

СИСТЕМ ЗА ЕВИДЕНЦИЈУ ПРОЛАСКА ЉУДИ СА LoRaWAN Комуникацијом**LoRaWAN-BASED PEOPLE TRACKING SYSTEM**

Косана Павловић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Kratak sadržaj – Рад се бави хардверским и софтверским аспектом реализације система за евиденцију проласка људи кроз врата у једном или другом правцу. Биће објашњена хардверска структура, алгоритам програма уграђеног у систем, начин преношења информација до одговарајуће платформе, као и backend и frontend апликативног сервера до ког информације пристижу.

Кључне речи: Бројање људи, LoRaWAN, IoT

Abstract – The paper addresses both the hardware and software aspects of a people tracking system. It will explain the program embedded in the system, the method of transferring information to the appropriate platform, as well as the backend and frontend components of the application server where the information is received.

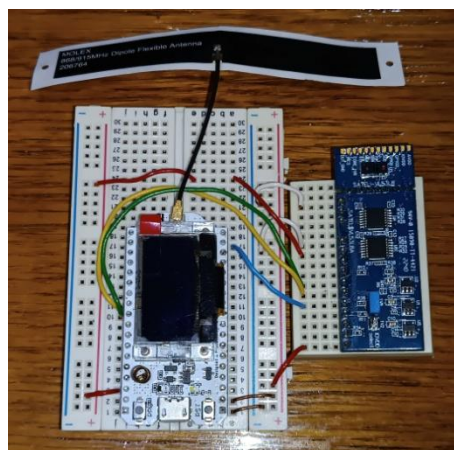
Keywords: People counting, LoRaWAN, IoT

1. УВОД

Савремени изазови у управљању просторијама захтевају паметна решења за праћење броја људи. Увођење IoT уређаја специјализованих за те сврхе постаје све неопходније како би се оптимизовало управљање у циљу побољшања утиска посетилаца и уштеде енергије. Тачна статистика о броју људи отвара могућност аутоматизације система попут грејања, климатизације или осветљења. За систем за евиденцију проласка људи са слике 1. Коришћена је WiFi LoRa 32 (V2) [1] IoT развојна плоча базирана на ESP32 чипу. Садржи LoRa модул због чега је погодно користити LoRaWAN технологију за слање података са уређаја на удаљени сервер. Плоча је повезана са Time-of-Flight (ToF) сензором VL53L8A [2] који мери удаљеност до објекта. Подаци са уређаја пристижу на ThingPark Wireless платформу компаније Actility и прослеђују даље на third-party сервер где је имплементиран backend и frontend сервис. Статистички приказ броја људи у одређеној просторији је табеларно и графички представљен на веб страници која се налази на URL адреси <https://ues.edu.rs/pavlovic.e192/results.php>. Обезбеђен је лак приступ подацима без компликованог приступа серверу/бази података и инсталацијом додатног софтвера.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Лукић, доцент.



Слика 1. Систем за евиденцију проласка људи

2. АЛГОРИТАМ ПРОГРАМА СИСТЕМА

На почетку програма се сензор ресетује, иницијализује и конфигурише да мери удаљеност до објекта у 16 или 64 различитих области. Као резултат мерења добија се матрица удаљености од 16 или 64 елемента. Започиње се мерење удаљености и чека се да резултати мерења буду спремни. Тај тренутак се препознаје услед имплементирања polling методе или прекидне рутине. Резултати се обрађују тако што се матрица удаљености раздвоји на предњу и задњу видну зону сензора. За сваку зону се обрачуна просечна удаљеност и пореди са унапред дефинисаним прагом. Све док је просечна удаљеност у једној од зона мања од прага, особа је детектована и може се утврдити њен смер кретања. Ако је просечна удаљеност у обе зоне мања од прага, тада је детектовано присуство особе на средини видне зоне. Правац њеног кретања се може одредити тек кад особа пређе у једну од зона и он се одређује на основу распореда преласка видних зона сензора.

