

## IoT razvojno-edukacijski paketi u obrazovnom okruženju

Enes Ciriković<sup>1</sup>, Ivan Benke<sup>2</sup>, Danijel Koprivanac<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Veleučilište u Virovitici, Matije Gupca 78, Virovitica, Hrvatska, [enes.cirikovic@vuv.hr](mailto:enes.cirikovic@vuv.hr)

<sup>2</sup>Veleučilište u Virovitici, Matije Gupca 78, Virovitica, Hrvatska, [ivan.benke@vuv.hr](mailto:ivan.benke@vuv.hr)

<sup>3</sup>Veleučilište u Virovitici, Matije Gupca 78, Virovitica, Hrvatska, [danijel.koprivanac@vuv.hr](mailto:danijel.koprivanac@vuv.hr)

### Sažetak

Internet stvari u kontekstu prihvaćenih definicija neizostavno podrazumijeva interdisciplinarni pristup učenju i rješavanju problema iz područja u kojima je zastupljen. Pristup tehnologiji Interneta stvari iz konteksta praktičnog učenja i podučavanja sveden je na individualne pokušaje kreiranja specifičnih tema i pratećih zatvorenih hardverskih i softverskih alata poglavito u slučaju laboratorijskih vježbi i radionica. Pri tome često nedostaje cjelovita dokumentacijska podrška što ograničava naprednije učenje i horizontalno povezivanje srodnih tema koje su neophodne za stjecanje općenitih spoznaja o paradigmi Interneta stvari. U ovom radu predstavljeno je jedno cjelovito komercijalno edukacijsko rješenje za učenje koncepata Interneta stvari koje je ujedno i praktično realizirano u nastavnom procesu.

### Ključne riječi

edukacijski paketi, Internet stvari, IoT edukacija, računarstvo

### Abstract

In terms of accepted definitions the Internet of Things inevitably implies interdisciplinary approach to learning and problem solving in related research area. From the aspect of practical teaching and learning the Internet of Things technology applications are usually reduced to creation of individual laboratory exercises and workshop topics related to embedded hardware and software solutions. The lack of full documentation coverage, as well as quality of prepared learning materials significantly affects the learning process of gaining essential skills in general Internet of Things paradigm. This paper presents overview of commercially available IoT educational development kit with examples of classroom usage in undergraduate study programme of Software Engineering at Virovitica University of Applied Sciences.

### Keywords

computer science, educational kits, Internet of Things, IoT educational

## Uvod

Povezanost krajnjih čvorova u kontekstu računalnih mreža predstavlja samu bit pozadinske arhitekture u službi postizanja komunikacije između krajnjih korisnika. S vremenom napretka tehnologije i pratećih usluga prošireni su tipovi korisnika te načini njihova pristupa globalnoj računalnoj mreži, ali i nizu drugih specijaliziranih mreža koje čine svoju funkcionalnu cjelinu. Sve većom minijaturizacijom i integracijom računalnih komponenti otvoren je put pristupa Internetu uređajima široke potrošnje koji se najčešće pronalaze u kućanstvima, ali i industriji te znanosti. U prilog tome idu tehnološki iskoraci u proizvodnji mikroprocesora, podatkovne pohrane, optimizacije potrošnje energije, brzo rastućih načina širokopojasnog pristupa Internetu do široke palete dostupnih senzorskih uređaja. Pojavom nove paradigme Interneta stvari pojavljuju se i alternativni načini ostvarivanja komunikacije na Internetu te je uz uobičajene čovjek-čovjek te čovjek-uređaj sve više zastupljena komunikacija iz među dva ili više uređaja koji ujedno mogu biti i autonomni u svom radu i ostvarivanju komunikacijskih veza. U prilog tvrdnji značajne zastupljenosti uređaja iz sfere Interneta stvari u ukupnim globalnim komunikacijama ide tvrdnja da će očekivani broj uređaja povezanih na Internet (tzv. pametni uređaji) sa sadašnjih preko 20 milijardi dosegnuti razinu od 75 milijardi do 2025. (Sunyaev A., 2020:332). Navedene brojke okvirno potvrđuju i projekcije prošlih razdoblja gdje se također vide trendovi značajnog rasta udjela IoT uređaja u globalnim komunikacijama. Tako se iznosi podatak o 13.4 milijardi povezanih uređaja u 2015. godini s projekcijom od 38.5 milijardi uređaja do 2020. godine (JuniperResearch). S obzirom na predstavljene brojke, moguće je pretpostaviti da bi se očekivanim trendom rasta brojke mogle podudarati s brojkama iz prethodne tvrdnje.

