УДК 681.5:004.738.5

Цирульник Сергій Михайлович
кандидат технічних наук, доцент
Вінницький технічний коледж, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
ORCID ID 0000-0002-5703-9761
sovm@ukr.net

Моторна Леся Володимирівна
кандидат педагогічних наук
Вінницький технічний коледж, м. Вінниця, Україна
lesamotorna@gmail.com

СЕРВІС IFTTT І ЗАСОБИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ФАХОВИХ КОЛЕДЖІВ

Анотація. Ринкове середовище формує вимоги до молодих фахівців, а конкуренція між закладами вищої та фахової передвищої освіти спонукає готувати висококваліфікованих фахівців. Очевидно, що змістовне наповнення дисциплін залежить від прогнозованого технологічного розвитку країни та потреби у фахівцях на ринку праці. Воно має характеризуватися гнучкістю змісту й швидкою реакцією на запити ринку праці. Водночас саме змістовне насичення навчальних дисциплін може спонукати абітурієнта обрати той чи інший заклад освіти та визначитись із спеціальністю. Саме тому, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології, слід здійснювати напрацювання найсучасніших програм підготовки фахівців.

Поняття «Інтернет речей» є комплексним та досі розвивається. З функціональної точки зору «Інтернет речей» (IoT, Internet of Things) можна розподілити на кілька рівнів: кінцеві пристрої (засоби ідентифікації, давачі, виконавчі пристрої), транспортний рівень (телекомунікаційне середовище, що охоплює дротові та бездротові мережі) та рівень роботи з даними (інтелектуальні платформи, які здійснюють збір, зберігання та обробку).

У статті розглядаються питання, які пов'язані з особливостями створення простих пристроїв у межах концепції Internet of Things на базі популярного Wi-Fi-модуля ESP8266 та впровадженням цих досліджень в освітній процес. Зокрема використання технології інтернету речей з сервісом IFTTT під час проєктного навчання в межах вивчення дисциплін «Основи автоматичного керування та роботехніка», «Мікропроцесорні пристрої та системи». Розкрито можливості такого проєктного навчання у формуванні компетенції Інтернету речей у майбутніх фахівців технічного профілю.

У статті висвітлена покрокова методика реалізації технічної складової інтернету речей з сервісом IFTTT для створення розумного будинку. Розкрито технічні можливості, особливості підключення та взаємодії модуля ESP8266 та виконавчого пристрою. Показана організація доступу модуля до мережі Інтернет, відправлення та отримання ними даних з використанням популярного хмарного IoT-сервісу aRest. Показано, як використовувати сервіс погоди Weather Underground та Date & Time безкоштовного онлайн сервісу IFTTT для управління виконавчим пристроєм через Інтернет. У статті наведено вихідні коди програми керування для Wi-Fi-модуля ESP8266.

Ключові слова: Інтернет речей; проєктне навчання; модуль IoT; M2M керування; хмарний сервіс; розумний будинок.

1. ВСТУП

Національна програма Digital Agenda Ukraine затверджена в 2017 році в Україні, до її складу належить розділ «Індустрія 4.0». Національна стратегія «Індустрія 4.0» затверджена у 2018 році [1]. Стратегія «Індустрія 4.0» України передбачає, що Україна має бути лідером у сфері таких наукомістких інженерних послуг:

© С.М. Цирульник, Л.В. Моторна, 2022.

- створення нових програмних продуктів на нових технологіях 4.0 для промисловості та виробництва;
- електричне, електронне, механічне, технологічне проєктування;
- промислова автоматизація та інжиніринг;
- розробка та виробництво складних, малосерійних або унікальних виробів.

«Індустрія 4.0» – це повністю автоматизовані виробництва, на яких управління всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. Кіберфізичні системи створюють віртуальні копії об'єктів фізичного світу, контролюють фізичні процеси і приймають децентралізовані рішення. Вони здатні об'єднуватись в одну мережу, взаємодіяти в режимі реального часу, самоналагоджуватися і самонавчатися. Важливу роль відіграють інтернет-технології, що забезпечують комунікації між персоналом та машинами. Підприємства виробляють продукцію відповідно до вимог індивідуального замовника, оптимізуючи собівартість виробництва [2].

«Індустрія 4.0» охоплює виробництво, сферу послуг і побут. Здобутки «4th industrial revolution» впроваджують у науковій та освітній діяльності заклади вищої та фахової передвищої освіти.

Постановка проблеми. Зникнення ряду професій і поява нових загострюють проблему формування у майбутніх фахівців міжпредметних навичок, навичок самоосвіти, саморозвитку, інтелектуальної мобільності та командної роботи. Такі аспекти потребують пошуку інноваційних підходів до підготовки кадрів для цифрового суспільства.

У сучасній освіті в умовах постійної зміни пріоритетів, які пов'язані з розвитком цифрових технологій, виникають нові підходи, як-от STEM-освіта, яка ґрунтується на створенні умов для пошуку рішень, командної роботи, розвитку критичного мислення, творчості з опорою на базу знань і застосування в реальному житті.

У США особлива роль належить дворічній вищій освіті в STEM-галузі, що отримується в муніципальних коледжах. Пов'язано це з прогнозом, згідно з яким у найближчі роки потреба у випускниках з дипломами молодшого спеціаліста (фахового молодшого бакалавра) буде рости в рази швидше потреби у фахівцях, які не отримали освіту в фахових коледжах.

Впровадження STEM-освіти дозволить підвищити інтерес і створити мотиваційне середовище для студентів шляхом використання цифрового обладнання, інженерних конструкторів, метапредметних зв'язків.

Модель STEM-освіти повинна охопити аудиторну, позааудиторну діяльність і систему додаткової освіти.

Кабміном оприлюднено план заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року [3].

Для реалізації моделі STEM-освіти у закладах фахової передвищої освіти необхідні:

- розробка нового змісту STEM-освіти для фахових молодших бакалаврів;
- проведення конференцій, семінарів з питань використання новітніх методик STEM-освіти для педагогічних та науково-педагогічних працівників;
- створення баз даних закладів освіти, які впроваджують STEM-освіту, і їх постійне оновлення;
- залучення до освітніх програм основ розвитку науки й технологій;
- підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників з питань використання новітніх методик STEM-освіти;

- створення нових STEM-центрів і STEM-лабораторій, розширення напрямків їх діяльності, оснащення обладнанням природничо-математичних кабінетів у закладах освіти;
- збільшення потенціалу STEM-кадрів;
- стимулювання талановитих та ефективних STEM-педагогів;
- спільні міждержавні зусилля, спрямовані на стимулювання діяльності висококласних освітніх організацій і реалізації стандартів у STEM-освіті;
- збільшення потенціалу коледжів для підготовки студентів до продовження STEM-освіти;
- взаємодія студентів коледжів із STEM-фахівцями під час стажувань і практик;
- залучення представників бізнесу і промисловості до STEM-освіти на різних рівнях.

Основні шляхи впровадження STEM-освіти в освітній процес [4]:

1. STEM-проєкт, який ґрунтується на певній реальній проблемі, шляхи розв'язання якої потребують інтеграції знань з різних навчальних дисциплін. Результати проведеної роботи оприлюднюються в мережі Інтернет або на конкурсах чи турнірах. Це є найбільш розповсюдженою формою реалізації STEM-освіти в закордонній практиці.

2. Мейкер-простір – це творчий простір здобувача освіти, де він розкриває власні здібності, реалізує власний творчий потенціал, відтворює власні задуми в діяльності, не переймаючись тим, що наступний крок може стати хибним, спілкується з однодумцями.

Мейкер-простір в освітніх інноваційних практиках розглядається як простір, який містить специфічне обладнання (3D-принтери, набори навчальної електроніки, голографічна фото-, відеостудія та інші сучасні технічні засоби). У мейкер-просторі «народжуються» ідеї нових проєктів, які реалізуються в STEAM-проєкти.

Такий підхід можна ефективно адаптувати в освітній процес закладів фахової передвищої та вищої освіти.

Змістове наповнення освітньої програми закладу вищої та фахової передвищої освіти залежить від цифрового розвитку України та потреби в ІТ-фахівцях на ринку праці. Наповнення дисциплін має характеризуватися гнучкістю й швидкою реакцією на запити промисловості та виробництва. Це є однією із стратегій виживання та прискореного розвитку закладів вищої та фахової передвищої освіти в умовах сьогодення.

