ютерних технологій Інтернету речей, короткий аналіз складу і структури інтернету речей, розглянуто властивості і особливості роботи і проектування вбудованих систем керування, як основної складової Інтернету речей. Досліджено запити IoT-індустрії щодо випускника закладу вищої освіти, а саме: наявність розуміння структури і процесів в екосистемі, в якій розвиваються виробники компонентів, постачальники готових систем і компанії-інтегратори; володіння системним, цілісним підходом до аналізу і оцінки ситуації та вирішення проблеми; відкритість до нових знань, ідей і технологій; вміння організувати власну діяльність та виконувати проекти у складі групи, ефективно спілкуватись із замовником, формулювати технічне завдання, розробляти план його виконання, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, представляти результати роботи й обґрунтовувати запропоновані рішення. З огляду на це вивчено ключові питання і проблеми викладання окремих дисциплін напрямку IoT та шляхи їх вирішення. Показано, що ефективним є проектне навчання, для реалізації якого було розроблено спеціальний алгоритм створення вбудованих комп'ютерних засобів IoT для його використання студентами в процесі вивчення відповідних дисциплін і створення власних проектів. Він характеризується тим, що передбачає дослідження більшості найвідоміших технологій та умов їх застосування і охоплює усі етапи проектування, які використовуються у виробництві. Описано впровадження отриманих результатів досліджень в Київському університеті імені Бориса Грінченка для підготовки фахівців спеціальності «Комп'ютерні науки» в рамках дисциплін «Фізичні процеси в обчислювальних системах» та «Технології проектування вбудованих комп'ютерних систем».

**Ключові слова:** інтернет речей; вбудовані системи; методика викладання; навчальна проектна діяльність; віддалені лабораторії.

**1. ВСТУП**

Термін Інтернет речей (англ. Internet of Things, IoT) з'явився нещодавно і одразу об'єднав велику область комп'ютерних досліджень. Саме поняття представляє цілу концепцію комунікаційної мережі об'єктів (речей), які оснащені відповідними технологіями для взаємодії між собою та з оточуючим середовищем і призначені для збору і обробки інформації, що надходить з навколишнього середовища, обміну нею і виконання різні дії в залежності від прописаних сценаріїв.



Згідно з прогнозом Ericsson кількість підключених пристроїв, оснащених «розумними» сенсорами IoT, вже до кінця 2018 р. досягне чисельності мобільних телефонів. В прогнозах щодо розвитку IT-індустрії після 2018 року консалтингового агентства Gartner [1], вказано, що через три роки технології Інтернету речей проникнуть в 95% електронних пристроїв і стануть широко доступними споживачам, відтак значно зросте інтерес до IoT. З цією причиною експерти Gartner рекомендують бізнесу вкладатися в розвиток IoT-рішень вже зараз. І за оцінками Business Insider обсяг інвестицій великих компаній до 2020 р. виросте до 70 млрд. дол.

У липні 2017 року видання ITWeek опублікувало оглядову статтю, присвячену популярним бізнес-моделям, за якими найближчим часом будуть впроваджуватися технології та розробки в сфері IoT [2]:

- перша бізнес-модель – «нормативний контроль». Дотримання вимог контролюючих організацій є необхідною умовою для ведення бізнесу, але прямої економічної вигоди вони компаніям не приносять, незважаючи на значні витрати.
- друга бізнес-модель – «превентивний контроль»: IoT дозволяють своєчасно виявляти причини для аварійних ситуацій і зниження ефективності роботи обладнання. Завдяки IoT можна запустити дистанційний моніторинг і стежити за роботою обладнання онлайн в реальному часі.
- третя бізнес-модель – «дистанційна діагностика». Сенсори IoT можуть використовуватися для діагностики пристроїв, на яких вони встановлені, і автоматично реагувати на зміни їх стану.
- четверта бізнес-модель – «контроль операцій». За допомогою IoT можна контролювати ланцюжок технологічних операцій, здійснювати контроль переміщення будь-яких пристроїв і автоматично відстежувати їх характеристики в реальному часі.
- п'ята бізнес-модель – «автоматизація операцій». IoT дозволяє автоматизувати часто повторювані операції, підвищуючи ефективність роботи, якість дозвілля, ступінь задоволеності клієнтів.

Кожна наступна модель розумніша і більш контрольована інтегрованим (вбудованим) обчислювальним пристроєм, який керує усіма процесами пристрою (технологічними, діагностувальними, комунікаційними та ін.).