Uvidom u ove brojke jasno se mogu naslutiti potencijalno jaki trendovi razvoja koncepta Interneta stvari u granama industrije, znanosti te obrazovanja. Posljednji obrazovni trendovi intenzivno se okreću primjeni i istraživanjima u području Interneta stvari kroz IoT alate i tehnologije poput razvojnih ploča s mikrokontrolerima, naprednih ugradbenih sustava, elektroničkih prezentacijskih ploča, mobilnih i prijenosnih uređaja, automatizirane rasvjete, pametnih HVAC sustava, RFID sustava; nadzornih videokamera i videokonferencijskih sustava, biometrijskih kontrola pristupa, proširene i virtualne stvarnosti i dr. (Pervez i suradnici, 2018:773).

Zajednička osnova svim navedenim primjenama, uz osnovnu distribuciju podataka do određinih udaljenih lokacija, zasnovana je i na komunikaciji s drugim uređajima putem Interneta. Pristup IoT uređaja Internetu najčešće je ostvaren pristupnim mobilnim 3G, 4G, odnosno 5G tehnologijama, ili jednostavnim pristupom iz perspektive lokalnih računalnih mreža. Međusobna lokalna povezivost uređaja u formi M2M (engl. *Machine-to-Machine*) mreža najčešće se ostvaruje standardima IEEE 802.11 (*Wi-Fi*), IEEE 802.15.1 (*Bluetooth*), IEEE 802.15.4 (*ZigBee*) ili 6LowPAN (*IPv6 Low Power Area Network*). Komunikacija između uređaja međusobno te sa senzorima ostvarena je posredstvom protokola aplikacijskog sloja TCP/IP modela od kojih se ističu CoAP (Constrained Application Protocol), MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), XMPP (*Extensible Messaging and Presence Protocol*), RESTFUL Services (*Representational State Transfer*), AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*) i websocket-a. (Jukić i suradnici, 2020:447).

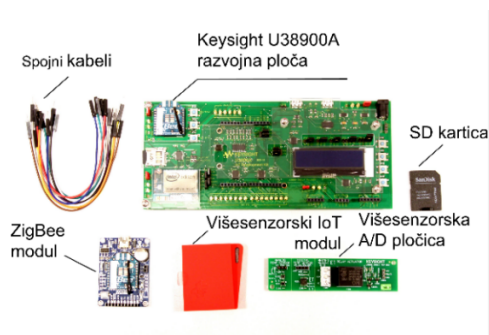
Brojni autori prepoznali su utjecaj IoT-a na obrazovni sektor, gdje se budućnost obrazovanja na obrazovnim ustanovama s uobičajenog pristupa primjene i implementacije fokusira na prilagodbu potrebama budućih zanimanja (Aldowah i suradnici, 2017). Iako se u područje Interneta stvari može pristupiti iz više znanstvenih i tehničkih područja, savladavanje temeljnih koncepata zahtijeva širi pristup koji podrazumijeva dobro isplaniranu i balansiranu strukturu gdje niti jedno područje neće biti znatno više zastupljeno od ostalih. Na primjer, studentima računarstva prirodno je pristupiti iz perspektive programskih jezika (Python i sl.), web servisa i komunikacijskih protokola, dok je hardverski dio (senzori, mjerenja) bliži studentima elektrotehničkih studija. Dobro osmišljene platforme i alati za učenje osnovnih načela Interneta stvari u jednakoj bi mjeri trebale uključivati sve po definiciji zastupljene znanstvene discipline.

## 1. Edukacijski paket Keysight IoT

Na tržištu edukacijskih paketa koji pokrivaju uvodna područja Interneta stvari postoje cjeloviti proizvodi koji svojom interdisciplinarnom strukturom i svobuhvatnom podrškom pogoduju različitim edukacijskim profilima i prethodnim znanjima. Neki od takvih dobro poznatih rješenja, poput npr. Raspberry Pi, Arduino i sl., konkurentni su cijenom i podrškom perifernih uređaja, kao i brojnim uputama i gotovim primjerima dostupnim na Internetu. U odnosu na spomenute platforme, dodatne prednosti nekih

inicijalno manje poznatih platformi, a iza kojih stoje globalno poznate tehnološke kompanije, ogledaju se, uz kvalitetnu hardversku infrastrukturu i u ponudi dobro osmišljenih nastavnih materijala (predavanja i vježbe) iza kojih stoji akademska zajednica<sup>1</sup>. Jedan takav proizvod proizveden je od strane tvrtke Keysight Technologies u nekoliko varijanti koje pokrivaju cjelovito područje Interneta stvari, od uvodnih koncepata do naprednijih metoda primjena i sustava.

