Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

УДК: 7.52
ДОИ: https://doi.org/10.24867/35IH04Sandor

IoT систем за надзор кошнице

IoT System for Monitoring Beehives

Флориан Шандор, Гордана Остојић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Студијски програм – МЕХАТРОНИКА

Кратак садржај – *Тема рада је пројектовање IoT система за надзор кошнице која омогућава праћење мерења сензора унутар кошнице и сензора на пчелињаку. Сензорски систем се састоји од паметних сензора, гејтвеј уређаја, који је задужен за комуникацију са сервером преко мобилне мреже, и од локалног сервера који помоћу Homeassistant аплукације омогућава приступ подацима и статистикама.*
Кључне речи: *Паметни сензори, Надзор пчелињака, Homeassistant, RS485 комуникација*

Abstract – *The topic of the thesis is the development of an IoT system used for monitoring beehives, reading measurements from sensors inside the hive boxes and sensors located at the aviary. The sensor system is composed of smart sensors, gateway device responsible for communicating with the server via the mobile network, and a local server running Homeassistant application to display measurements and statistics gathered at the aviary.*

Keywords: *Smart sensors, Beehive monitoring, Homeassistant, RS485 communication*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Гордана Остојић, ред. проф.

1. УВОД

Тема овог рада је пројектовање поузданог и флексибилног *IoT* (*Internet of Things*) система (даље Систем паметне кошнице) који омогућује надзор пчелињака. Систем паметне кошнице може да се користи на удаљеним местима где није доступан дистрибутивни систем електричне енергије, који користи робусне индустријске комуникационе протоколе за комуникацију између сензора, који је састављен од лако доступног хардвера и софтвера.

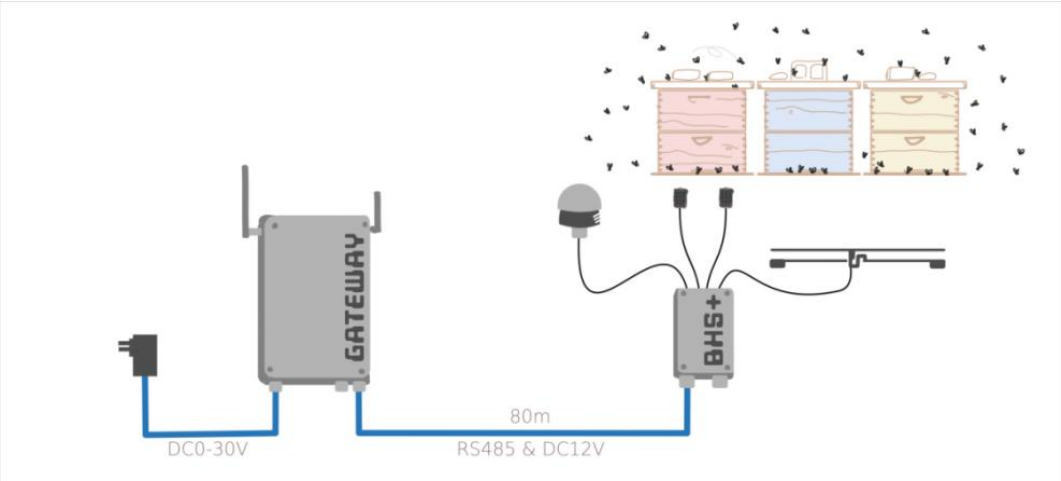
2. АРХИТЕКТУРА СЕНЗОРСКОГ СИСТЕМА

Да би систем био функционалан, потребна је међусобна сарадња више уређаја, који врше следеће функције: очитавају сензоре, скупљају податке, врше комуникацију преко мобилне мреже, приказују и чувају податке.
Целокупни систем се може поделити на два дела, локални систем и сервер. Локални систем је скуп уређаја који се налазе на пчелињаку. Локални уређаји комуницирају међусобно. Локални систем се састоји од два типа уређаја:
1. Сензорски уређај – Његова улога је да очитава сензоре. Сензорски уређај користи Atmega168/ Atmega328p микроконтролере.
2. Гејтвеј уређај – скупља измерене податке од сензорских уређаја и комуницира са сервером преко Wi-Fi мреже или преко LTE/4G мобилне мреже. У локалном систему он служи као мастер осталим сензорским уређајима. Гејтвеј уређај се базира на ESP32 [1] микроконтролеру.