Зрозуміло, що такий стрімкий ріст ринку Інтернету речей вимагає велику кількість фахівців, при чому не тільки добре підготовлених на старті, але й здатних швидко адаптуватись та здобувати нові компетентності протягом кількох років розвитку нової технології і впровадження нової моделі. На сьогодні найактивніше пристрої IoT розвиваються як стартапи поряд із такими напрямками, як: доповнена та віртуальна реальність (AR/VR), наука про дані (Data Science), комп'ютерне бачення (Computer Vision), штучний інтелект/машинне навчання (AI/Machine Learning), робототехніка (Robotics), технологія блокчейн (Blockchain). Великі компанії різних галузей та так звані акселератори, розуміючи перспективність рішень IoT для бізнесу з одного боку, і брак досвідчених фахівців, з іншого, пропонують менторів та експертів, що допоможуть створити продукт та запустити пілот, а для найкращих рішень значні інвестиції.

Очевидно, що вимоги до кваліфікації випускника як розробника апаратного та програмного забезпечення для IoT-індустрії постійно зростають, що є викликом для сьогоднішніх закладів вищої освіти (ЗВО). Проблема співпраці освіти та бізнесу не є предметом даної статті, хоча є дуже актуальною як для однієї, так і для іншої сторони. Наслідком такої співпраці повинен стати випускник, який:

- розуміє всю складність екосистеми, в якій розвиваються виробники компонентів, постачальники готових систем і компанії-інтегратори,



- здатний застосувати отримані теоретичні знання та практичні навички при моделюванні, проектуванні, розробці та супроводі систем автоматизації для збору, передавання і опрацювання інформації у різних галузях, керування ними та інтеграції в інформаційно-технічні системи з використанням сучасної мікропроцесорної техніки, спеціалізованого прикладного програмного забезпечення та комунікаційних технологій.

Крім фахових освітній процес повинен забезпечувати формування і розвиток загальних компетентностей сучасного фахівця:

- володіння системним, цілісним підходом до аналізу і оцінки ситуації та вирішення проблеми,
- здатність до комплексного розв'язання проблем, відкритість до нових знань, ідей і технологій;
- вміння організувати власну діяльність та виконувати проекти у складі групи, ефективно спілкуватись із замовником, формулювати технічне завдання, розробляти план його виконання, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт,
- здатність представляти результати роботи й обґрунтовувати запропоновані рішення.

Тому метою даної роботи було опис окремих методичних аспектів викладання дисциплін напрямку «Інтернет речей» для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки» та створення рекомендацій щодо організації ефективного освітнього процесу у закладі вищої освіти (ЗВО) для підготовки фахівців з IoT.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. СКЛАД І СТРУКТУРА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Архітектура IoT тільки формується, але вже з'ясовано, що основними є чотири рівні: пристрої, зв'язок, обробка даних та керування даними [3]. Пристрої IoT – будь-які автономні пристрої для збору інформації про навколишнє середовище та виконання конкретних дій, підключені до інтернету, що можуть відслідковуватися і / або управлятися дистанційно.

Зв'язок між пристроями та керуючими вузлами забезпечується на мережевому рівні, який відповідає за передачу даних та керуючих сигналів, включаючи протоколи і інтерфейси, які пристрої використовують для ідентифікації та зв'язку один з одним.

Аналітика – програмні системи, які обробляють і аналізують дані, отримані від IoT-пристроїв, та реалізують відповідні сценарії керування. Основними напрямками, які передбачають дослідження та використання інформаційних процесів в складних технічних керуючих системах є розробка і створення автоматичних та автоматизованих систем управління, а також автоматичних пристроїв і комплексів для передачі, переробки і зберігання інформації. Наприклад, пристроїв технологічних (верстатів-автоматів, автоматичних регуляторів та ін.), вимірювальних (автоматичних датчиків, реєстраторів, вимірювальних комплексів), інформаційних (обчислювальних і керуючих машин).

Сучасна інтеграція обчислювальних ресурсів передбачає дуже глибоке проникнення в керовані фізичні процеси. Така інформаційно-технологічна концепція отримала назву кібер-фізичної системи (англ. Cyber-physical system) [4]. Ці системи взаємодіють один з одним за допомогою стандартних інтернет-протоколів для прогнозування, самоналаштування і адаптації до змін (рис. 1).