**SLIKA 1: HARDVERSKE KOMPONENTE EDUKACIJSKOG PAKETA KEYSIGHT IOT FUNDAMENTALS**



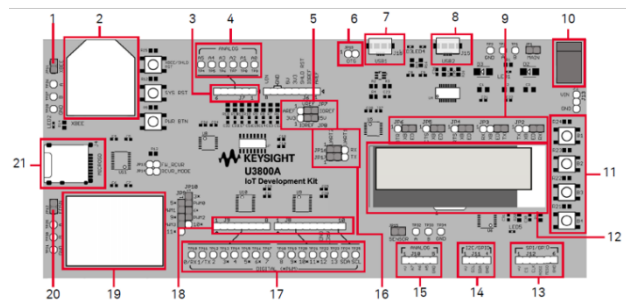
Izvor: autori.

U osnovnom edukacijskom paketu Keysight IoT Fundamentals sadržani su uz razvojno-edukacijsku elektroničku ploču i popratni uređaji prikazani slikom 1.

Osnovna komponenta svih Keysight IoT paketa je Keysight U3800A razvojna ploča temeljena na Intel Edison računalnoj platformi. Prema specifikaciji proizvođača prethodni navedeni računalni modul namijenjen je prototipiziranju i proizvodnji projekata u područjima ugradbenih sustava gdje su naglašeni zahtjevi postavljeni na smanjenom utrošku električne energije uz zadržane visoke performanse<sup>2</sup>. Upravo u području IoT-a navedene se karakteristike imaju veliku primjenu gdje se uvelike koriste resursi poslužiteljskih servisa. Razvojna ploča radi na Yocto Linux operativnom sustavu, a projekti se pišu, kompajliraju i izvršavaju izravno na razvojnoj ploči bez posredničkih aplikacija čime se pojednostavljuje pristupačnost korištenja. Na slici 2 prikazan je fizički raspored elektroničkih dijelova i modula razvojne ploče. S obzirom da se radi o razvojno-edukacijskoj platformi, ista posjeduje velik broj digitalnih i analognih ulazno-izlaznih sučelja s podrškom za protokole poput I2C, SPI i dr.

<sup>1</sup> <https://gato-docs.its.txstate.edu/jcr:8461e2b4-dc99-4a90-ae55-1b76a5bdce49/E1.2.pdf>

**SLIKA 2: SHEMA ELEKTRONIČKIH KOMPONENTI I MODULA RAZVOJNE PLOČE U3800A**



Komponenta	Komponenta
1 Premosnik za ZigBee modul (JP11)	12 LCD zaslon
2 ZigBee modul	13 SPI konektor
3 Analogni testni konektori (A0 - A5)	14 PC konektor
4 Analogni testne nožice	15 Analogni senzorski konektori (A5 - A7)
5 Analogni U/I referentni naponski prenosnik	16 UART1/UART2 prenosnici
6 OTG prenosnik	17 Digitalne U/I nožice
7 USB1	18 Digitalni U/I konektori
8 USB2	19 Intel Edison računalni modul
9 Premosnici (JP2 - JP6)	20 Premosnik za Intel Edison modul (JP12)
10 12V ulazni priključak	21 MicroSD uter
11 Tipkala (B1 - B4)	

Izvor: Izradili autori prema Keysight Technologies, 2020

Osim navedenih hardverskih komponenti, dio razvojno-edukacijskog paketa su i nastavni materijali u digitalnom obliku koji svojim temama obuhvaćaju sva područja potrebna za svladavanje uvodnih koncepata Interneta stvari. Cjelovitim kurikulumom studentima je na dobro strukturiran način omogućen dobar pregled IoT arhitekture, pratećih tehnologija i standarda, protokola te aplikacija koji zajedno čine zaokružen IoT ekosustav. Na pripadajućoj razvojno-edukacijskoj platformi mogu se između ostalo obraditi teme prikazane u tablici 1.