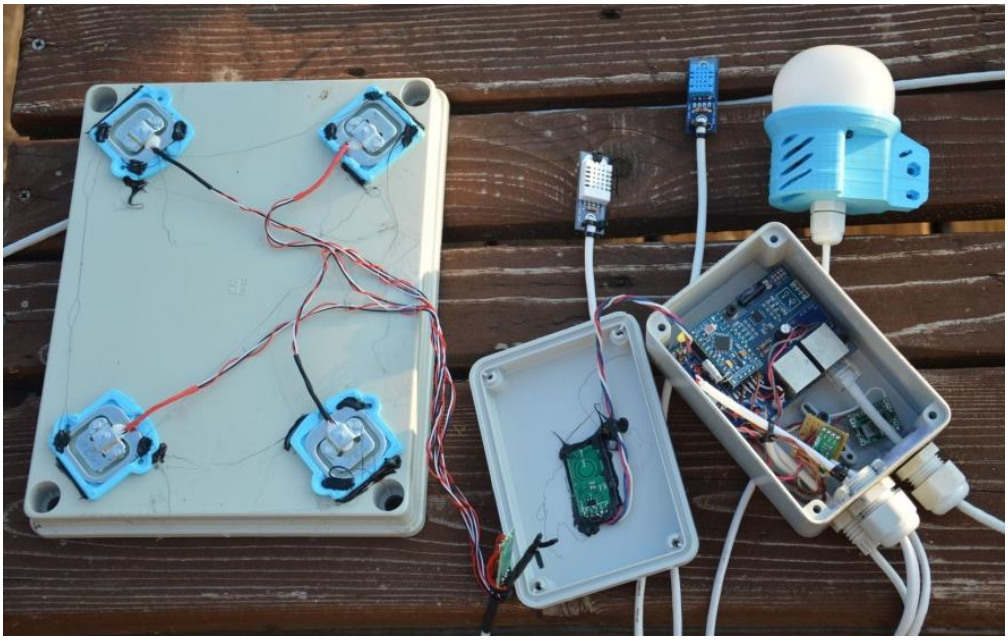
Распоред уређаја на нивоу локалног система може да се прилагоди датом пчелињаку. Систем паметне кошнице може да се напаја помоћу соларне енергије или мрежне утичнице, може имати један или два сензорска уређаја или може имати сензорски уређај који је повезан са додатним сензорима по потреби. Једна конфигурација система је приказана на слици 1.

3. СЕНЗОРСКИ УРЕЂАЈ

Сензорски уређај је embedded уређај који се поставља непосредно поред кошнице. Његови сензори се постављају унутар кошнице или непосредно поред улазног отвора у кошницу. Улога овог уређаја је да повремено очитава стања са сензора и по пријему команде од Гејтвеја проследи форматиране и филтриране мерене величине Гејтвеј уређају. Сензорски уређај заједно са својим сензорима може се сматрати као један „паметан сензор“ који мери више параметара околине и може се очитати слањем одговарајуће команде преко RS485 [2] комуникационе линије. Сензорски уређај може бити један од две варијанте, обичан сензорски уређај или унапређени сензорски уређај. Варијанте се разликују у броју и врсти њихових сензора. Ове разлике су приказане у табели 1. Унапређени сензорски уређај са прикљученим сензорима је приказан на слици 2.



Слика 1. Мрежна конфигурација паметне кошнице



Слика 2. Унапређени сензорски уређај са прикљученим сензорима

Табела 1. Доступни сензори по врсти сензорског уређаја

	Сензорски уређај	Унапређени сензорски уређај
Температура унутар кошнице	X	X
Влажност ваздуха унутар кошнице	X	X
Амбијентална температура		X
Амбијентална влажност ваздуха		X
Амбијентални интензитет светлости		X
Вага (тежина кошнице)		X
Микроталасни сензор покрета	X	X

4. ГЕЈТВЕЈ УРЕЂАЈ

Гејтвеј уређај се налази на пчелињаку, служи за управљање локалним IoT системом. Његове функције су:

• Прати стање система, мери напон батерије и соларног панела, прати позицију пчелињака и ажурира време на основу GNSS (Global Navigation Satelite System) података.

• Обавештава сервер о свом стању - шаље поруке које садрже основне информације у вези сензорског система и Гејтвеј уређаја.

• Прикупља мерења од сензорских уређаја, форматира податке и прослеђује серверу.

• Укључује/искључује напајање сензорским уређајима ради штедње енергије или да би ресетовао нефункционалан сензорски уређај.

Гејтвеј уређај је повезан на интернет преко мобилне мреже. Ова веза се реализује помоћу SIM7000G [3] комуникационог модула.

5. СЕРВЕР/ ПРИКАЗ МЕРЕЊА

Параметри измерени сензорима треба да буду доступни помоћу веб или мобилне апликације. Ради лакшег приступа серверу, систем паметне кошнице користи локални сервер. Хардвер сервера је мини PC (односно раније Raspberry Pi 3). Гејтвеј уређај паметне кошнице комуницира са Homeassistant апликацијом помоћу websocket-a (алтернативно омогућена је комуникација и преко MQTT-a). Homeassistant је предвиђен за системе паметне куће, али у овом случају се користи за складиштење и приказ мерења сензора из система паметне кошнице – Систем паметне кошнице може да се надогради на постојећи систем паметне куће, и да се интегрише у друге системе као на пример Grafana, Influx-db који су компатибилни са Homeassistant-ом. За потребе система паметне кошнице, написана је такозвана Homeassistant Custom integration – интеграција, односно модул који омогућава комуникацију између гејтвеј уређаја и Homeassistant апликације.