Концепція кібер-фізичних систем охоплює широке коло технологій. Окремо вони вже використовуються в різних сферах, але будучи інтегрованими в єдине ціле, змінюють виробничі відносини. Деякі основні ключові напрямки і технології такі:

- Вбудовані системи керування на основі вбудованого комп'ютера (наприклад Raspberry Pi, Intel Edison) дозволяють здійснити збір і обробку великої кількості даних з різних джерел для автономного прийняття рішень в режимі реального часу.
- Сенсорні мережі, де сенсори зв'язуються один з одним за допомогою одного радіочастотного каналу.
- Системи ідентифікації RFID – метод ідентифікації об'єктів, при якому дані зчитуються за допомогою радіочастотних сигналів.
- Інтелектуальні технології (штучний інтелект, експертні системи) дозволяють об'єктам працювати як в автономному режимі, так і в складі систем.
- Автоматичне керування (регулювання) процесами - реалізація рішень та впливу на зовнішнє середовище.
- Моделювання використовується на стадії проектування продуктів або процесів, а також на стадії прийняття рішень під час керування.
- Досконалі комунікації (хмарні обчислення, веб технології тощо) для більш глибокої системної інтеграції горизонтальної і вертикальної між територіально-розподіленими об'єктами. В тому числі, технології бездротових мереж (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN).
- Автономне функціонування або дистанційне керування технологічними процесами.
- Інформаційна безпека (Identity and Access Management) в міру розширення комунікацій зростають вразливість систем і ризики інформаційної безпеки.
- 3D-технології (3D-принтери, станки з ЧПУ) використовуються для фізичного моделювання і виробництва невеликих партій спеціалізованих продуктів.
- Доповнена реальність – дозволяє працівникам отримати більше інформації для діагностування ситуації і прискорити прийняття рішень.
- Захист інформації.

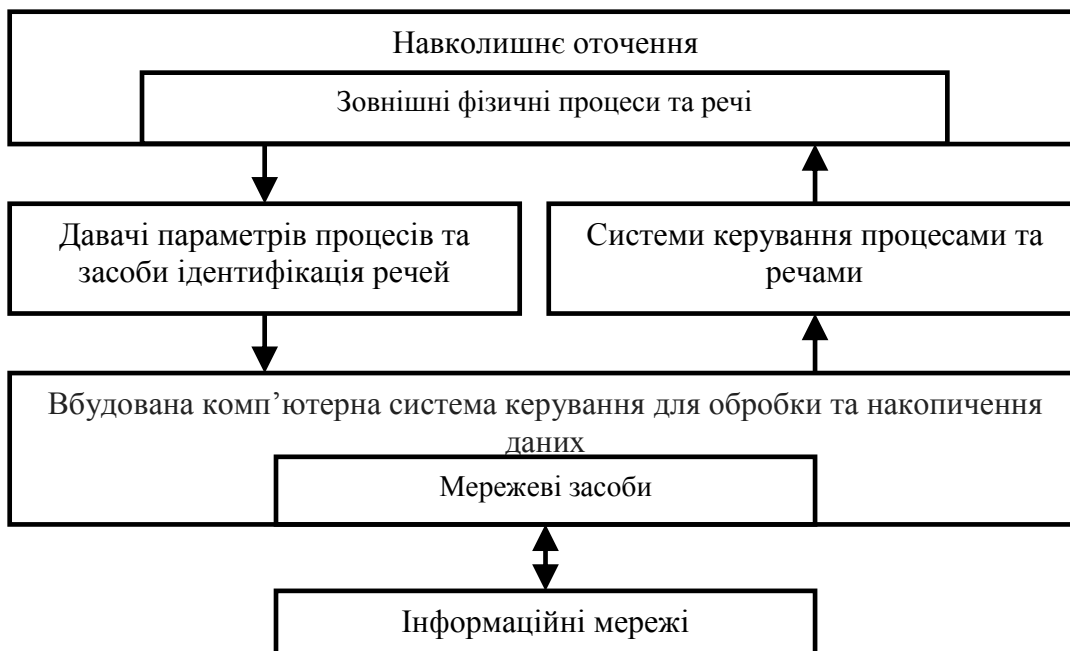


Рис. 1. Структура кібер-фізичного елемента інтернету речей.



**Вбудовані системи керування (ВС)** є основною частиною IoT. Зменшення розмірів і вартості обчислювальних пристроїв привело до того, що зараз кожним процесом керують малогабаритні вбудовані пристрої. Це спрощує систему управління, але ускладнює її проектування і вивчення. Для кожного процесу необхідно знайти своє унікальне програмно-апаратне рішення. Світовий ринок вбудованих систем швидко поширюється, що обумовлено збільшенням попиту на портативні комп'ютерні пристрої і вбудовані рішення.

Під вбудованою системою і мережею (embedded systems & networks) будемо розуміти спеціалізовану (замовну) мікропроцесорну систему, яка: 1) занурена у зовнішнє середовище, частиною якої може бути людина (оператор, користувач); 2) управляється обчислювальною системою реального часу; 3) представляє собою компактну енергоекономічну сукупність програмних і апаратних елементів; 4) безпосередньо взаємодіє з об'єктом керування і об'єднана з ним конструктивно; 5) взаємодіє з зовнішнім середовищем за допомогою обміну сигналами, задовольняючи певним обмеженням на час прийому і обробки вхідного сигналу і видачі відповідних вихідних сигналів.