**TABLICA 1: PRIKAZ I OPIS TEMA LABORATORIJSKIH VJEŽBI EDUKACIJSKOG PAKETA IOT FUNDAMENTALS**

Tema laboratorijske vježbe:
Pregled IoT sustava – inicijalno postavljanje sustava; povezivanje sustava s klijentima; testiranje sustava aplikacijskim predlošcima; izrada jednostavne aplikacije za učitavanje i prikaz vanjskih senzorskih podataka
Pregled LAN/PAN komunikacijskih protokola; upoznavanje s konceptom IoT pristupnika (engl. Gateway); primjena komunikacijskih protokola za povezivanje klijenata s baznim IoT sustavom.
Pregled IoT web usluga zasnovanih na Cloud platformi; upoznavanje s mogućnostima te korištenje Google i XAMPP web usluga;
Pregled MQTT protokola – povezivanje senzorskih uređaja s Cloud platformama primjenom različitih komunikacijskih protokola

<sup>2</sup> <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/84572/intel-edison-compute-module-iot.html>

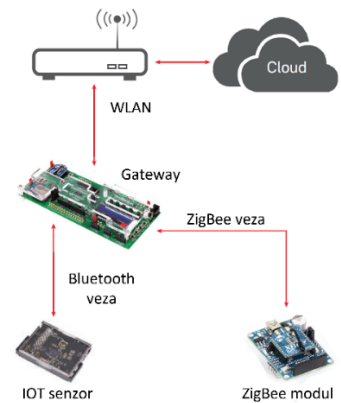
Analiza i vizualizacija podataka u IoT sustavima – programska modifikacija prethodno zadane klijentske aplikacije s ciljem primjene različitih pristupa analize podataka.

IoT cloud aplikacije – uspostava IoT čvora na odabranoj Cloud platformi te vizualni prikaz primjene IoT „smart-home“ aplikacije na uređajima krajnjih korisnika.

Izvor: autori.

Osnovna postavka svih prethodno navedenih laboratorijskih vježbi temelji se na arhitekturi prikazanoj slikom 3. U prikazanoj arhitekturi moguće je uočiti tri osnovne cjeline: gateway odnosno pristup Cloud sustavu putem interneta, razvojna ploča te periferni uređaji i senzori s pratećim komunikacijskim protokolima.

**SLIKA 3: TEMELJNA ARHITEKTURA KEYSIGHT IOT FUNDAMENTALS LABORATORIJSKIH VJEŽBI**



Izvor: Prilagođeno prema Keysigh Technologies, 2020

## 2. Mogućnosti primjene u nastavi

Svi navedeni aspekti te prednosti gotovnih paketa za učenje i razvoj u području IoT-a odgovaraju programskim sadržajima kolegija IT sustavi u oblaku na studiju računarstva Veleučilišta u Virovitici. Na primjeru jedne vježbe prikazan je postupak korištenja perifernih IoT uređaja sa Keysight U3800A izlaznim LCD sučeljem putem ugrađenih standarda GPIO (engl. General-purpose Input/Output) i UART (engl. Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). Cjelokupan komunikacijski okvir s IoT uređajem ostvaren je posredstvom aplikacija PuTTY te WinSCP putem kojih je ostvareno spajanje na konzolno sučelje uređaja te prebacivanje potrebnih datoteka programskog koda. Za vježbu su iskorišteni digitalni ulazi realizirani logičkim tipkalima integriranim na razvojnoj ploči kao na slici 4. Osim što mogu biti dio složenijih logičkih funkcija nekog većeg IoT sustava, njihova namjena u većini

realnih primjena vezana je za upravljanje paljenjem i gašenjem senzora, aktuatora i sl.

**SLIKA 4: TIPKALA KORIŠTENJA KAO DIGITALNI ULAZI NA RAZVOJNOJ PLOČI**



Izvor: autori.

Ulazi s navedenih tipkala preko GPIO ulaza prosljeđeni su u izvršni program koji je prethodno učitani i prevedeni na razvojnoj ploči. Izvršni program koristi se MRAA C/C++ bibliotekama namijenjenim softverskom pristupu ulazno-izlaznim signalima razvojne ploče U3800A. Navedena biblioteka povezana je s GPIO ulazima, odnosno odgovarajućim tipkalima, prema sljedećoj shemi:

B1 » GP48 » MRAA pin 33  
 B2 » GP47 » MRAA pin 46  
 B3 » GP46 » MRAA pin 32  
 B4 » GP45 » MRAA pin 45.

