

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА LORA ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ПЛАТФОРМА ЗА
ДОМАШНА АВТОМАТИЗАЦИЯ В ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА****Красен Ангелов¹, Николай Манчев¹, Станимир Садинов¹, Михаил Ангелакис¹**¹ *Технически университет – Габрово, България***APPLICATION OF LORA IN IOT HOME AUTOMATION PLATFORM****Krasen Angelov¹, Nikolay Manchev¹, Stanimir Sadinov¹, Michail Angelakis¹**¹ *Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

Home automation is responsible for providing a safe and stylish smart home. This paper examines the application of LoRaWAN technology in IoT platforms for home automation. For this purpose, an example architecture has been developed, including a server-based LoRa gateway and Bluetooth connectivity for remote intelligent control and management of home appliances. An analysis of the expected performance of the proposed architecture was performed by evaluating the time delays, RSSI and SNR values of the signal.

Keywords: LoRa, home automation, time delay, RSSI, SNR.**ВЪВЕДЕНИЕ**

LoRa е модулационна техника, базирана на спектрално разширяване, което се реализира чрез технология, наречена Chirp Spread Spectrum (CSS) [1, 2, 3]. Технологията LoRa използва протокола LoRa Wide Area Network (LoRaWAN) за комуникация в системите за Интернет на нещата. Функционалните области с приложение на тази комуникационна технология са домашната автоматизация, интелигентните градове, интелигентната телеметрия и др. Около 100 милиона устройства в 100 държави са свързани към мрежата на LoRa. Така LoRa се превърна в неразделна част от IoT приложенията [4].

Комуникационните мрежи с ниска мощност, използвани за безжичните IoT комуникации може да се категоризират в две групи [5]:

- локални мрежи (LAN) с обхват по-малък от 1000 m. – мрежи с малък обхват (за малки разстояния), използвани в PAN (personal area network) устройствата и преносимите устрой-

ства като Bluetooth, IEEE 802.15.4 и IEEE P802.1ah.

- глобални мрежи (WAN) с обхват над 1000 m – Lora WAN, Sigfox и DASH7 и др.

LoRaWAN донесе революционни промени в областта на IoT, като позволи комуникация на дълги разстояния, използвайки много малко енергия. Клетъчните и Wi-Fi базираните мрежи, изискват много широка честотна лента и голяма консумация на енергия. От друга страна, LoRaWAN технологията предлага радиокомуникация при ниска консумация на енергия.

Домашната автоматизация се отнася до автоматизацията на сгради – внедряване на приложения за Интелигентен дом [4, 6]. Технологиите за домашна автоматизация се използват за управление на електронни компоненти, развлекателни системи, както и домашни уреди. Системата за домашна автоматизация включва и система за сигурност, безопасност и контролна достъпа. Когато цялата система е свързана към интернет, съответната операция е станала част от

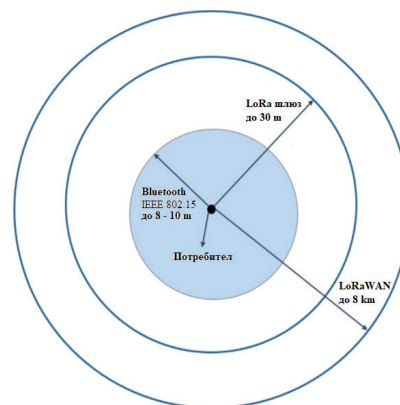
IoT. По този начин глобалният пазар за домашна автоматизация се увеличава с всеки изминал ден. Анализ, представен в [7], показва, че растежът на пазара на домашна автоматизация от 5,77 милиарда американски долара през 2013 г. е нараснал до 12,81 милиарда долара през 2020 г. Почти 81% процента от купувачите на жилища са готови да закупят автоматизирана технология в своите домашни приложения. Статистиката показва, че докато през 2013 г. са били налични 2,4 милиона безжични крушки и осветителни тела, производство им до 2020 г. в нараснало до 100 милиона. Тази статистика отбелязва как системата за домашна автоматизация значително се е превърнала в съществена част от интелигентните решения.

Предложената в този доклад схема прилага интелигентно решение, при което потребителите могат да контролират всички домашни уреди чрез пълен пакет за домашна автоматизация. Предложената платформа осигурява следното:

- цялата архитектура представлява пълна домашна автоматизация, използваща множество комуникационни технологии като LoRa, сървърно базиран LoRa шлюз и Bluetooth свързаност;
- автоматизирана система, в която потребителите могат да контролират домашните уреди чрез радиокомуникация, използвайки LoRaWAN технологията и Bluetooth връзка.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В така предложена система се обединяват три комуникационни технологии, за да се осигури интелигентно решение в областта на домашната автоматизация. В предложения модел, Bluetooth се използва за комуникация на къси разстояния [8]. Wi-Fi се използва за комуникация на среден обхват, а LoRa и LoRa шлюзът се използват за комуникация на дълги разстояния в системата за домашна автоматизация [9, 10].