Як правило, ВС управляє всіма функціями об'єкта, працює автономно і практично без ремонту і обслуговування. Тому вона повинна задовольняти ряду вимог: забезпечення надійності, безпеки і гарантованого часу реакції. Стрімке зростання потреби у ВС різного призначення змушує розробників активно удосконалювати методи і засоби проектування. Різноманітність і діапазон складності таких систем величезні. Приклади деяких найбільш великих областей застосування ВС: промислова автоматика; енергетика; транспорт; авіоніка і військова техніка; телекомунікації; медицина; інтелектуальний будинок; ЖКГ; побутова техніка та ін. В цілому, вбудовані пристрої становлять більшу частину світового виробництва мікропроцесорів.

Активно зростає частка ВС зі складною внутрішньою організацією, яка проявляється в таких особливостях, як багатопроцесорна гетерогенна архітектура, розподілений характер обчислень, широкий діапазон потенційно доступних розробнику обчислювальних ресурсів. Більшість сьогоденних ВС складають розподілені інформаційно-керуючі системи. Це вимушує до пошуку і розвитку всього різноманіття технічних рішень в області ВС, враховуючи, крім всього іншого, труднощі комунікації - дефіцит адрес протоколу IPv4, захист інформації, організація каналів, особливості відокремлених об'єктів – енергоживлення, надійність, інтеграція з об'єктом керування тощо, а також методів і засобів їх проектування.

**Методика викладання.** Як було сказано вище, пристрої керуються і об'єднуються завдяки вбудованим системам, тому вони повинні займати ключове місце при вивченні студентами технологій створення і тестування програмно-апаратний засобів IoT.

Різноманітність завдань автоматизації і способів їх вирішення породжує величезну кількість варіантів реалізації ВС. Вибір варіанта реалізації при врахуванні існуючих фізичних, технічних і фінансових умов та обмежень – складна науково-технічна задача для розробника. Тому розробнику дуже важливо мати чітке уявлення про предмет проектування, можливі і доступні сучасні методи і засоби його створення, вміння підібрати або створити близькі прототипи, поєднувати знання як апаратної, так і програмної частини майбутнього продукту.

Звідси випливає, що одним із завдань вивчення дисциплін циклу IoT є ознайомлення студентів з якомога більшим переліком основних проектних засобів та готових вузлів (обчислювальні модулі, готові бібліотеки, периферійне обладнання



тощо) на кожному етапі створення засобів IoT. Студент повинен набути досвіду їх використання, а також виконання порівняльного аналізу і висновків щодо застосування кожного із підходів в конкретній задачі.

Також при підготовці фахівців-розробників програмно-апаратних засобів IoT додаткові складнощі виникають через поділ функцій між програмної та апаратної частиною проєктованої системи. Необхідно радикально підвищити ступінь спільності в подачі навчального, методичного та технічного матеріалу, прагнути до виключення протиставлення апаратного і програмного «світогляду» в процесах проєктування ВС на верхніх рівнях. Крім того, оскільки реальні спеціалізовані вбудовані системи можуть містити як готові, так і оригінальні рішення в різних співвідношеннях, студенти повинні засвоїти основні шаблонні способи вирішення базових задач та можливі шляхи їх модифікації.

На фоні зростаючої складності систем та методів і засобів їх реалізації існуючі дидактичні і методичні способи і засоби виконання описаного завдання вимагають перегляду та оновлення. На нашу думку ефективним є практико-орієнтований підхід, а саме проєктне навчання: студент або група студентів повинні виконати і здати власний проєкт, що має практичне застосування. Кожна команда розробляє, реалізовує і захищає ідею проєкту. При оцінці проєкту крім його технічних показників враховуються оригінальність ідеї, ефективність рішення та його практична значущість.

В Київському університеті імені Бориса Грінченка було розроблено алгоритм створення вбудованих комп'ютерних засобів IoT для його використання студентами в процесі вивчення відповідних дисциплін і створення власних проєктів. Він характеризується тим, що передбачає дослідження більшості найвідоміших технологій та умов їх застосування [5].

Кожен розробник реальної вбудованої системи використовує обмежене коло своїх улюблених або найбільш ефективних в його області методів та інструментів проєктування, моделювання і налагодження апаратних і програмних засобів. Цей набір залежить також від типу апаратних засобів, області використання, технічних та інших вимог. Для навчання виробничі підходи та інструкції непридатні, оскільки вони дуже спеціалізовані, розраховані на конкретний виробничий процес, виробниче обладнання, використання певних традиційних мікроконтролерів та електронних компонентів. Розроблений алгоритм повинен ознайомити студентів з кількома основними засобами на кожному етапі створення системи, завдяки чому студент, з одного боку, набуде знань і досвіду їх використання, а з другого – вміння самостійно робити порівняльний аналіз різних підходів і вибору найкращого в майбутній практичній роботі.