Primjer C programa korištenog za osluškivanje digitalnih ulaznih signala na tipkalima B1, B2, B3 i B4 te ispisivanju odgovarajuće poruke sukladno logičkom stanju tipkala prikazan je u nastavku.

```

#include "mraa.h"

mraa_gpio_context pb1;
mraa_gpio_context pb2;
mraa_gpio_context pb3;
mraa_gpio_context pb4;

int main(int argc, char** argv)
{
    mraa_init();

    pb1 = mraa_gpio_init(33);
    pb2 = mraa_gpio_init(46);
    pb3 = mraa_gpio_init(32);
    pb4 = mraa_gpio_init(45);
    mraa_gpio_dir(pb1, MRAA_GPIO_IN);
    mraa_gpio_dir(pb2, MRAA_GPIO_IN);
    mraa_gpio_dir(pb3, MRAA_GPIO_IN);
    mraa_gpio_dir(pb4, MRAA_GPIO_IN);
  
```

```

int x;
while (1)
{
    printf("Pritisnite dugme B1 ~ B4 \n");
    while (1)
    {
        if (mraa_gpio_read (pb1) == 0)
        {
            printf("Dugme 1 pritisnuto\n");
            break;
        }
        if (mraa_gpio_read (pb2) == 0)
        {
            printf("Dugme 2 pritisnuto n");
            break;
        }
        if (mraa_gpio_read (pb3) == 0)
        {
            printf("Dugme 3 pritisnuto\n");
            break;
        }
        if (mraa_gpio_read (pb4) == 0)
        {
            printf("Dugme 4 pritisnuto\n");
            break;
        }
    }
    sleep (1);
}
}

```

Iz prikazanog koda može se primijetiti kako je svaki MRAA pin logički pridijeljen vlastitoj varijabli pb1, pb2, pb3 i pb4 te se sukladno njihovim stanjima ispisuju odgovarajuće poruke prikazane slikom 5.

SLIKA 5: PRIKAZ PORUKA O STATUSIMA TIPKALA RAZVOJNE PLOČE

```

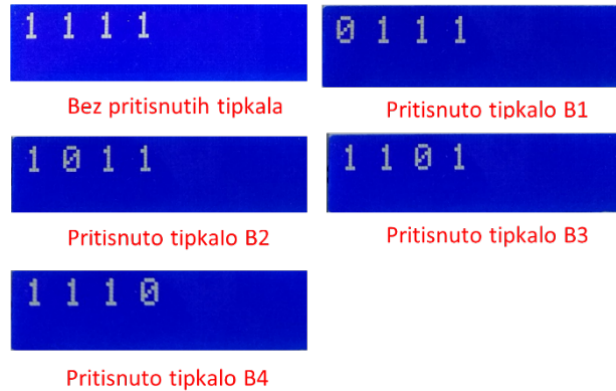
COM12 - PuTTY
root@edison:~# g++ M2-L2-E1.c -lmraa -o M2-L2-E1
root@edison:~# ./M2-L2-E1
Pritisnite dugme B1 ~ B4
Dugme 1 pritisnuto
Pritisnite dugme B1 ~ B4
Dugme 2 pritisnuto
Pritisnite dugme B1 ~ B4
Dugme 3 pritisnuto
Pritisnite dugme B1 ~ B4
Dugme 4 pritisnuto
Pritisnite dugme B1 ~ B4
^C
root@edison:~/M2-L2#

```

Izvor: autori.

Dodatno proširenje prethodnog primjera uključuje ispis poruka na LCD zaslonu razvojne ploče sukladno učitanim ulaznim stanjima tipkala kao na slici 6.

SLIKA 6. IZLAZNA STANJA PRIKAZANA NA LCD EKRANU RAZVOJNE PLOČE



Izvor: autori.