6. ТЕСТИРАЊЕ СИСТЕМА

Период тестирања је трајао од августа до децембра 2024. Систем паметне кошнице је био постављен на пчелињаку у конфигурацији приказаној на слици 1. Сензори проширеног сензорског уређаја су били уграђени у две кошнице.

6.1. Иницијални проблеми система

Имплементација није била без грешке, систем је имао неколико проблема и било је јако тешко дебаговати из даљине, јер једина информација је да подаци нису стигли до сервера из неког разлога.

Неки од проблема су били:

Грешке у програму микроконтролера Гејтвеј уређаја – error handling SIM модема није био довољно поуздан. такође корисник нема информацију да ли SIM картица има довољан кредит.

Проблеми са соларним системом –акумулатор је био оштећен током тестирања.

Влага/вода је ушла у сензорски уређај, и изазвала комплетно блокирање Сензорског система.

6.2. Резултати тестирања система

Сензорски уређај је опремљен сензориама температуре, истовремено може да мери температуру и влажност ваздуха унутар две различите кошнице (плави и бели рој) као и амбијенталну температуру и влажност ваздуха на пчелињаку. Параметри мерења се снимају током сезоне и чувају се на серверу система паметне кошнице.

На слици 3 су приказана мерења интензитета светлости, температуре и влажности ваздуха унутар плаве и беле кошнице током периода који траје оквирно две недеље.

График интензитета светлости има два локална максимума током једног дана јер су кошнице позициониране тако да су у хладу када је најтоплији део дана. У првом делу посматраног периода температуре и влажности ваздуха унутар кошнице су у прихватљивим границама. На основу мерења је примећено да подаци о температури унутар кошнице могу да указују на “јачину” роја, температура варира током дана, међутим присуство пчела ублажава варијације, види се да рој регулише температуру до неке мере, одступање између амбијенталне и унутрашње температуре је најизраженије током ноћи.

Пчелар може да употреби ове информације да би преместио кошнице на оптималну локацију, где је кошница делимично у хладу, и тако смањи период повишене температуре унутар кошнице .

Други део периода на слици 3 приказује период једне олује и кишовитог времена, види се нагли раст у амбијенталној влажности ваздуха током овог периода. Температура се значајно смањила у кошницама, влажност постепено расте из дана у дан, овакво стање је потенцијално абнормално, претпоставка је да су се пчеле скупиле на рамовима у доњој кутији ЛР кошнице, док сензори мере параметре у горњој кутији кошнице.

Сензорски систем омогућава правовремену реакцију на овакве екстремне услове.

Касније, почетком октобра систем паметне кошнице је регистровао тренутак ројења плавог роја, промене су видљиве по мерењима, међутим у то време се није препознала појава, да се минимална дневна температура ројењем погођене кошнице, за разлику од друге посматране кошнице, све више тежи амбијенталној.

Медоносна пчела је активна по лепом и сунчаном времену. Она излеће из кошнице када је спољна темпертура ваздуха изнад 12,7 °C. Хладно време смањује активност пчела у пољу [4]. Једна од претпоставки је да информација о амбиенталној температури, тачније број укупних сати по температурама може да указује на активност роја и евентуално на количину прикупљеног меда на крају сезоне, међутим ово током тест периода није се успело утврдити због мањка информације и кратког периода посматрања роја.



Слика 3. Мерења доступна пчелару, приказана на web страници помоћу локалног сервера и Grafane

7. ЗАКЉУЧАК

У будућности, планиран је развој нове верзије система, који ће узети у обзир мане овог система и биће базиран на искуствима овог пројекта – сензори ће бити самостални (без Гејтевеј уређаја), нови систем паметне кошнице ће наследити сензоре и комплетан сервер/ Docker/Homeassistant имплементацију од тренутног система.

8. ЛИТЕРАТУРА

[1] https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/index.html (pristupljeno u februaru 2026.)

[2] Thomas Kugelstadt, *"Application Note - The RS-485 Design Guide"*, Texas Instruments Incorporated, 2022.

[3] SIMCom Wireless Solutions Ltd, *"SIM7000 Series_Quick Start Application Guide V1.00."*, Shanghai, 2019.

[4] dr Nebojša Nedić dr Nada Plavša, *"PRAKTIKUM IZ PČELARSTVA"*, Novi Sad, 2015.

Кратка биографија:



Флориан Шандор
рођен је у Суботици 1998. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Мехатронике одбранио је 2021.год.
Контакт: fflori4n@gmail.com