Алгоритам детектује пролазак особе само ако она прође кроз обе видне зоне. Ако особа одлучи да се врати одакле је дошла, то неће бити регистровано као прелазак. Детекцијом проласка особе се број особа повећава или смањује у зависности од правца кретања. Промена број особа је потребно проследити на удаљени сервер помоћу LoRaWAN технологије [3]. Због карактеристике ове технологије да наредну поруку не може послати док не прими потврду претходне, нови број особа мора бити смештен у бафер. На тај начин је осигурано да свака промена броја људи ће бити послата. Из тог бафера ће

се ишчитавати подаци који ће се пакovati у LoRaWAN поруке и слати до апликационог сервера.

3. LORAWAN ТЕХНОЛОГИЈА

Када се уређај укључи, покрене се ОТАА активација уређаја ваздухом како би се он регистровао на LoRaWAN мрежу. Активација се реализује слањем захтева за придруживање мрежи са параметрима JoinEUI и DevEUI (слика 2). ThingPark Wireless платформа шаље назад одговор са додељеном динамичком адресом уређаја DevAddr и JoinNonce параметром на основу ког уређај креира безбедносне кључеве сесије. Уређај може слати поруке тек након обављене активације.

		UTC Timestamp	Local Timestamp
	join	2024-09-11 20:16:41.532	2024-09-11 22:16:41.532
Mtype: JoinRequest			
Mac (hex): 0045230189674523010d9606d07ed5b370e4d19b440aee			
MAC.Command.JoinRequest			
MAC.JoinRequest.JoinEUI : 0x0123456789012345			
MAC.JoinRequest.DevEUI : 0x70b3d57ed006960d			
MAC.JoinRequest.DevNonce : 0xd1e4			
		UTC Timestamp	Local Timestamp
	join	2024-09-11 20:16:46.532	2024-09-11 22:16:46.532
Mtype: JoinAccept			
Requested RX1/RX2Delay: 5000			
Mac (hex): 209800000200000b2440042301184f84e85684b85e84886684586e84			
MAC.Command.JoinAccept			
MAC.Command.JoinAccept.JoinNonce : 0x000098			
MAC.Command.JoinAccept.NetID : 0x000002			
MAC.Command.JoinAccept.DevAddr : 0x0440240b			

Slika 2. Информације о захтеву за придруживање и прихватању придруживања

Ако у баферу нема података спремних за слање, уређај иде у режим спавања како би уштедео енергију све док не стигне податак у бафер. Ако бафер није празан, чита се податак који је најраније смештен у њега и пакује у LoRaWAN поруку. Она се шаље радио таласима фреквенције из европског опсега (EУ868) до свих суседних гејтвеја у домету. Након што уређај прими потврду о послатој поруци, шаље наредни податак из бафера ако он постоји. Гејтвеји прослеђују поруку ThingPark Wireless платформи која игра улогу мрежног сервера у архитектури LoRaWAN мреже.

4. THINGPARK WIRELESS PLATFORMA

Почетна страна платформе садржи две опције: Device Manager и Wireless Logger. У Device Manager-у треба креирати уређај са ОТАА активацијом и са вредностима параметара JoinEUI и DevEUI идентичним као у програму уређаја (слика 3).

За модел уређаја коришћена је опција LoRaWAN revB 1.0.2 - класа А. У том процесу се додељује динамичка адреса уређаја. Поред креирања уређаја, под опцијом Application servers на постојећем серверу је потребно пронаћи Destination поље у које се уноси адреса <https://ues.edu.rs/pavlovic.e192/actility.php>. Тиме се омогућује пренос порука пристиглих до платформе на third-party апликациони сервер на тој адреси.

Slika 3. Device Manager – креирање уређаја

У Wireless Logger-у се налази преглед свих порука размењених између платформе и уређаја (слика 4). За сваку поруку коју платформа прими или пошаље се кликом на плус приказују детаљне информације попут типа поруке, локалног и глобалног времена, динамичке адресе уређаја, фактора ширења, корисног податка, фреквенције радио сигнала којим је порука послата и слично (слика 5). Слика 2 приказује детаљније информације из Wireless Logger-а за поруку захтева за придруживање и поруку прихватања придруживања респективно.