Фиг. 1. Обхват на предложената система за домашна автоматизация

На фиг. 1 е показана блоковата диаграма на обхвата на системата за автоматизация по предложения метод. Обхватът на Bluetooth варира от до 8-10 m, на LoRa шлюза – до 30 m, а на LoRaWAN – до 8 km [10, 11].

А) Домашна автоматизация с помощта на LoRaWAN и Bluetooth технология

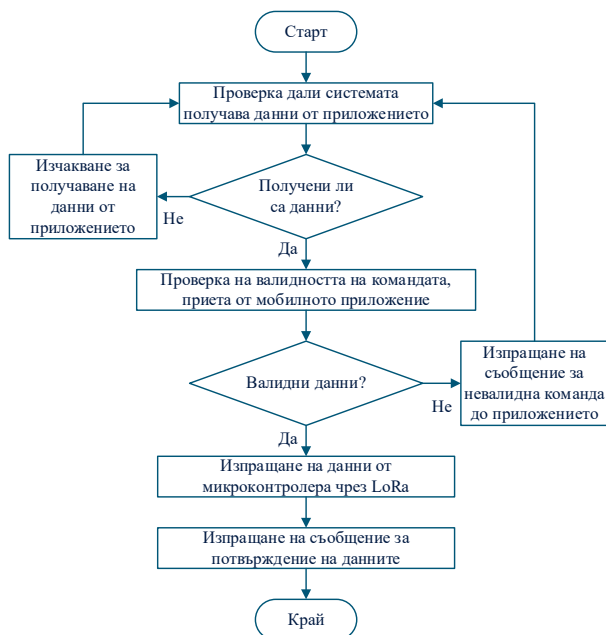
Системата за домашната автоматизация се сегментира с помощта на LoRaWAN на три взаимосвързани части. Комуникационната среда, използвана в LoRaWAN, е радиокомуникационна технология. За да осигурим безжично предаване на данни между приложението и микроконтролера, се използва Bluetooth технология. За връзката между потребител и съответна хардуерна верига може да се използва, например, Android-базирано приложение. И двете станции включително (изпращащата и приемащата), може да имат мобилно приложение, което за изпращащата станция е задължително, но за приемната – не е задължително.



Фиг. 2. Алгоритъм на изпращане на данни от потребителско мобилно приложение

На фиг. 2 е показано как потребителят ще може да изпраща данни от приложението до изпращащата станция, използвайки Bluetooth връзка с малък обхват. В началото на този алгоритъм потребителите трябва да отворят съответното мобилно приложение. Настройката на Bluetooth връзката е жизненоважен момент в този модел. Потребителите трябва да имат Bluetooth връзка между съответната верига и мобилния телефон. Ако Bluetooth е наличен, системата ще изпрати данни към микроконтролер или изпращаща станция.

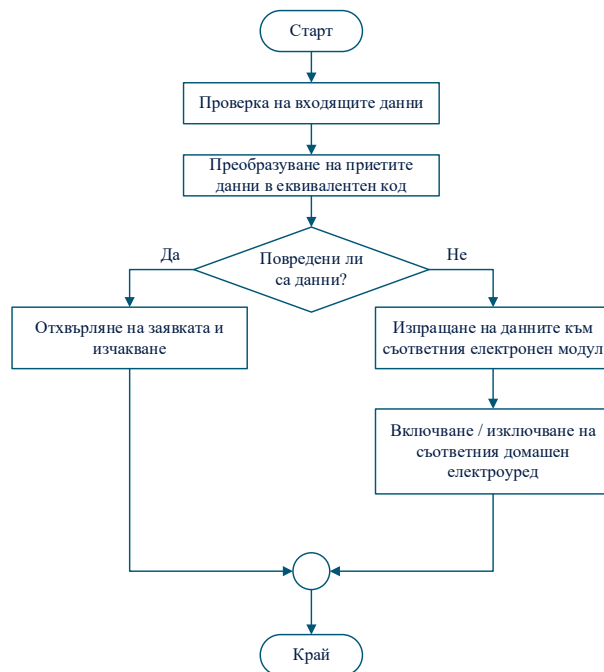
На фиг. 3 е представен алгоритъмът за изпращане на данни от изпращащата станция. Тук системата ще провери дали микроконтролерът получава данни от мобилното приложение. Ако има налични данни от приложението, системата ще премине към следващите стъпки. Отрицателният отговор ще доведе до изчакване на данни от приложението. След това системата ще провери валидността на данните. Потвърждение на валидирането на данни ще се осъществи чрез изпращане на данните от изпращащата станция с помощта на микроконтролера. Системата ще изпрати известие до Android приложението за да гарантира правилната команда.