При сучасному рівні складності апаратних та програмних засобів embedded-систем знання методів їх проєктування стає обов'язковим для фахівців у галузі розробки й експлуатації цифрових та мікропроцесорних пристроїв. Актуальним є впровадження в навчальну пізнавальну діяльність студентів спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна інженерія», 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 152 «Метрологія та інформаційно - вимірювальна техніка», 171 «Електроніка», 172 «Телекомунікації та радіотехніка», 173 «Авіоніка» сучасних апаратних та програмних засобів проєктування та налагодження embedded пристроїв та систем. Одним з доступних та ефективних інструментально-апаратних засобів, якому недостатньо приділяють уваги в лабораторних практикумах, є Wi-Fi-модуль ESP8266.

Формування у майбутніх фахівців з embedded- систем компетенції інтернету речей є актуальним і недостатньо представленим у науковій та методичній літературі.

Компетенція Інтернету речей ставить перед собою за мету підготовку та перевірку знань фахівців, здатних розробляти рішення Інтернету речей (Solution Architect / Solution Developer). Фахівці даної компетенції на сьогодні мають значний

попит на ринку праці. Компетенція «Інтернет Речей» передбачає наявність знань і вмінь: цифрової схемотехніки, навичок роботи з мікроконтролерами, методів передачі даних, основних протоколів Інтернету, основ програмування мережевих додатків, навичок електромонтажу та складання конструкцій з готових модулів та деталей.

Авторами пропонується формування компетенції Інтернету речей під час вивчення дисциплін «Основи автоматичного керування та роботехніка», «Мікропроцесорні пристрої та системи» шляхом реалізації навчального проєкту «Розумний будинок».

Аналіз досліджень та публікацій. У роботах [5, 6] розглядаються технології бездротового зв'язку ближнього та дальнього радіуса дії для «Інтернету речей». IoT-пристрої до Internet of Things підключаються через бездротовий зв'язок. Вибір технології Wi-Fi, Bluetooth або LTE залежить від певної галузі застосування, діапазону та смуги частот, пропускної здатності каналу передачі даних та часу автономної роботи. Висока стійкість Wi-Fi, його гнучкість й придатність для багатоцільового застосування роблять Wi-Fi однією з ідеальних платформ для підключення IoT-пристрої до Інтернету.

У роботах [7, 8] акцент зроблений на виборі апаратної платформи для реалізації модулів для IoT-пристроїв. Модуль IoT можна реалізувати на базі Arduino Uno та Wi-Fi модуля HDG04, Arduino Pro Mini та ESP-01 або модуля Node MCU ESP8266. Найдешевшим та з мінімальною кількістю елементів є модуль Node MCU ESP8266, який найчастіше використовується для проєктування IoT – пристроїв [8].

Автоматизовані системи IoT на мікроконтролері ESP8266 NodeMCU з голосовим керуванням Google Assistant, який взаємодіє із сервісом IFTTT, хмарним сховищем Thingspeak та платформою IoT Blynk, досліджуються в роботах [9-12].

У Київському університеті імені Бориса Грінченка на основі засобів IoT працює віддалена лабораторія GOLDI (Grid of Online Lab Devices Ilmenau), яка розроблена на кафедрі інтегрованих комунікаційних систем технологічного університету Ільменау, Німеччина [13]. До складу цієї лабораторії належить реальний фізичний макет, програмно-апаратне забезпечення для управління, отриманих даних, а також засоби комунікації. Така лабораторія дозволяє реалізувати цикл лабораторних робіт у межах дисципліни «Технології проєктування вбудованих комп'ютерних систем», який передбачає вивчення основ обміну даними вбудованої системи та зовнішнього середовища з 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 (open source платформи ThingSpeak і Blynk).

У статті [14] розглядаються особливості застосування лабораторного макета для напрацювання навичок прикладного програмування вбудованих систем на базі модулів Arduino та розробки мобільних додатків на платформі Android для керування даною системою. Стаття [15] розглядає питання, які пов'язані з отриманням практичних навичок з розробки та проєктування апаратно-програмного забезпечення для вбудованих систем з використанням інтернету речей на базі Wi-Fi-модуля NodeMcu з ESP8266, який рекомендується застосовувати замість модуля Arduino Nano в проєктах IoT. Навчальний набір Online Kits, який побудований на платі WeMos-D1 з модулем ESP8266-12 (аналог Arduino Uno) пропонується для практичного онлайн навчання IoT під час пандемії [16].

Однією з тенденцій ключових технологій виставки Hannover Messe 2017 [17] є перехід від давачів до платформ: раніше давачі та мережі розглядались як головна технологія, щоб з'єднати між собою різні машини. На сьогодні на перший план виходять хмарні платформи. Крім мережевого під'єднання та комунікацій через хмарні

рішення, платформи пропонують збір та аналітику даних.

Мета статті. Метою роботи є розкриття методики проєктного навчання з дослідження технології бездротового зв'язку та хмарного середовища для організації інтернет-з'єднання типу M2M, програмно-апаратного модуля бездротового керування з використанням каналу Wi-Fi та керування ним через сервіс IFTTT та представлення можливостей впровадження досліджень з IoT в освітню діяльність закладів вищої та фахової передвищої освіти України.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Цифрові технології стають все доступнішими та є основним елементом підвищення якості життя та продуктивності праці першочергово у виробничому сегменті, логістичному бізнесі, транспортних і енергетичних компаніях. Складність їх впровадження полягає в тому, що жоден виробник не має у своєму складі закінченого рішення, що містить усі компоненти. Через необхідність використання великої кількості систем від різних виробників і від їх правильного добору та інтеграції залежить те, наскільки точно реалізоване рішення буде відповідати завданням і вимогам конкурентного середовища.

Щоб скористатися потенціалом Internet of Things повною мірою потрібне глибоке розуміння принципів взаємодії всіх функцій та компонентів; уміння розробляти системи під конкретні завдання; здатність реалізовувати такі комплексні рішення, які приносили б довготривалу користь.

Усе більше найрізноманітніших пристроїв, що використовують технологію міжмашинної взаємодії «M2M, machine to machine», підключаються до мережі Internet. Таке технологічне рішення використовує ряд спеціалізованих пристроїв, які збирають інформацію телеметричного характеру. Ключовою властивістю таких систем є їх індустріальна спрямованість і необхідність участі людини в прийнятті управлінських рішень. Саме цей аспект сильно обмежує застосування M2M-технологій та сприяв вдосконаленню концепції і появи поняття «Інтернет речей».

Інтернет речей є мережею різноманітних підключених до інтернету пристроїв, що реалізують різні моделі взаємодії – «Річ - Річ» (Thing-Thing), «Річ - Користувач» (Thing-User), «Річ - Вебоб'єкт» (Thing-Web Object). Основна частина з об'єктів, що підключаються, складають різноманітні спеціалізовані пристрої, що мають у своєму складі мікроконтролер з різними платами розширення - модуль передачі даних, модуль пам'яті, засоби вимірювання, засоби ідентифікації. Для управління пристроєм, обробки й передачі даних на контролері використовується операційна система реального часу, що відповідає за збір і первинну обробку даних для мінімізації трафіку. Водночас отримані на цьому рівні структуровані дані можуть передаватись через спеціалізовані інтерфейси програмування додатків (API – Application Programming Interface) у різноманітні хмарні сервіси для подальшої обробки. Їх завдання полягає у зберіганні та обробці інформації, що надходить, з наданням обчислювальних потужностей для прикладних задач. Хмарні сервіси здійснюють адміністрування «Інтернету речей» без участі людини.

Як канали зв'язку використовуються мережі на базі протоколу IP, а місця встановлення давачів настільки різноманітні, що їх підключення все частіше здійснюється за допомогою бездротових технологій. З початку 2010-х років для цього використовувались традиційні технології передавання даних – передавання мобільних даних через GPRS (технологія 2G), мобільний радіозв'язок стандарту UMTS/HDSPA (3G), технологія передавання цифрових потоків даних по радіоканалах на основі стандарту IEEE 802.11 (Wi-Fi). Технологія Wi-Fi готова вже сьогодні приєднати IoT-

пристрої один до одного, до Інтернету й побутової електроніки, комп'ютерів та промислового обладнання. Висока надійність технології Wi-Fi, її гнучкість і придатність для багатоцільового застосування роблять Wi-Fi однією з ідеальних платформ для технологій «Інтернету речей».