Last packets				
		UTC Timestamp	Local Timestamp	DevAddr
	join	2024-09-11 20:16:46.532	2024-09-11 22:16:46.532	
	join	2024-09-11 20:16:41.532	2024-09-11 22:16:41.532	
		2024-09-05 01:09:03.126	2024-09-05 03:09:03.126	0440240B
		2024-09-05 01:08:57.581	2024-09-05 03:08:57.581	0440240B
		2024-09-05 01:08:56.834	2024-09-05 03:08:56.834	0440240B
	data	2024-09-05 01:08:56.580	2024-09-05 03:08:56.580	0440240B
		2024-09-05 01:08:34.344	2024-09-05 03:08:34.344	0440240B
		2024-09-05 01:08:33.537	2024-09-05 03:08:33.537	0440240B
	mac data	2024-09-05 01:08:33.276	2024-09-05 03:08:33.276	0440240B
	mac	2024-09-05 01:08:31.872	2024-09-05 03:08:31.872	0440240B

Slika 4. Приказ Wireless Logger-а

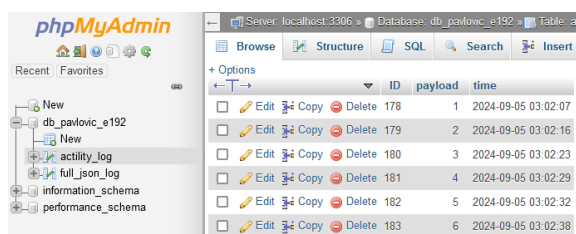
	UTC Timestamp	Local Timestamp	DevAddr		
	data	2024-09-05 01:08:25.130	2024-09-05 03:08:25.130	0440240B	
Mtype: ConfirmedDataUp					
Flags: ADDR : 1, ADDRackReq : 0, ACK : 0					
Mac (hex): -					
Data (hex): 0e [not encrypted]					
Driver metadata: model: -, application: -					
Data size (bytes): 1					
AirTime (s): 0.046336					
LRR	Relay	RSSI	SNR	ESP	CHAINS timestamp (GPS_RADIO)-
000036E7		-111.0	-3.25	-115.93247	CHAIN[0]:2024-09-05T01:08:25.130Z (-)
Device [Lat (solv): 45.255878 Lat: 45.255878 Long (solv): 19.83466 Long: 19.83466 Loc radius: 26]					
Reporting Status: On time					
ISM Band: EU 863-870MHz					
RF Region: EU868_8channels					
AS ID: TWA_1100000423.694.AS					
Frequency (MHz): 867.3					
Current class: A					
AS ID	Status	Transmission errors			
TWA_1100000423.694.AS	Ok	None			

Slika 5. Приказ информација о поруци пристиглој на платформу

5. BACKEND И FRONTEND СЕРВИСИ

У позадини апликационог сервера је датотека <https://ues.edu.rs/pavlovic.e192/activity.php> у коју прослеђене поруке стижу путем HTTP POST методе. У овој php скрипти се из HTTP захтева издваја пристигла порука у JSON формату. Из ње је потребно извући користан податак и време слања поруке који се налазе кључем 'DevEUI_uplink'. Под ознаком 'payload_hex' је користан податак, а под ознаком 'Time' је глобално време са временском зоном које је потребно конвертовати у локално време. Користан податак се налази у хексадецималном облику па га треба конвертовати у децималан облик.

На апликационом серверу се налази и база података *db_pavlovic_e192*. Припрема се и извршава SQL упит како би се издвојени подаци унели у табелу *activity_log* базе података. Табела има поље *payload* типа *integer* и поље *time* као низ од ограниченог броја *varchar* карактера (слика 6).



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for the database 'db_pavlovic_e192'. The 'activity_log' table is selected, showing its structure with columns 'ID', 'payload', and 'time'. The table contains 6 rows of data, with 'ID' values from 178 to 183, 'payload' values from 178 to 183, and 'time' values from '2024-09-05 03:02:07' to '2024-09-05 03:02:38'.