Таким чином, в процесі реалізації етапів алгоритму студент не тільки вивчає технології, а й навчається глибоко досліджувати механізми і абстракції, які надаються, і зрозуміти наслідки обраних рішень на розробку всієї системи, а також працювати в команді та відповідально підходити до власного внеску в проєкт.

Етапи створення навчального проєкту та їх зміст наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні етапи створення навчального проекту

Етап	Зміст етапу	Завдання для студента	Результат навчання
Складання технічного завдання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- докладний опис засобами звичайної мови функцій і задач пристрою, що розробляється,</li> <li>- вирішення комунікаційних питань,</li> <li>- складання на цій основі технічного завдання (ТЗ) на мові термінів відповідної предметної області і згідно стандартів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначити потреби замовника, який не завжди розуміє, що йому потрібно і як це зробити,</li> <li>- ознайомитись із поняттям ТЗ та стандартами;</li> <li>- сформулювати мету і завдання пристрою</li> <li>- вивчити вітчизняний і зарубіжний досвід по тематиці проекту</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вміння вести переговори із замовником,</li> <li>- уявлення про зміст і правила складання технічного завдання</li> <li>- готовність до вивчення науково-технічної документації</li> </ul>
Створення структурної схеми	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перевід функцій і завдань, описаних в ТЗ, у блоки структурної схеми приладу,</li> <li>- створення укрупненого алгоритму роботи пристрою і мікроконтролера.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- реалізувати завдання пристрою окремими програмно-апаратними чи стандартними типовими блоками або блоками власної розробки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уміння виконати крупноблокове проектування деталей і вузлів відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних засобів автоматизації проектування, так і самостійно створених оригінальних програм</li> </ul>
Створення принципової схеми пристрою	<ul style="list-style-type: none"> <li>- детальне опрацювання усіх функціональних блоків,</li> <li>- уточненням деталей алгоритму</li> <li>- попередній вибір елементної бази і мікроконтролера</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вивчити будову і функції мікроконтролерів і зовнішньої електронної схеми: логічні схеми, перетворювачі, пристрої відображення, давачі, виконуючі пристрої та ін.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уявлення про роботу усіх елементів системи і керування ними,</li> <li>- уявлення про принципи роботи електронної схеми</li> <li>- уміння виконати детальне проектування деталей і вузлів відповідно до ТЗ</li> </ul>
Вибір інтегрованого середовища розробки і програмування пристрою	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вибір мови програмування, методів налагодження програми і апаратної платформи для фізичного моделювання</li> <li>- написання, компіляція та налагодження програми.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ознайомлення із основними середовищами (Arduino IDE, Atmel Studio, Code Vision, Quartus II, Proteus Design, Altium Designer), їх можливостям та обмеженнями,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знання про основні програмні продукти для проектування ВС та їх функції,</li> <li>- вміння порівнювати, аналізувати та обирати потрібний засіб,</li> <li>- навички програмування мікроконтролера</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- вибір відповідного до поставленої задачі</li> <li>- створення програми для конкретної задачі,</li> <li>- робота над помилками</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вміння знаходити та усувати як синтаксичні, так і логічні помилки програми.</li> </ul>
Симуляція та моделювання проекту	<ul style="list-style-type: none"> <li>- програмна симуляція проекту із переглядом і редагуванням змінних, трасуванням програми, покроковим виконанням програми,</li> <li>- симуляція із імітацією сигналів зовнішньої електронної схеми</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ознайомлення із принципами програмної симуляції в різних пакетах,</li> <li>- проведення симуляції в обраному середовищі для власного проекту,</li> <li>- моделювання роботи мікроконтролера і зовнішньої електронної схеми (Proteus, Quartus II, віртуальний on-line симулятор Tinkercad)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вміння та навички тестування створеної програми різними засобами</li> </ul>
Створення фізичного макету та налагодження пристрою	<ul style="list-style-type: none"> <li>- побудова фізичного макету пристрою згідно ТЗ та побудованих на попередніх етапах схем,</li> <li>- завантаження (прошивка) програми у пам'ять мікроконтролера,</li> <li>- апаратно-програмне налагодження роботи пристрою</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- створити макет,</li> <li>- завантажити програму за допомогою програматора,</li> <li>- виконати внутрішньосхемне налагодження (debug)</li> <li>- знайомство з засобами розробки друкованих плат (Proteus, Fritzing),</li> <li>- тестування апаратної частини пристрою за допомогою логічного аналізатора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навички та досвід створення електронних схем, а також роботи з інтерфейсами, пам'яттю,</li> <li>- уявлення про повний виробничий цикл виготовлення електронної апаратури,</li> <li>- навички аналізу функціонування електронної схеми і діагностики її стану</li> </ul>
Захист проекту	<ul style="list-style-type: none"> <li>- захист виконаної роботи перед викладачем і своїми товаришами.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- аналіз виконаної роботи</li> <li>- аналіз помилок і досягнень</li> <li>- створення презентації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вміння аналізувати свою діяльність, вчитися на помилках</li> <li>- здатність до публічної презентації своєї роботи</li> </ul>