Зараз у технології міжмашинної взаємодії для зв'язку застосовують ієрархії протоколів, розроблені IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Усі бездротові мережі сьогодні діляться на чотири типи: персональні WPAN (Wireless Personal Area Network), локальні WLAN (Wireless Local Area Network), міські WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) і глобальні WWAN (Wireless Wide Area Network) бездротові мережі [5, 6].

З'єднання розумних об'єктів в єдину мережу за допомогою IP-протоколу утворює мережу мереж, продукує велику кількість найрізноманітніших телеметричних даних. Розумні об'єкти, що володіють унікальним ідентифікатором, залежно від конструкції, здатні не тільки передавати потоки даних, що збираються сенсорами, а й здійснювати передачу команд для зміни стану підключених до них пристроїв.

Протоколи взаємодії між розумними об'єктами є стеком стандартів, які добре себе зарекомендували, адаптованих для використання через низькошвидкісні канали. Обмін повідомленнями працює за схемою видай/підпишись (publish/subscribe). Для цього виділяється спеціалізований «сервер» для передачі інформації – брокер. Уся передана інформація поділяється за напрямками на різні канали.

Різноманітні давачі передають інформацію про різні фізичні величини по відповідних каналах, в той час, як споживачі підписуються на їх отримання, дуже гнучко обмінюючись необхідною інформацією (рис. 1).

Описаний принцип набув широкого поширення в цілому ряді протоколів – MQTT (MQ Telemetry Transport), XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol, AMQP (Advanced Message Queuing Protocol), CoAP (Constrained Application Protocol).

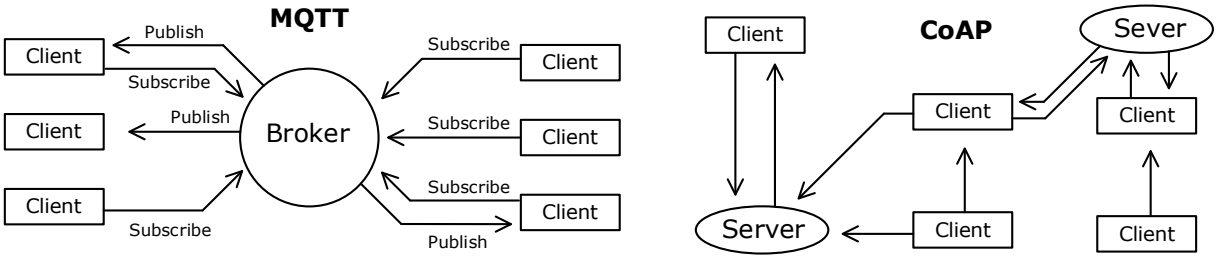


Рис. 1. Протоколи Internet of Things MQTT і CoAP

MQTT і CoAP – найпопулярніші протоколи Інтернету речей. MQTT– це протокол публікації-передплати, який полегшує комунікацію «один до багатьох». Клієнти можуть публікувати повідомлення брокеру та / або передплачувати брокера для отримання певних повідомлень. Повідомлення впорядковані за темами, які діють як система для відправлення повідомлень передплатникам. CoAP – це протокол типу клієнт-сервер. За допомогою CoAP клієнтський вузол може керувати іншим вузлом, надсилаючи пакет CoAP. Сервер CoAP буде приймати його, витягувати корисну інформацію та вирішувати, що робити з нею. Протокол CoAP є адаптацією протоколу Web (web transfer protocol) для роботи за технологією міжмашинної взаємодії [22].

Підключення IoT-пристроїв до Internet of Things є можливим через бездротовий зв'язок. На сьогодні існує багато технологій бездротового зв'язку, кожна з яких пропонує різні способи встановлення з'єднання для додатків IoT. Найбільш популярними є Wi-Fi, Bluetooth та їх різновиди, а також LTE на базі стільникового

зв'язку. Конкретний вибір буде залежати вже від певної галузі застосування, діапазону та смуги частот, пропускної здатності каналу передачі даних та часу автономної роботи.

Автоматизатори зв'язують вебсервіси Internet of Things. IFTTT [18] є провідним додатком для автоматизації. Використовуючи серію умовних операторів, можна змусити певні події запускати певні дії. Zapier є найвідомішою альтернативою IFTTT з охопленням максимальної кількості служб. Рівень безплатного користування обмежує створення Zap-файлів та вибір додатків, які можна зв'язати. Microsoft Flow та Automate.io представляють бізнес-додатки з розширеними функціями додаткових дій та умов, які дуже обмежені без придбання підписки.

Сервіс IFTTT має дуже низький поріг входження, безплатний, простий, інтегрується з величезною кількістю сервісів, тому доцільно його застосовувати для проєктного навчання в межах концепції Internet of Things. IFTTT – сервіс, який об'єднує різні мережеві додатки, а також систему «Розумний будинок». Його слоган «Примусь інтернет працювати на тебе» [18, 19]. Абревіатура IFTTT розшифровується як «If this then that» (з англ. «якщо це, то тоді»). Кожна задача (Recipe) складається з двох частин — «тригера» (Trigger) та «дії» (Action). «Тригер» – це конкретна умова, за якої має виконуватися певна «дія». На створення простого «рецепту» йде менш ніж хвилина, водночас можна скористатися великою бібліотекою алгоритмів IFTTT та вибрати вже кимось придуманий «рецепт» або змінити його на свій розсуд. Зараз сервіс з'єднує між собою сотні додатків та вебсайтів: усі пристрої на Android, продукцію Apple, Facebook, Instagram, Twitter, Flickr, Tumblr, Google Calendar, Google Drive, Etsy, Feedly, Foursquare, LinkedIn, SoundCloud, WordPress, YouTube і багато інших. А ще IFTTT дозволяє без смартфона вмикати світло в будинку, відчиняти гараж, коли під'їхала машина, варити кашу, нагадувати про тренування, годувати тварин.

IFTTT наочно демонструє потужність сучасних технологій та відкритих систем, здатних взаємодіяти одна з одною.

Ефективним методом формування фахових компетенцій Інтернету речей з розвитку критичного мислення та розв'язання проблем при використанні фізичного обладнання, розробки прототипу рішення Internet of Things, тестування та перевірки прототипу компетенції Інтернету речей є проєктне навчання.

Проєктне навчання є моделлю навчання, яке ламає стереотипи та виходить за межі традиційної практики короткострокового, ізольованого, орієнтованого на викладання, – це ретельно спланована навчальна діяльність. Знання, отримані від такого навчання, є довгостроковими, тому що різні навчальні дисципліни взаємодіють між собою, а не вивчаються окремо. Дана модель навчання орієнтована на студентів і містить роботу з проблемами реального світу та практикою. Під час проєктного навчання студенти співпрацюють протягом певного проміжку часу для того, щоб знайти розв'язання проблем, і по закінченню проєкту представляють свою роботу для оцінювання незалежною аудиторією. Кінцевим результатом проєкту є мультимедійна презентація, технічний звіт, вебсторінка і створений студентами предмет (модель, макет і т.д.).

Отже, реалізація проєктного навчання з використанням технології інтернету речей з сервісом IFTTT у межах вивчення дисциплін «Основи автоматичного керування та роботехніка», «Мікропроцесорні пристрої та системи» передбачає, що:

− студенти повинні набути навичок складання алгоритмів, що дозволяє обробляти інформацію від давачів;

− студенти повинні розуміти принципи програмування і вміти демонструвати здатність програмувати мережеві системи, вбудовані в реальний світ, зокрема системи давачів та виконавчих пристроїв;

− студенти повинні отримати уявлення про розподілену комп'ютерну архітектуру і продемонструвати здатність аналізу даних;

− проєкт повинен стимулювати творчість студентів, сприяти самостійному проєктуванню ними систем, інтегрованих в IoT. Студенти повинні пропонувати ідеї реальних додатків та втілювати ці ідеї в робочих прототипах;

− студенти повинні розвинути здібності командної взаємодії при створенні додатків;

− студенти повинні отримати уявлення про проблеми IoT, пов'язані з приватністю даних та безпекою;

− студенти повинні зрозуміти внесок обчислювальні технології та IoT в бізнес і повсякденне життя, зокрема знати історичний контекст технологічних та інтелектуальних досягнень, завдяки яким з'явився IoT.