Još jedan primjer naprednije primjene perifernih IoT uređaja realizirana je povlačenjem vremenskih podataka s Interneta te spremanjem na eksternu SD karticu U3800A razvojne ploče. Vremenski podaci preuzimaju se s lokacije <https://openweathermap.org/api>, gdje je prethodno izvršena besplatna registracija na API. Nakon registracije generiran je jedinstveni URL koji sadrži API key za aplikacijski pristup JSON podacima putem REST tehnologije. Primjer generiranog sadržaja JSON datoteke s vremenskim podacima grada Virovitice nastale pozivom odgovarajućeg URL-a3 prikazan je slikom 7.

**SLIKA 7: DOHVAĆENI VREMENSKI PODACI OPENWEATHERMAP WEB SERVISIA**

```

{
  "coord": {
    "lon": 17.3839,
    "lat": 45.8319
  },
  "weather": [
    {
      "id": 804,
      "main": "Clouds",
      "description": "overcast clouds",
      "icon": "04d"
    }
  ],
  "base": "stations",
  "main": {
    "temp": 288.72,
    "feels_like": 288.4,
    "temp_min": 288.72,
    "temp_max": 289.62,
    "pressure": 1019,
    "humidity": 79,
    "sea_level": 1019,
    "grnd_level": 1004
  },
  "visibility": 10000,
  "wind": {
    "speed": 1.05,
    "deg": 107,
    "gust": 1.55
  },
  "clouds": {
    "all": 100
  },
  "dt": 1632897241,
  "sys": {
    "type": 2,
    "id": 2038685,
    "country": "HR",
    "sunrise": 1632890767,
    "sunset": 1632933319
  },
  "timezone": 7200,
  "id": 3187694,
  "name": "Virovitica",
  "cod": 200
}

```

Izvor: autori.

Paralelno s dohvaćenim podacima i registracijom na API, na razvojnoj ploči pripremljen je node-rest klijent čija je uloga prijava na prethodno registriran API te dohvaćanje željenih vremenskih podataka. Opisane procedure izvršavaju se u node klijentu pomoću sljedećeg JavaScript koda:

```

var Client = require('node-rest-client').Client;
var client = new Client();
client.get("http://api.openweathermap.org/data/2.5/w
eather?q=Virovitica&APPID=ca97bd35de6f0f306317fbea6b
caca72",function (data, response) {
  console.log

```

Ovim primjerom preuzeti podaci prikazuju se na LCD zaslonu razvojne IoT ploče. Pozicioniranjem na lokaciju SD kartice te kompajliranjem na samoj razvojnoj platformi i izvršavanjem sljedećeg C koda moguće je i spremanje podataka u tekstualnu datoteku *vrijeme.txt* na SD kartici razvojne ploče:

```

#include <stdio.h>
int main(int argc, char** argv)
{
  FILE *fp;
  fp = fopen("/media/sdcard/vrijeme.txt", "a+");
  fprintf(fp, "%s\n", argv[1]);
  fclose(fp);
}

```

Pokretanjem sljedeće Python:

```

import os
import sys
import time

while (1):

  os.system("node/home/root/vrijeme_sd.js")
  time.sleep(3)

```

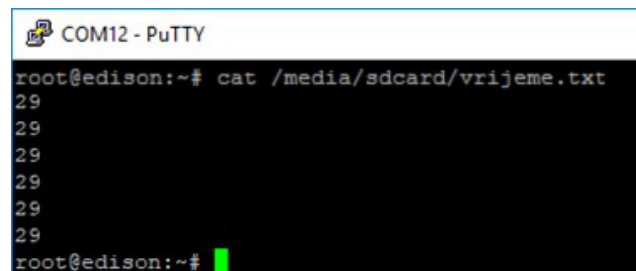
odnosno. JavaScript skripte iz terminala U3800A platforme:

```

var Client = require('node-rest-client').Client;
var client = new Client();
client.get("http://api.openweathermap.org/data/2.5/w
eather?q=Virovitica&APPID=ca97bd35de6f0f306317fbea6b
caca72",function (data, response) {
  console.log(data.main.temp_max-273.15);
  require("child_process").exec('/home/root/vrijeme_sd
'+ (data.main.temp_max-273.15))
});

```

Konačan ishod opisane vježbe prikazan je slikom 8 gdje se nalazi sadržaj upisanih vrijednosti u datoteku vrijeme.txt.

**SLIKA 8. PRIKAZ SADRŽAJA DATOTEKE VRIJEME.TXT**


```

root@edison:~# cat /media/sdcard/vrijeme.txt
29
29
29
29
29
29
root@edison:~#

```

Izvor: autori.