Такий підхід до вивчення окремих дисциплін напрямку IoT випробувано на практиці при проведенні занять зі студентами в рамках дисциплін «Фізичні процеси в обчислювальних системах» та «Технології проектування вбудованих комп'ютерних систем» в 2015-2018 н. рр. в Київському університеті імені Бориса Грінченка. В результаті були отримані певні успіхи, а також виявлені проблеми. Виявлено, що у студентів найбільші труднощі виникають при моделюванні програмно-апаратних засобів на симуляторах з урахуванням зовнішніх електронних схем і пристроїв, а також при налагодженні фізичних моделей і реальних фізичних пристроїв. Це, безумовно,





найбільш складні і найбільш ресурсозатратні етапи, тому їм слід приділити більшу увагу. Деколи налагодження фізичного макету взагалі не завжди можливо виконати в повному обсязі. Тому під час навчання інколи є сенс виконувати тільки віртуальні етапи проектування, наприклад, із використанням лабораторій віддаленого і віртуального проектування, у якій студент може дистанційно виконати усі етапи проектування і спостерігати роботу вбудованої системи керування на моделі та, віддалено, на реальному фізичному об'єкті [6] – [10].

Віддалена лабораторія (або лабораторна установка з віддаленим доступом) – це програмно-апаратний комплекс, що дозволяє проводити дослідження при відсутності безпосереднього контакту з реальною установкою. Такі лабораторії також, в свою чергу, створюються і працюють на основі засобів IoT.

В Університеті Грінченка працює віддалена лабораторія GOLDI (Grid of Online Lab Devices Imenau), яка розроблена на кафедрі інтегрованих комунікаційних систем технологічного університету Ільменау, Німеччина. До складу цієї лабораторії входить реальний фізичний макет, програмно-апаратне забезпечення для управління, отриманих даних, а також засоби комунікації. Передбачається що, в лабораторії будуть зберігатися результати всіх успішних експериментів [9] – [10].

Розробляються власні віддалені лабораторії на основі п'ятикоординатної технологічної платформи (5D) для фізичного моделювання за допомогою технологій 3D друку, лазерного гравірування та фрезерної обробки деталей з м'яких матеріалів пластика і деревини, 5-ти координатний робот маніпулятор і платформа для моделювання колективної поведінки мобільних роботів [6], [7].

Студенти отримують можливість проводити навчальні експерименти з проектування, моделювання і виготовлення деталей складної форми, експериментувати з різними матеріалами, інструментами і технологіями. Платформа моделювання колективної поведінки забезпечує комплекс програмно-апаратних засобів і методику дослідження широкого кола навігаційних завдань групової поведінки мобільних роботів з адаптацією до умов, що змінюються і в умовах неповної інформації.

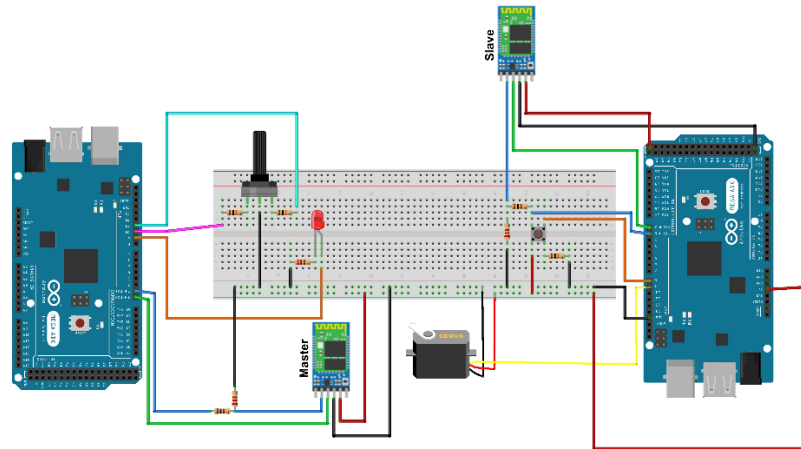
В результаті використання методики студентами розроблено багато проектів. Одним з прикладів є діюча модель «розумного будинку», яка складається з апаратного та програмного забезпечення для моніторингу і керування системою та віддаленого управління через мобільний пристрій. Модель включає: локальну контрольну панель керування всіма системами; віддалене управління з мобільного телефону/планшета через Інтернет; інтелектуальні алгоритми прийняття рішень системою щодо керування ресурсами будинку за заданими налаштуваннями та результатами моніторингу; системи пожежної безпеки, моніторингу аварійних ситуацій і охорони з розсилкою відповідних сповіщень про інциденти через Інтернет-сервіси. Апаратна складова системи, а також моніторинг і керування нею реалізовано на базі платформи Arduino та хмарного сервісу Blynk [11].