Основні етапи проєктного навчання технології інтернету речей з сервісом IFTTT:

− складання технічного завдання: докладний опис засобами звичайної мови функцій і задач пристрою, що розробляється; розв’язання комунікаційних питань; складання на цій основі технічного завдання (ТЗ) мовою термінів відповідної предметної області;

− створення структурної схеми: переведення функцій та завдань, описаних в ТЗ, у блоки структурної схеми приладу; створення укрупненого алгоритму роботи пристрою і мікроконтролера;

− створення принципової схеми пристрою: детальне опрацювання всіх функціональних блоків; уточненням деталей алгоритму; попередній вибір елементної бази і мікроконтролера;

− вибір інтегрованого середовища розробки і програмування пристрою: вибір мови програмування, методів налагодження програми і апаратної платформи для фізичного моделювання; написання, компіляція та налагодження програми;

− симуляція та моделювання проєкту: програмна симуляція проєкту з переглядом та редагуванням змінних, трасуванням програми, покроковим виконанням програми; симуляція із імітацією сигналів зовнішньої електронної схеми;

− створення фізичного макета та налагодження пристрою: побудова фізичного макета пристрою згідно ТЗ та побудованих на попередніх етапах схем; завантаження програми у пам’ять мікроконтролера; апаратно-програмне налагодження роботи пристрою;

− захист проєкту: публічна презентація виконаної роботи.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо приклад реалізації проєкту «Інтернету речей». Наприклад, будемо вмикати світло у будинку без смартфона. Для цього використаємо популярний на сьогодні Wi-Fi-модуль ESP8266 [7]. Блока схема та схема модуля для реалізації M2M керування через інтернет з використанням сервісу IFTTT [14, 15] наведена на рис. 2, 3.

Модуль NodeMCU з мікроконтролером ESP8266 інтерфейсом Wi-Fi підключається до мережі Internet. Сервіс IFTTT здійснює взаємодію типу M2M з NodeMCU для вмикання/вимикання світла через виконавчий модуль, у складі якого реле. Працює IFTTT за принципом реалізації завдання, що складається з двох частин – «тригера» (Trigger) та «дії» (Action). Тобто виконання умови (Trigger) призводить до дії (Action). Як умову, час заходу сонця, наприклад, у місті Києві, сервіс IFTTT буде отримувати від сервісу Weather Underground. Отже, сервіс Weather Underground вказує час, коли модуль NodeMCU буде вмикати та вимикати світло. Для виконання дії у сервісі IFTTT необхідно налаштувати виконавчий канал Webhooks, який звертається до

API сервісу aREST. Сервіс aREST через мережу Wi-Fi безпосередньо керує модулем NodeMCU з ESP8266 та виконавчим пристроєм.

Рис. 2. Блок-схема модуля для реалізації M2M керування через інтернет

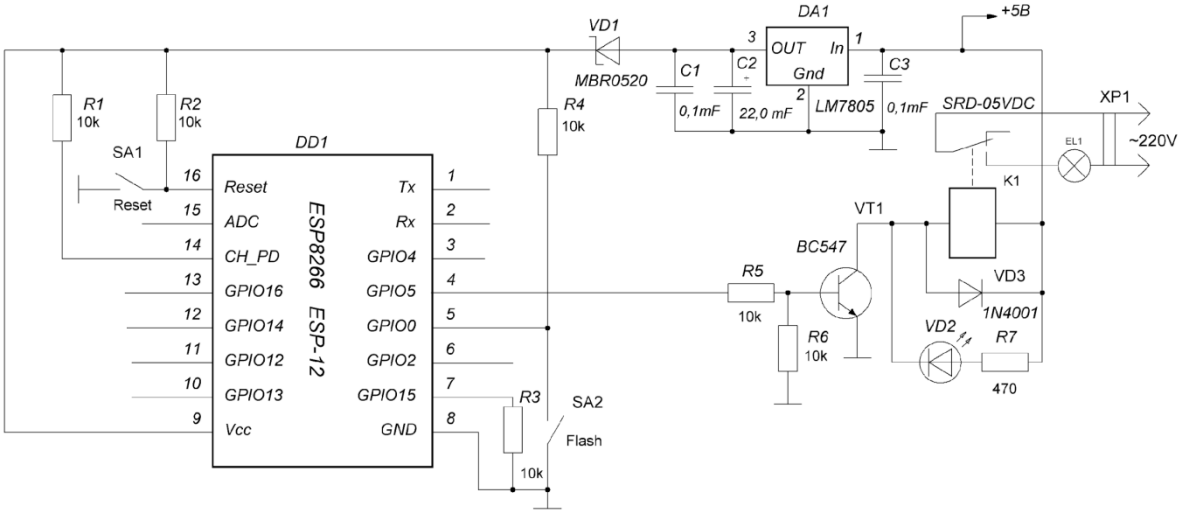


Рис. 3. Схема модуля для реалізації M2M керування через інтернет

На рис. 3 елементи DD1, DA1, VD1, R1-R4, SA1, SA2, C1-C3 належать до модуля NodeMCU на мікроконтролері ESP8266, який можна придбати в інтернет-магазинах. Для проведення досліджень до модуля додається виконавчий пристрій на елементах VT1, VD2, VD3, K1, R5-R7. За сигналом логічної «1» (GPIO5) DD1 виконавчий пристрій через реле K1 подає напругу мережі на лампу EL1, яка починає світитись. Відповідно за формування сигналу вмикання відповідає програмна частина Wi-Fi-модуля на мікроконтролері ESP8266.

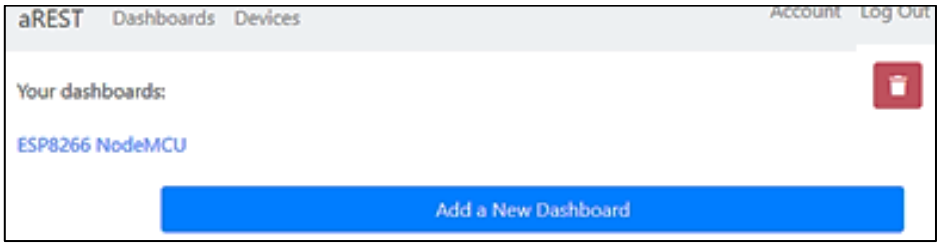


Рис. 4. Вікно хмарного сервісу aRest для створення облікового запису

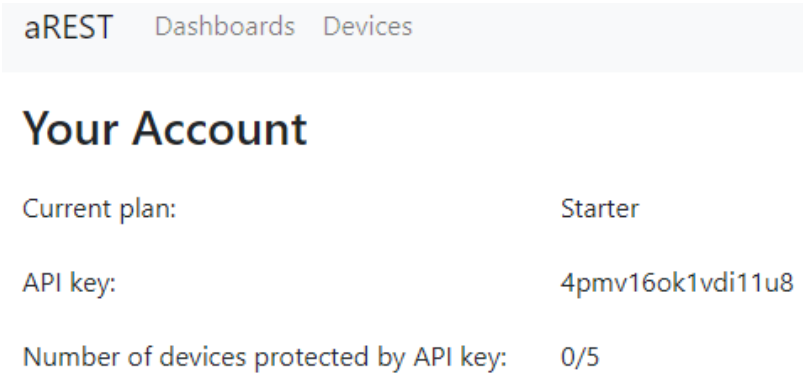


Рис. 5. Приклад облікового запису на хмарному сервісі aRest

Для реалізації програмної частини керування модулем ESP8266 створюємо обліковий запис (Account) на хмарному сервісі aRest (рис. 4) за посиланням https://dashboard.arest.io (рис. 5).