Фиг. 3. Алгоритъм на изпращане на данни от изпращащата станция

LoRa ще събира данни, предавани от изпращащата станция по следния механизъм:

LoRa ще получи уникален символ от изпращача и ще прехвърли данните за символа към микроконтролера на получателя. Когато микроконтролерът приеме данни от LoRa, той ще реши кой компонент да бъде включен/изключен. Фиг. 4 показва алгоритъма на работа на приемната станция. Тук в началото системата ще проверява входящите данни, изпращани през LoRa. След това системата ще конвертира получените данни в съответен код. Ако процесът се захванва с повредени данни, системата ще отхвърли заявката и няма да бъдат предприети никакви действия. Ако системата намери желания отговор, тя ще изпрати данни до съответните електронни компоненти, за да изпълни инструкциите на потребителя. За целта LoRa ще получи уникален символ от изпращача и ще прехвърли данните за символа към микроконтролера на получателя. Когато микроконтролерът приеме данни от LoRa, той ще реши кой компонент да бъде включен/изключен.

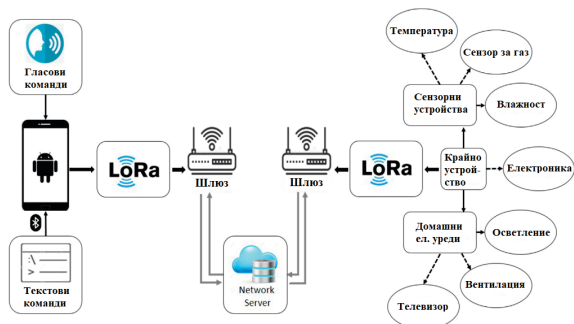


Фиг. 4. Алгоритъм на получаване на данни в приемната станция

Б) Домашна автоматизация с помощта на LoRa шлюз

Фиг. 5 показва съответната цялостна блокова диаграма на системата за домашна автоматизация, използваща LoRa шлюз. Първоначалната команда от Android-приложението се изпраща чрез LoRaWAN към

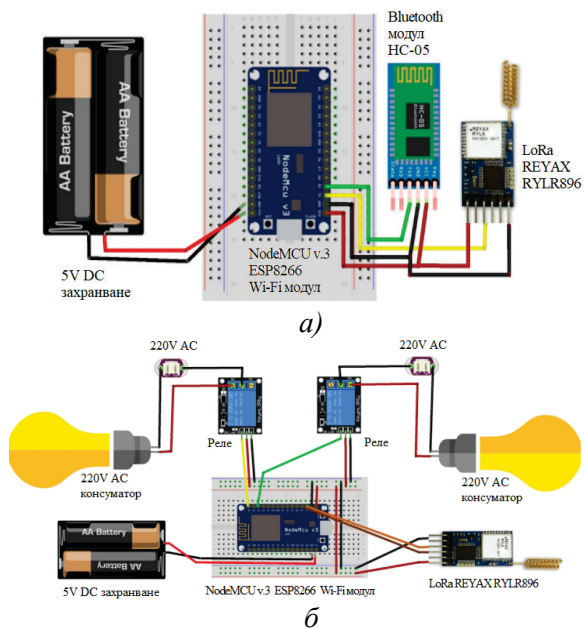
шлюза. След това шлюзът ще предаде командата до мрежовия сървър. Мрежовият сървър ще изпълни командата в определен шлюз, свързан към LoRaWAN. В хардуерния интерфейс всички домашни уреди и LoRa са свързани към централния микроконтролер, за да се управлява цялостната операция. Микроконтролерът ще изпълнява действията въз основа на командата, получена от LoRa от шлюза. Тъй като LoRa може да работи само при ниско напрежение, използва се набор от релейни вериги, отговорни за преобразуването на 220V AC напрежение в 5V DC напрежение.



Фиг. 5. Блокова схема на система за домашна автоматизация, използваща LoRa шлюз и LAN

В) Хардуерна реализация на предложения модел

На фиг. 6 е показана хардуерна реализация на предавателя и приемника от предложения модел.