Реалізований цикл лабораторних робіт в рамках дисципліни «Технології проектування вбудованих комп'ютерних систем» передбачає вивчення основ обміну даними вбудованої системи та зовнішнього середовища із мережевими користувацькими інтерфейсами на прикладі плати розширення Arduino Ethernet, Bluetooth і Wi-Fi-технологій бездротового зв'язку, та використанням програмного забезпечення для віддаленого моніторингу і контролю ВС (open source платформи ThingSpeak і Blynk), середовища візуальної розробки Android-застосунків MIT App Inventor (рис. 2). Вивчення дисципліни завершується створенням прототипу вбудованої системи з використанням апаратно-програмної платформи Arduino.

З'єднати

практична робота №8  
керування сервоприводом

(a)



(б)

Рис. 2. Приклади використання Bluetooth технології зв'язку та середовища візуальної розробки Android-застосунків MIT App Inventor для створення пристроїв IoT:

а) – інтерфейс Android-застосунку для дистанційного керування сервоприводом;

б) – схема для реалізації комунікації двох Bluetooth модулів: кнопка через master-модуль керує світлодіодом на slave-модулі, енкадер через slave-модуль – сервомотором на master-модулі.

### 3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Вивчення вбудованих засобів Інтернету речей передбачає знання з різних областей: електроніка, логіка, програмування, архітектура обчислювальних систем, комп'ютерні мережі. Складність предмету вивчення обумовлює застосування проектного підходу, який виконується протягом кількох років і охоплює різні дисципліни.

2. Одна із проблем – доступність для студентів навчального обладнання, тому дуже актуальною є можливість використовувати лабораторії віртуального і віддаленого проектування. В Київському університеті імені Бориса Грінченка створюються апаратні і програмні засоби для реалізації цих технологій.

3. Розроблений алгоритм створення навчального проекту охоплює усі етапи проектування, які використовуються у виробництві. Деякі технології універсальні, інші – вузькоспеціалізовані, також вони постійно удосконалюються і виникають нові. Тому участь у цих проектах стимулює студента до самостійної роботи, пошуку нової інформації. Зміна ролі студента у проекті дозволяє реалізувати індивідуальний підхід і стимулювати максимально ефективну роботу кожного.

### ПОДЯКА

Окремі частини представленої методики були розроблені в рамках проекту Tempus «DesIRE – Development of Embedded System Courses with Implementation of Innovative Virtual Approaches for Integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM», Grant No 544091-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR [12].



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] “Gartner Top Strategic Predictions for 2018 and Beyond.” [Online]. Available: <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-predictions-for-2018-and-beyond/>.
- [2] “Implementing IoT: Popular Business Models.” [Online]. Available: <http://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=196532>.
- [3] “ITU-T Rec. Y.4115. Reference Architecture for IoT Device Capability Exposure”, Apr. 2017.
- [4] E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, 2 ed., MIT Press, ISBN: 978-0-262-53381-2, 2017.
- [5] V. Abramov and O. Lytvyn, “Implementation of ‘Embedded Systems’ Disciplines in Computer Science Students Training,” in *International Symposium on Embedded Systems and Trends in Teaching Engineering*, Nitra, Constantine the Philosopher University, 2016.
- [6] K. Henke, H.-D. Wuttke, T. Vietzke and St. Ostendorff, “Using Interactive Hybrid Online Labs for Rapid Prototyping of Digital Systems,” *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, vol. 6, pp. 57–62, Oct. 2014.
- [7] В. О. Абрамов, «Віртуальна лабораторія в системі дистанційної освіти», *II Всеукраїнської конференції «Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів і комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці»*, Київ, Київський Університет імені Бориса Грінченка, 2018.
- [8] В. О. Абрамов, «Створення віддаленої навчальної лабораторії для навчання і експериментів з робототехніки», *IV Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОИТ-2018)*, Черкаси, Черкаський державний технологічний університет, 2018.
- [9] K. Henke, T. Vietzke, R. Hutschenreuter and H.-D. Wuttke, “The Remote Lab Cloud ‘GOLDi-labs.net’”, in *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Madrid, Spain, 2016.
- [10] “The Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau (GOLDi).” [Online]. Available: <http://goldi-labs.net>.
- [11] “Blynk.” [Online]. Available: <http://www.blynk.cc/>.
- [12] “Development of Embedded System Courses with Implementation of Innovative Virtual Approaches for Integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM,” [Online]. Available: <http://tempus.kubg.edu.ua/>.