Наступним кроком є встановлення та запуск середовища розробки Arduino IDE [19, 20] у якому необхідно встановити бібліотеки aREST и PubSubClient, скористувавшись для цього «Менеджером бібліотек». У середовищі Arduino IDE необхідно ввести код програми та завантажити до Wi-Fi-модуля ESP8266 (рис. 3). Більш детально про це можна дізнатися з [21, 22].

```
// Підключаємо бібліотеки
#include "ESP8266WiFi.h"
#include <PubSubClient.h>
#include <aREST.h>
// Клієнти
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
// Введіть тут свій ідентифікатор для cloud.arest.io
char* device_id = "sovmsvom";
// Створюємо екземпляр об'єкта aREST
aREST rest = aREST(client);
// Параметри доступу до WiFi
const char* ssid = "-----------";
const char* password = "-------------";
// Порт для вхідних пакетів TCP
#define LISTEN_PORT 80
// Створюємо екземпляр сервера
WiFiServer server(LISTEN_PORT);

void setup(void){
 // Запускаємо послідовний порт
 Serial.begin(115200);
 // Реєструємо функцію зворотного виклику
 client.setCallback(callback);
 // Надаємо пристрою ім'я та ідентифікатор
 rest.set_id(device_id);
 rest.set_name("automat");
 // Підключаємося до WiFi
 WiFi.begin(ssid, password);
 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
 delay(500);
 Serial.print(".");}
 Serial.println("");
 Serial.println("WiFi connected");
 // Запускаємо сервер
 server.begin();
 Serial.println("Server started");
 // Виводимо на екран IP адресу
```

```
 Serial.println(WiFi.localIP());}

void loop() {
 // Обробка викликів aREST
 rest.handle(client);}
// Обробка повідомлень, що надходять
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length)
{
 rest.handle_callback(client, topic, payload, length);}
```

Усі запити до модуля IoT (рис. 1) виконуються за допомогою хмарного сервісу aREST, що розташований за адресою: http://cloud.arest.io. Щоб протестувати запити до модуля IoT вводимо в адресний рядок браузера http://cloud.arest.io/sovmsvom/id. Результат:

```
{"id":"sovmsvom","name":"devices_control",
"hardware":"esp8266","connected":true}
```

За схемою (рис. 3) порт GPIO5 налаштований на вихід. Налаштуємо порт GPIO5 у сервісі aREST. Для цього в адресному рядку браузера вводимо http://cloud.arest.io/sovmsvom/mode/5/o. Результат:

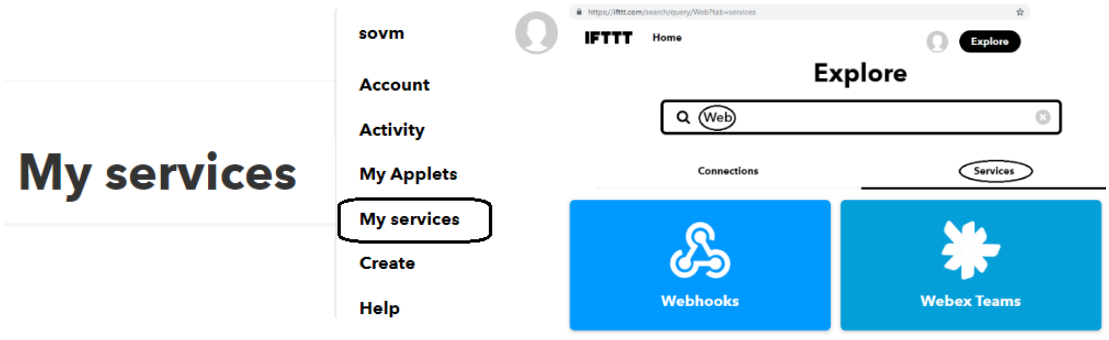
```
{"message":"Pin D5 set to output", "id":"sovmsvom",
"name":"devices_control", "hardware":"esp8266",
"connected":true}
```

Вмикаємо модуль реле командою в адресному рядку браузера http://cloud.arest.io/sovmsvom/digital/5/1. Результат:

```
{"message":"Pin D5 set to 1", "id":"sovmsvom",
 "name":"devices_control","hardware":"esp8266",
 "connected":true}
```

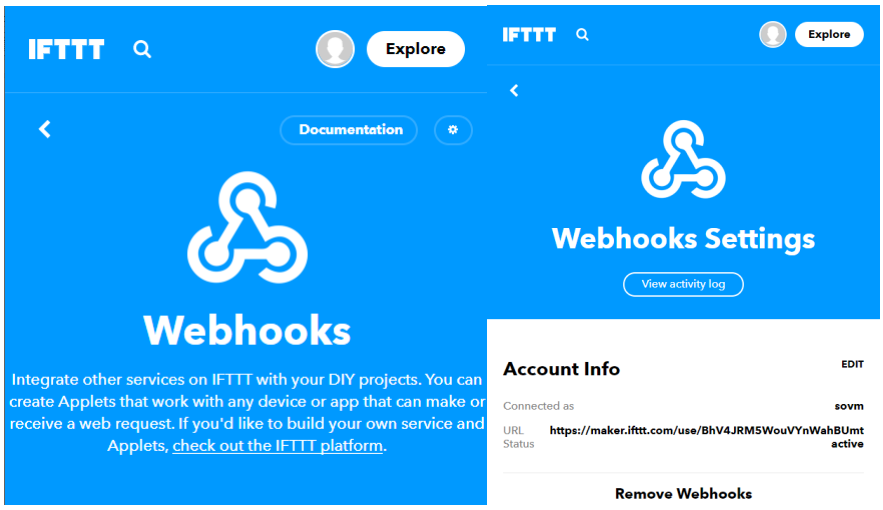
Для керування модулем ESP8266 залучимо сервіс IFTTT [19, 21]. Необхідно створити обліковий запис IFTTT на сайті https://ifttt.com. У своєму обліковому запису додайте сервіс Webhooks. Для цього:

1. Виберіть праворуч угорі в спадному меню вікна вебсервісу IFTTT команду Services (рис. 6, а). У рядку пошуку введіть слово web, і сервіс Webhooks буде відфільтрований серед інших сервісів (див. рис. 6, б).



а) *б)*

Рис. 6. Вибір режиму My services а) та пошук сервісу Webhooks серед інших сервісів б)



а) *б)*

Рис. 7. Вікно Applets (Сервіс Webhooks) а) визначення ключа сервісу Webhooks б)

2. Натисніть на значок сервісу Webhooks, і він буде доданий до облікового запису. Це гарантує, що він буде доступний для ваших Applets.

3. Для отримання ключа натискаємо у вікні Applets (рис. 7, а) на кнопку редагування (вона має вигляд шестерні) – ви побачите посилання виду: https://maker.ifttt.com/use/BhV4JRM5WouVYnWahBUmt (рис. 7, б). Довгий набір символів після слешу і є персональний ключ, який необхідний для налаштування Webhooks в інших проєктах. Скопіюйте та збережіть цей ключ.

Розглянемо, як залучити різні тригерні канали IFTTT для автоматизації керування модулем Wi-Fi-модуля ESP8266, що буде вмикати автоматично світло в заданий час (наприклад, коли за вікном потемніло), а потім вимикати його в інший час. Сервіс Webhooks сервісу IFTTT використовується як виконавчий канал. Для цього Webhooks звертається до API сервісу aREST. Підключаємо сервіс **Weather Underground** через те, що не використовували його раніше (рис. 8).

Створюємо новий аплет (**New Applet**), натискаємо на фрагмент this та як вхідний канал вибираємо сервіс **Weather Underground** (рис. 9). Як тригер події вибираємо **Sunset** (захід сонця) (рис. 10).

Як виконавчий канал IFTTT (рис. 11) призначаємо канал **Webhooks** та вибираємо опцію **Make a web request**, у якій вказуємо URL: cloud.arest.io/sovmsvom/digital/5/1 (рис. 12, а), що дозволить IFTTT надсилати команду в хмарний сервіс aREST.