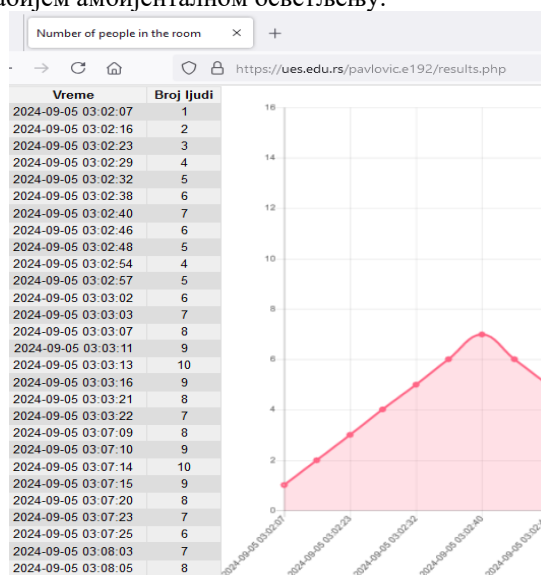
Слика 6. Приказ података у табели *activity_log*

На страни апликационог сервера постоји и датотека <https://ues.edu.rs/pavlovic.e192/results.php>. Ако се ова адреса убаца у веб претраживач, прочитаће се веб страница са називом *Number of people in the room*. Представља табеларни и графички приказ евиденције проласка људи прочитане из базе података. У оквиру фајла *results.php* је `<html>` елемент у ком су табела и график. Редови табеле су попуњени редовима прочитаним из табеле *activity_log*. На хоризонталној оси графика су вредности колоне *time*, а на вертикалној оси су вредности колоне *payload* табеле *activity_log* базе. Део поменуте веб странице се налази на слици 7.

6. ЗАКЉУЧАК

Резултати тестирања система за евиденцију броја људи у просторији су показали да систем исправно функционише. Овакви ембедед системи могу бити корисни у великим канцеларијама, конференцијским салама, тржним центрима или јавним установама где се често беспотребно троши велика количина енергије, поготово ако нема људи у њима. Људска безбедност у случају непредвиђених ситуација може бити осигурана помоћу оваквих система. Ако дође до потребе за хитном евакуацијом, од критичне је важности знати број људи у просторији да би се убрзала реакција. Праћење да капацитет просторија не буде прекорачен и да се поштују безбедносне мере може бити олакшано. Ови системи су корисни и са маркетиншког аспекта јер менаџери могу прилагођавати понуде на основу статистике о броју посета радњама у одређеном периоду. Фиксан праг удаљености у програму ограничава примену система и потенцијално изазива погрешне резултате (нпр.

немогућност детекције особа нижих од 150 центиметара). Једном програмиран систем се мора монтирати увек на исту висину како би резултати били валидни. Ако се систем постави тако да у његово видно поље улази статичан објекат до ког је удаљеност мања од прага, резултати ће бити погрешни. Од плавокоосу особу ће се мање фотона одбити у односу на тамнокоосу особу [4]. Пожељно је у програму уграђеном у систем имплементирати аутокалибрациону методу са великим бројем мерења [4]. Помоћу ње је потребно одредити праг који мора бити неколико центиметара мањи од најмањег измереног растојања. Такође, ова метода треба да садржи и проверу видног поља при постављању система тако да сензор покрива само област која је од значаја. Пожељно је почетно мерење извршити при слабијем амбијенталном осветљењу.



Слика 7. Приказ дела веб странице на адреси <https://ues.edu.rs/pavlovic.e192/results.php>

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://heltec.org/project/wifi-lora-32v2/>, Септембар 2024.
- [2] https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/v15318cx.html?icmp=tt38832_gl_Inkon_may2024#overview, Септембар 2024.
- [3] <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>, Септембар 2024.
- [4] https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.st.com/resource/en/user_manual/um2600-counting-people-with-the-v15311x-longdistance-ranging-timeofflight-sensor-stmicroelectronics.pdf&ved=2ahUKewjU69mb18OIAxW98rsIHWEATsQFnoECBkQAO&usq=AOvVaw1se7k-8fFTiVgxPi_CYDvm, Септембар 2024.

Кратка биографија:



Косана Павловић рођена је у Београду 2000. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењена електроника одбранила је 2023.год.
контакт: kosanapavlovic66@gmail.com