UDC 004.7 + 378

**Vadym O. Abramov**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent,  
Associate Professor of the Department of Information Technology and Mathematical sciences  
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine  
OrcID: 0000-0002-8026-1475  
v.abramov@kubg.edu.ua

**Oksana S. Lytvyn**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph. D.), Senior Researcher,  
Head of the Department of Computer Science and Mathematics  
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine  
OrcID: 0000-0002-5118-1003  
o.lytvyn@kubg.edu.ua

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE INTERNET OF THINGS DISCIPLINES STUDY

**Abstract.** The overview of computer technologies of the Internet of things (IoT) and the brief analysis of a composition and structure of IoT were carried out. Properties of embedded control systems, as the main component of IoT, and features of their development were considered. The IoT-industry inquiries into graduates of higher education institutions analyzed, namely, the level of understanding of the structure and processes in an ecosystem were operate manufacturers of component, suppliers of completed solutions and companies-integrators, as well as possessing a systematic, holistic approach to analysis and evaluation of a business environment and solution of problems, openness to new knowledge, ideas and technologies, ability to organize their own activities and to carry out team projects, effectively communicate with a customer, formulate a technical task, develop a time-lines, assess and ensure the quality of product, represent a product and justify the proposed solution. With this in mind, the key issues and problems of teaching of some IoT relevant disciplines and ways to solve them have been studied. It is shown that highly effective is the educational project training. The special algorithm for creation of built-in IT tools for the IoT to use by students in the process of studying the relevant disciplines and the creation of their own projects has been developed. The algorithm involves the study of most of the widely spread technologies, the conditions of their application and covers all stages of developments used in a real production. The implementation of this research results at Borys Grinchenko Kyiv University for the training of specialists in the specialty "Computer Science" within the framework of disciplines "Physical processes in computing systems" and "Technologies of embedded computer system designing" is described.

**Keywords:** internet of things; embedded systems; teaching methodology; educational projects activity; remote labs.

## REFERENCES

- [1] "Gartner Top Strategic Predictions for 2018 and Beyond." [Online]. Available: <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-predictions-for-2018-and-beyond/>.
- [2] "Implementing IoT: Popular Business Models." [Online]. Available: <http://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=196532>.
- [3] "ITU-T Rec. Y.4115. Reference Architecture for IoT Device Capability Exposure", Apr. 2017.
- [4] E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, 2 ed., MIT Press, ISBN: 978-0-262-53381-2, 2017.
- [5] V. Abramov and O. Lytvyn, "Implementation of 'Embedded Systems' Disciplines in Computer Science Students Training," in *International Symposium on Embedded Systems and Trends in Teaching Engineering*, Nitra, Constantine the Philosopher University, 2016.



- [6] K. Henke, H.-D. Wuttke, T. Vietzke and St. Ostendorff, "Using Interactive Hybrid Online Labs for Rapid Prototyping of Digital Systems," *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, vol. 6, pp. 57–62, Oct. 2014.
- [7] V. O. Abramov, "Virtual'na laboratoriya v systemi dystantsiynoyi osvity [Virtual laboratory in the system of distance education]," *II Vseukrayins'koyi konferentsiyi "Teoretyko-praktychni problemy vykorystannya matematychnykh metodiv i komp'yuterno-oriyentovanykh tekhnolohiy v osviti ta nauksi,"* Kyiv, Borys Grinchenko Kyiv University, 2018.
- [8] V. O. Abramov, "Stvorennya viddalenoyi navchal'noyi laboratoriyi dlya navchannya i eksperymentiv z robototekhniky [Creation of a remote training laboratory for training and experiments on robotics]," *IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya "Informatsiyi tekhnolohiyi v osviti, nauksi i tekhnitsi" (ITONT-2018)*, Cherkasy, Cherkas'kyi derzhavnyy tekhnolohichnyy universytet, 2018.
- [9] K. Henke, T. Vietzke, R. Hutschenreuter and H.-D. Wuttke, "The Remote Lab Cloud 'GOLDi-labs.net'", in *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Madrid, Spain, 2016.
- [10] "The Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau (GOLDi)." [Online]. Available: <http://goldi-labs.net> [Jun. 28, 2018].
- [11] "Blynk." [Online]. Available: <http://www.blynk.cc/> [Jun. 28, 2018].
- [12] "Development of Embedded System Courses with Implementation of Innovative Virtual Approaches for Integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM," [Online]. Available: <http://tempus.kubg.edu.ua/> [Jun. 28, 2018].