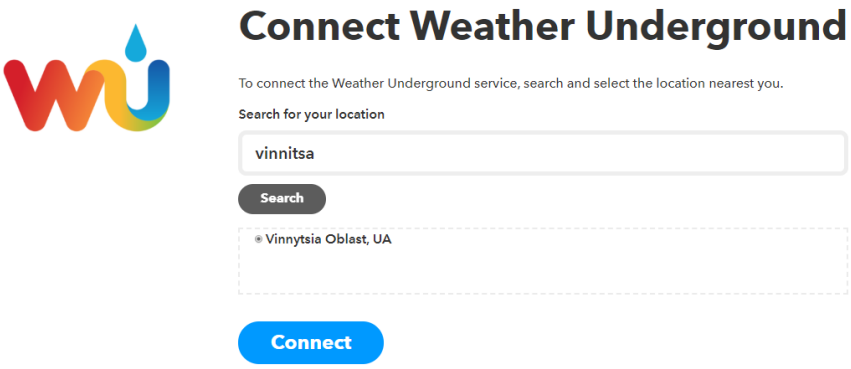


Рис. 8. Підключення сервісу Weather Underground

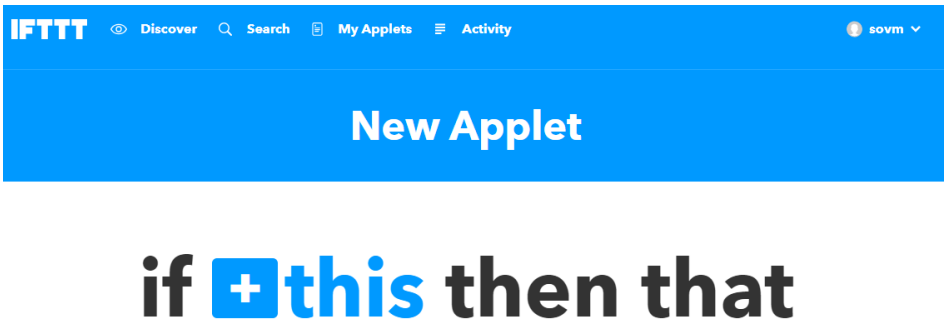


Рис. 9. Налаштування сервісу Weather Underground як вхідний канал New Applet

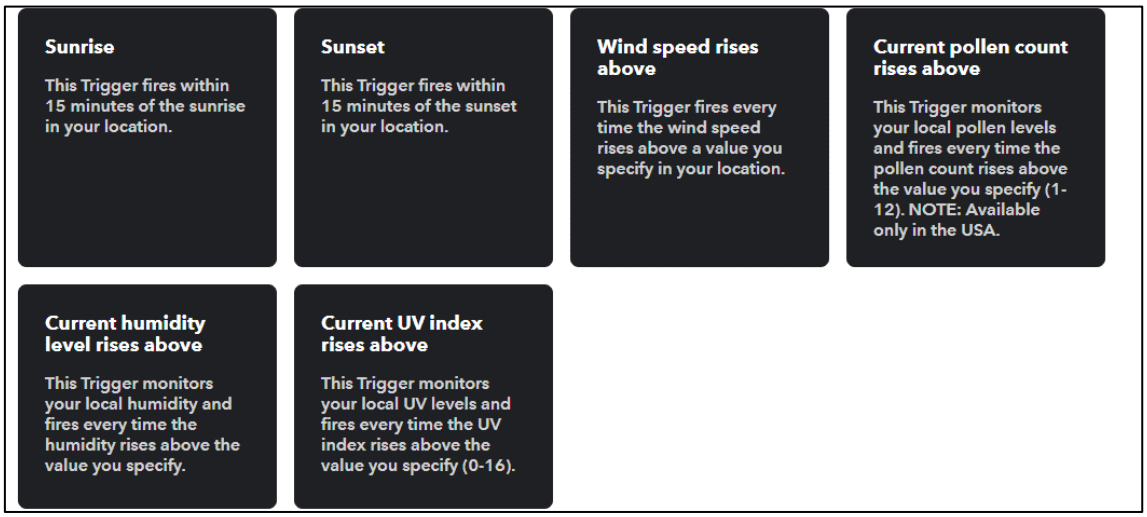
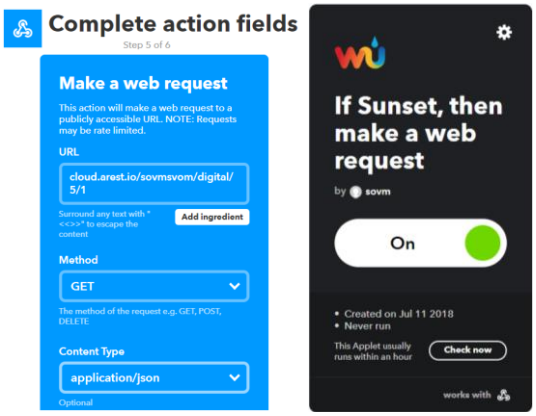


Рис. 10. Вибір тригеру події Sunrise сервісу Weather Underground

Рис. 11. Налаштування виконавчого каналу сервісу IFTTT



а) *б)*

Рис. 12. Налаштування команди Make a web request а), налаштування правила вмикати модуль кожного разу, коли спрацьовує тригер б)

У правилі задається вмикати модуль кожного разу, коли спрацьовує тригер (рис. 12, а). Створене правило показано на рис. 12, б. Тепер, коли настає подія «захід сонця», світло в приміщенні повинно автоматично вмикатись. Для вимикання світла необхідно створити новий аплет та натиснути на фрагмент ✚ this. Як вхідний канал вибираємо тригер події Sunrise (схід сонця) (рис. 10) або сервіс **Date & Time** (рис. 13).

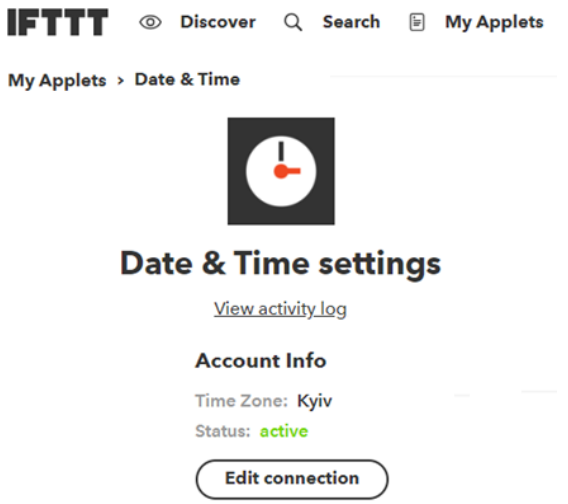


Рис. 13. Налаштування сервісу Date & Time

Як тригер події вибираємо Every day (кожний день) (рис. 14) та вводимо час, коли світло повинно вимкнутись (рис. 15). Як виконавчий канал IFTTT призначаємо канал Webhooks та вибираємо опцію Make a web request (рис. 12, а), у якій вказуємо URL: cloud.arest.io/sovmsvom/digital/5/0, що дозволить IFTTT надсилати команду в хмарний сервіс aREST.

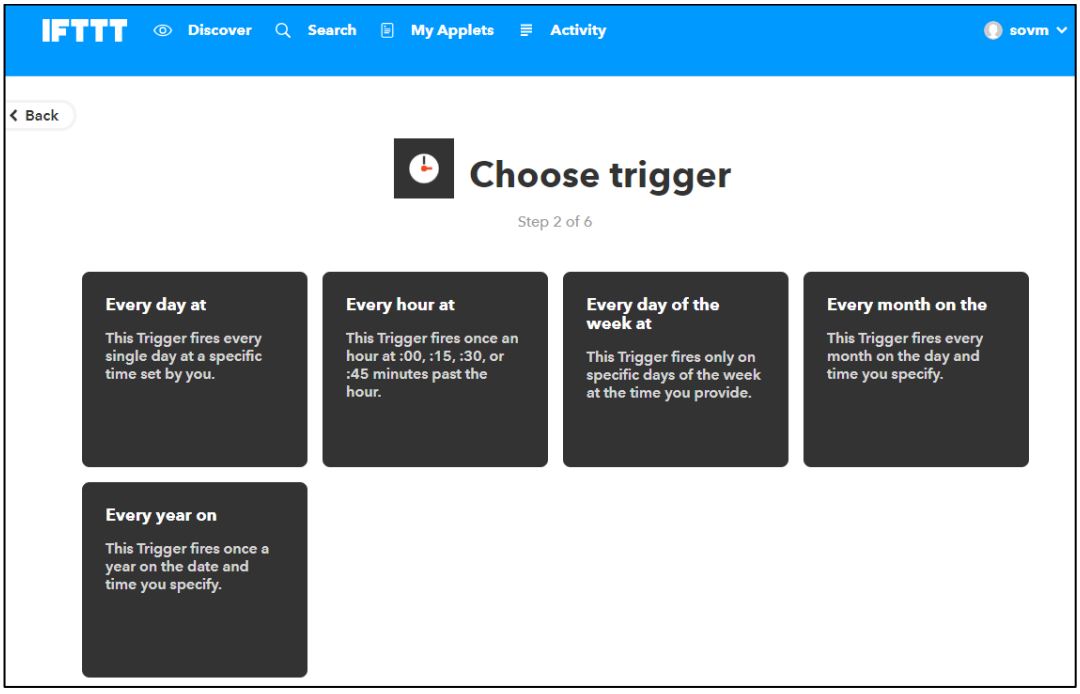


Рис. 14. Вибір тригеру події сервісу Date & Time

Можна комбінувати налаштування IFTTT та навіть використовувати сервіс Webhooks одночасно як ініціатора, так і виконавця, щоб через IFTTT пов'язати між собою різні модулі IoT системи домашньої автоматики.