Prikazani primjeri u najvećoj mjeri prisutni su u zadacima kojima je moguće provjeriti usvojenost sadržaja koji odgovaraju određenim ishodima učenja kolegija Internet stvari na preddiplomskom stručnom studiju elektrotehnike, smjer Telekomunikacije i informatika na Veleučilištu u Virovitici. Manjim modifikacijama i prilagodbama postojećih skripti omogućila bi se provjera usvojenosti sadržaja koji odgovaraju sljedećim ishodima učenja:

- Navesti i opisati vrste senzora i područja primjene
- Navesti i opisati načine komunikacije različitih uređaja u domeni IoT
- Predložiti kompletan IoT sustav zajedno sa pripadajućim uređajima i načinom komunikacije

Jedan od mogućih primjera studentskih zadataka zahtijevao bi modifikaciju koda iskazanog u radu na način da se postigne slanje senzorskih podataka na Cloud platformu. Zadatak bi prethodno zahtijevao uvid u primjere sadržane u vježbi *Pregled MQTT protokola – povezivanje senzorskih uređaja s Cloud platformama primjenom različitih komunikacijskih protokola* čime se dodatno potvrđuje sveobuhvatnost materijala predstavljenih IoT platformom opisanom u ovome radu.

### 3. Zaključak

Modularan pristup iskorištavanju resursa sustava predstavljenog edukacijskog paketa omogućava prilagodljivost krivulje učenja sukladno primjeni, odnosno razinama predznanja korisnika. Svaki od pojedinih modula moguće je proučavati i promatrati kao zasebnu cjelinu unutar koje se postavljaju različiti problemi iz domene interneta stvari. Osim toga, moguć je i napredniji pristup gdje se promatraju sustavi koji uključuju više modula što omogućuje zadavanje studentskih projekata ili završnih radova. Prikazane

prednosti gotovih edukacijskih paketa, poput prikazanog ovim radom, ogledaju se u potencijalu varijabilnosti parametara pojedinih vježbi te je sukladno tome pomaknut fokus s konačnog ishoda vježbi na interdisciplinarni pristup rješavanju zadataka i problema. Samim time studentima i ostalim korisnicima pružaju se mogućnosti planiranja i razvoja sustava koji su dio šire slike koncepta interneta stvari. Relativno niska cijena, jednostavnost korištenje kao i dobra podrška proizvođača cjelovitih edukacijskih paketa omogućuje, u usporedbi s drugim pristupima, jednostavan i brz ulazak u područje Interneta stvari.

### Literatura

- [1] Aldowah H., Rehman S.ur, Ghazal S., Umar I.N. (2017): Internet of Things in Higher Education: A Study on Future Learning, Journal of Physics: Conference Series, The 6th International Conference on Computer Science and Computational Mathematics (ICCSM 2017) 4–5 May 2017, Langkawi, Malaysia
- [2] Jukić, O., Heđi, I., Ciriković, E. (2020): IoT cloud-based services in network management solutions, U: Skala, K. (ur.), MIPRO proceedings – 43rd international convention MIPRO 2020 September 28, 2020 – October 2, 2020, Opatija, Croatia, ISSN 1847-3946, page 447-452, Croatian Society for Information, Communication and Electronic Technology – MIPRO, Rijeka, Croatia
- [3] JuniperResearch, 'Internet of Things' Connected Devices to Almost Triple to over 38 Billion Units by 2020, <https://www.juniperresearch.com/press/iot-connected-devices-to-triple-to-38-bn-by-2020> (11.10.2021.)
- [4] Keysight Technologies (2020): Keysight IoT Applied Courseware, IoT Systems Design, Lab 2: Programming your peripheral devices to interface on an IoT platform via GPIO and UART, Keysight Technologies, Penang, Malaysia
- [5] Pervez S., Rehman S.ur, G Alandjani (2018): Role Of Internet Of Things (IoT) In Higher Education. Proceedings of ADVED 2018-4th International Conference on Advances in Education and Social Sciences, 15-17 October 2018- Istanbul, Turkey (str. 793)
- [6] Sunyaev A. (2020): Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies. Institute of Applied Informatics and Formal Description Methods, Karlsruhe Institute of Technology Karlsruhe, Germany (str. 332)
- [7] <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/84572/intel-edison-compute-module-iot.html> (11.10.2021.)