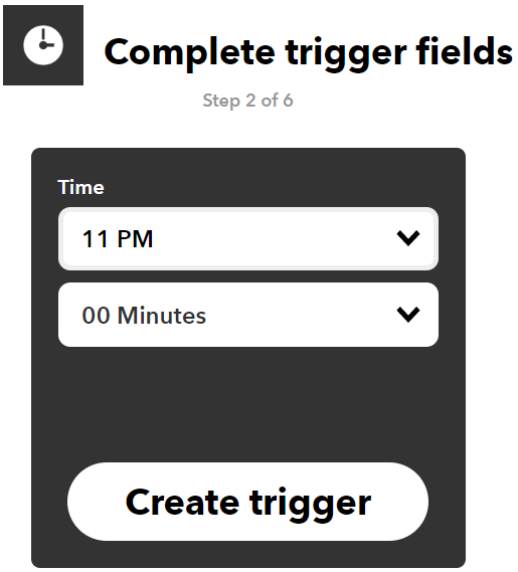


Рис. 15. Налаштування правила Every day

Результативність проєктного навчання дослідження технології бездротового зв'язку та хмарного середовища для організації інтернет-з'єднання типу M2M, програмно-апаратного модуля бездротового керування з використанням каналу Wi-Fi та керування ним через сервіс IFTTT така: більш як 85% студентів спробували себе в програмуванні, багато хто вперше. Це велика частка, враховуючи демографічні дані та той факт, що це проєкт, який вимагає мінімального рівня попередньої підготовки. Приблизно 75% студентів достатньою мірою засвоїли особливості застосування сервісу IFTTT та розробки програмного забезпечення для модуля ESP8266 та здатні застосувати сервіс IFTTT та адаптувати код для інших проєктів інтернету речей.

Наведені матеріали використані командою Вінницького технічного коледжу в межах підготовки до виконання творчого конкурсу 10 Всеукраїнської олімпіади з радіоелектроніки студентів коледжів та технікумів України.

Запропоновані матеріали можуть бути використані в межах STEAM-проєктів з курсів «Фізика 2», «Технології», «Інформатика та комп'ютерна техніка», дипломного проєктування та допомогти оновити освітні програми з фахових дисциплін.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Інтернет речей захоплює практично кожний сегмент у сфері промисловості, бізнесу, охорони здоров'я та споживчих товарів. Функціонал та інтеграція Smart пристроїв для дому (система поливу, кодового доступу та охорони, освітлення, термостати) можна легко реалізуються через сервіс IFTTT, який дозволяє об'єднати різні мережеві додатки, а також систему «Розумний будинок». Увійти до Internet of Things досить просто. Необхідно вибрати апаратну платформу, середовище розробки та створити графічний інтерфейс для свого пристрою.

Проєктне навчання на базі IoT дозволяє студентам швидко засвоїти новітні підходи, методики; опанувати хмарні сервіси, мобільні додатки, що пов'язані з інтернетом речей та застосувати знання та практичні навички програмування Arduino для проєктів на базі модуля ESP8266.

Запропонована методика дослідження дозволяє набути знання та отримати практичні навички з розробки та проєктування апаратно-програмного забезпечення для embedded систем з використанням Internet of Things та сформувати компетенції Інтернету речей.

Ринкове середовище формує вимоги до молодих фахівців, а конкуренція між закладами вищої та фахової передвищої освіти надає можливість підготувати висококваліфікованого фахівця. Водночас саме змістовне насичення навчальних дисциплін може спонукати абітурієнта обрати той чи інший заклад освіти та визначитися зі спеціальністю. Саме тому, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології, слід здійснювати напрацювання найсучасніших програм підготовки фахівців. І вже ці програми будуть зацікавлювати майбутніх фахівців і спонукати їх до обрання професії, яка буде запитаною на ринку праці.

Подальші дослідження з модулем ESP8266 спрямовані на роботу з MQTT-брокером з реалізацією мостового підключення та сокет-сервером.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] “Стратегія розвитку Індустрія 4.0”. [Електронний ресурс]. Доступно: https://mautic.appau.org.ua/asset/42:strategia-rozvitku-4-0-v3.pdf. Дата звернення: Лют. 08, 2020.

[2] “Індустрія 4.0”. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4. Дата звернення: Бер. 05, 2020.

[3] Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року». № 131-р від 13 січня 2021 р. [Електронний ресурс]. Доступно: https://lnnk.in/apfT. Дата звернення: Бер. 03, 2021.

[4] В. Андрієвська, Л. Білоусова. Концепція BYOD як інструмент реалізації STEAM-освіти. *Фізико-математична освіта: науковий журнал*. № 4(14). с. 13-17, 2017

[5] В. Рентюк. “Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей». Часть 1. Сети, шлюзы, облака и протоколы”, *Control Engineering Россия*, №6(72), с. 61-65, 2017.

[6] В. Рентюк. “Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей». Часть 3. Wi-Fi”, *Control Engineering Россия*, №2(74), с.48-53, 2018.

[7] С. Цирульник, “Як долучитись до Internet of things”, на *11 Міжн. наук.-практ. конфер. Інтернет-освіта-наука 2018,* Вінниця, 2018, с. 80-82.

[8] С. Цирульник, “Проектування та реалізація модуля IOT”, н*а IV Міжн. наук.-практ. конфер. Сучасний рух науки*, Дніпро, 2018. с.1442-1447.

[9] K. Bhanuabhiram, L. Tharun Kumar, N. Srinivasan, “Google Assistant Controlled Home Automation”, *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. Vol. 16 (8), p, 3259-3264, 2019, doi: 10.26782/jmcms.spl.2019.08.00035.

[10] A. Ara, S. Jawaligi, “NodeMCU (ESP8266) Control Home Automation using Google Assistant”, *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 6(7), p.3644-3648, 2019.

[11] S. Sachdev, J. Macwan, C. Patel and N. Doshi. “Voice-controlled autonomous vehicle using IoT”, *Procedia Computer Science*, Vol. 160, p. 712-717, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.022.

[12] S. Katangle, M. Kharade, S. B. Deosarkar, G. M. Kale and S. L. Nalbalwar, "Smart Home Automation-cum Agriculture System," *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)*, Pune, India, p. 121-125, 2020, doi: 10.1109/I4Tech48345.2020.9102688.

[13] В. Абрамов, О. Литвин О. Методичні аспекти викладання дисциплін напрямку «Інтернет речей». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 1 (1), с. 73-85, 2018.

[14] С. Цирульник, В. Ткачук, В. Роптанов. Прикладне програмування Embedded та IOT пристроїв, *на XII Міжн. наук.-практ. конфер. INTERNET-EDUCATION-SCIENCE (IES-2020)*, Вінниця, 2020. с. 243-245.

[15] С. Цирульник. Мобільні додатки та онлайн платформи моніторингу даних WI-FI метеостанції. *Open educational e-environment of modern University*, № 9, 2020, с.181-192. doi: https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.9.15.

[16] N. Rahman, R. Muhammad, S. Khairul. Development of educational kit for IoT online learning. *International Journal of Technology, Innovation and Humanities*. Vol. 1, №1, 2020. p. 26-32. doi : https://doi.org/10.29210/881001.

[17] “5 років Індустрії 4.0 – де Україна?” [Електронний ресурс]. Доступно: https://investgazeta.ua/blogs/5-rokiv-industriji-4-0-de-ukrajina. Дата звернення: Лют. 05, 2020.

[18] S. Ovadia, “Automate the Internet With “If This Then That” (IFTTT)”, *Behavioral & Social Sciences Librarian*, Vol. 33(4), 208-211, 2014, doi: 10.1080/01639269.2014.964593.

[19] “Как научить телефон варить тебе кофе и сохранять картинки без рук: обзор мешап-сервиса IFTTT”. [Електронний ресурс]. Доступно: https://habr.com/ru/company/banderolka/blog/405617. Дата

звернення: Лют. 05, 2020.
[20] С. Рюмик, *1000 и одна микронтроллерная схема*. Москва, Росія: Додэка-XXI, 2017.
[21] М. Шварц, *Интернет вещей с ESP8266.* Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2018.
[22] В. Петин, *Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things*. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2019.

Матеріал надійшов до редакції 01.03.2021р.

IFTTT SERVICE AND INTERNET OF THINGS FOR STUDENTS' PROJECT LEARNING IN PROFESSIONAL COLLEGES

Serhii M. Tsyrulnyk
PhD of Technical Sciences, Associate Professor
Vinnytsia Technical Collage, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-5703-9761
sovm@ukr.net

Lesia V. Motorna
PhD of Pedagogical Sciences
Vinnytsia Technical Collage, Vinnytsia, Ukraine
lesamotorna@gmail.com

Abstract. The market environment shapes the requirements for young professionals, and the competition between higher and professional education provides the possibility to prepare highly qualified specialists. The content of the disciplines depends on the predicted technological development of the country and the need for specialists in the labor market. It should be characterized by flexibility of the content and a quick reaction to the needs of the labor market. This is a substantial saturation of academic disciplines that can induce the entrant to choose one or the other institution and decide on a specialty. That is why, using information and communication technology, to implement modern practices of training programs.
The concept of the "Internet of things" is complex and still evolving. From a functional point of view, the Internet of things (IoT, Internet of Things) can be divided into several levels: a target device (identification means, sensors, actuators), transport layer (telecommunications environment that includes wired and wireless networks), and level working with data (intelligent platform to collect, storage and processing).
The article discusses the issues related to peculiarities of the simple devices within the concept of the Internet of Things based on the popular Wi-Fi module ESP8266 and implementation of these studies in the educational process. In particular, the use of Internet of Things technology with the IFTTT service in the process of project training in the study of disciplines "Fundamentals of automatic control and robotics", "Microprocessor devices and systems". Possibilities of such project training information of competence of the Internet of Things at future experts of a technical profile are opened.
The article highlights the step-by-step method of implementing the technical component of the Internet of Things with the IFTTT service to create a smart home. Disclosed technical possibilities, especially the connection and interaction of the ESP8266 module and actuator. Shows the organization of the module access to the Internet, sending and receiving data using popular cloud-based IoT service aRest. Shows how to use weather service Weather Underground and Date & Time free online service IFTTT to control the actuator via the Internet. The article provides source code control for Wi-Fi module ESP8266.

Keywords: Internet of things; module IoT; M2M management; cloud service; smart home.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] Development Strategy Industry 4.0. [Online]. Available: https://mautic.appau.org.ua/asset/42:strategia-rozvitku-4-0-v3.pdf. Accessed on: Feb. 08, 2020 (in Ukrainian).
[2] Industry 4.0. [Online]. Available: https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4. Accessed on: Mar. 05, 2020 (in Ukrainian).

[3] Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On approval of the action plan for the implementation of the Concept of development of natural and mathematical education (STEM-education) until 2027", №131 from 13.01.2021. [Online]. Available: https://lnnk.in/apfT. Accessed on: March 03, 2021 (in Ukrainian).
[4] V. Andrievska, L. Bilousova. The concept of BYOD as a tool for implementing STEAM-education, *Physical and mathematical education: a scientific journal*, no 4(14), pp. 13-17, 2017 (in Ukrainian).
[5] V. Rentyuk, "A short guide to the wireless technologies of the Internet of Things. Part 1. Networks, gateways, clouds and protocols", *Control Engineering Rossiya*, no. 6(72), pp. 61-65, 2017 (in Russian).
[6] V. Rentyuk, "A short guide to the wireless technologies of the Internet of Things. Part 3. Wi-Fi", *Control Engineering Rossiya*, no. 2(74), pp. 48-53, 2018 (in Russian).
[7] S. Tsyrulnyk, "How to join the Internet of things", *in Proc. 11th MNPK. Internet-osvita-nauka 2018*, Vinnytsia, 2018, pp. 80-82 (in Ukrainian).
[8] S. Tsyrulnyk, "Design and implementation of the IOT module", *in Proc. 4th MNPK. Suchasnyi rukh nauky*, Dnypro, 2018. pp. 1442-1447 (in Ukrainian).
[9] K. Bhanuabhiram, L. Tharun Kumar and N. Srinivasan, "Google Assistant Controlled Home Automation", *Journal of Computational and Theoretica l Nanoscience*, 16(8), p. 3259-3264, 2019 (in English), doi: 10.26782/jmcms.spl.2019.08.00035. (in English)
[10] A. Ara, S. Jawaligi, "NodeMCU (ESP8266) Control Home Automation using Google Assistant", *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 6(7), p.3644-3648, 2019 (in English).
[11] S. Sachdev, J. Macwan, C. Patel and N. Doshi. "Voice-controlled autonomous vehicle using IoT", *Procedia Computer Science*, Vol. 160, p. 712-717, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.022. (in English)
[12] S. Katangle, M. Kharade, S. B. Deosarkar, G. M. Kale and S. L. Nalbalwar, "Smart Home Automation-cum Agriculture System," *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)*, Pune, India, p. 121-125, 2020, doi: 10.1109/I4Tech48345.2020.9102688. (in English)
[13] V. Abramov, O. Lytvyn. Methodological aspects of teaching disciplines in the field of "Internet of Things". *Cybersecurity: education, science, technology*, no.1(1), pp. 73-85, 2018 (in English).
[14] S. Tsyrulnyk, V. Tkachuk, V. Roptanov. "Application programming of Embedded and IOT devices", in Proc/ *XIIth MNPK. INTERNET-EDUCATION-SCIENCE (IES-2020)*, Vinnytsia, 2020. pp. 243-245 (in Ukrainian).
[15] S. Tsyrulnyk. Mobile applications and online WI-FI monitoring platforms of weather stations. [Online]. *Open educational e-environment of modern University*, no 9, pp. 181-192. doi: https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.9.15. (in Ukrainian).
[16] N. Rahman, R. Muhammad & S. Khairul. Development of educational kit for IoT online learning. *International Journal of Technology, Innovation and Humanities*, Vol/ 1(1), pp. 26-32, 2020. doi: https://doi.org/10.29210/881001. (in English).
[17] 5 years of Industry 4.0 - where is Ukraine? [Online]. Available: https://investgazeta.ua/blogs/5-rokiv-industriji-4-0-de-ukrajina. Accessed on: Feb. 05, 2020 (in Ukrainian).
[18] S. Ovadia, "Automate the Internet With "If This Then That" (IFTTT)", *Behavioral & Social Sciences Librarian*, 33(4), pp. 208-211, 2014, doi: 10.1080/01639269.2014.964593. (in English)
[19] How to teach your phone to make coffee for you and save pictures without hands: an overview of the IFTTT mashup service. [Online]. Available: https://habr.com/ru/company/banderolka/blog/405617. Accessed on: Feb. 05, 2020 (in Russian).
[20] S. Ryumik M. *1000 and one microcontroller circuit*. Moscow, Russia: Dodeka-XXI, 2017 (in Russian).
[21] M. Shvarts. *Internet of things from ESR8266.* Saint Petersburg, Russia: BHV-Peterburgб 2018 (in Russian).
[22] V. Petin. *Arduino i Raspberry Pi in Internet of Things projects*. Saint Petersburg, Russia: BHV-Peterburg, 2019 (in Russian).

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.