Фиг. 6. Хардуерна реализация на предложия модел: а) изпращащата станция б) приемна станция

Фиг. 6а) показва съответната предложена хардуерна реализация на изпращащата станция. Използва се NodeMCU v.3 (изграден с ESP8266 базиран WiFi модул) като микроконтролер [12]. Свързаният към него Bluetooth модул HC-05 [13] е отговорен за поддържането на безжична връзка между приложението и микроконтролера, а LoRa REYAX RYLR896 [14] е отговорен за радиопредаването на данни. Използва се и 5 V DC захранващ източник.

Фиг. 6б) показва предложената хардуерна реализация на приемната станция. Използва се отново NodeMCU v.3 като микроконтролер и LoRa REYAX RYLR896 като приемна станция. Моделът също така включва две или повече релейни вериги за работа с 220V AC захранване за управление на AC електронни компоненти. Захранването от 5V DC осигурява захранването на микроконтролера.

РЕЗУЛТАТИ

Таблица 1 показва измерените времезакъснения, отчетени при 10 последователни предавания на данни в системата. След успешно завършване на десет последователни теста се вижда, че средното времезакъснение от край до край при LoRa връзка е 1,19 s, средното времезакъснение за Wi-Fi е 0,101 s, а средното времезакъснение за Bluetooth е 0,36 s. Таблицата ясно показва, че времезакъснението при Wi-Fi връзка е по-малко от базираните на LoRa и Bluetooth решения. Но това решение е енергийно неефективно, което налага прилагането на енергийно-ефективната LoRa технология заедно с Bluetooth – решение, което не изисква интернет свързаност за интерактивна система за домашна автоматизация.

Таблица 1. Измерено времезакъснение в комуникацията

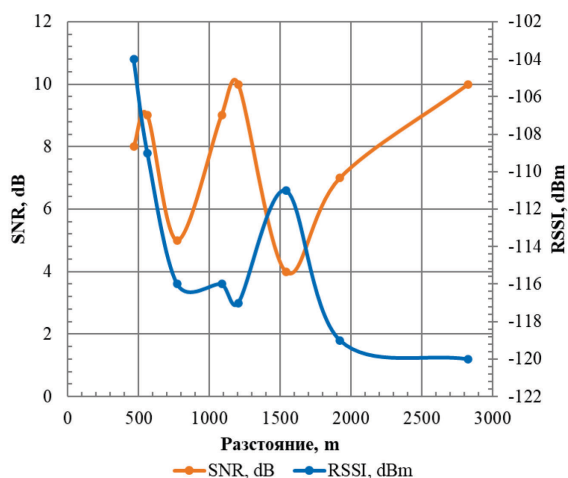
Т. №	Времезакъснение в комуникацията, s		
	LoRa	Wi-Fi	BT
1	1,01	0,10	0,40
2	1,30	0,12	0,36
3	1,10	0,11	0,40
4	1,40	0,08	0,39
5	1,30	0,09	0,20
6	1,40	0,10	0,39
7	1,20	0,11	0,30
8	1,20	0,10	0,42
9	1,02	0,08	0,42
10	1,00	0,12	5,32

В следващата група експерименти се извършва оценка на измерените стойности на RSSI и SNR параметрите на сигнала при LoRa комуникация. За целта са проведени 13 измервания в различни точки за различни разстояния на комуникация в сценарий на открито в градска среда и в сценарий на закрыта многоетажна сграда.

В таблица 2 са показани отчетените стойности от експеримента в сценарий на открито в градска среда. От резултатите се вижда, че най-големия обхват е 2828 m от приемната станция, въпреки наличието на препятствия като сгради, дървета, стени, къщи и т.н. Фиг. 7 съответно показва приблизително изменението на стойностите на RSSI и SNR при LoRa комуникация във функция от разстоянието. Независимо от наличните естествени и изкуствени препятствия, стойностите на RSSI и SNR винаги остават по-близо едни до други.

Таблица 2. Измерени стойности на RSSI и SNR при LoRa комуникация във функция от разстоянието

КТ №	RSSI, dBm	SNR, dB	Разстояние, m
1	-104	8	466
2	-109	9	563
3	-116	5	774
4	-116	9	1086
5	-117	10	1204
6	-111	4	1539
7	-119	7	1922
8	-120	10	2828



Фиг. 7. Графична зависимост на изменението на RSSI и SNR при LoRa комуникация във функция от разстоянието

Отчетените резултати от проведените експерименти с измерване на стойностите на RSSI и SNR при LoRa в рамките на многоетажна сграда са изведени в Таблица 3.

Таблица 3. Измерени стойности на RSSI и SNR при LoRa комуникация многоетажна сграда

КТ №	Етаж	RSSI, dBm	SNR, dB
1	Партер	-117	5
2	1-ви	-116	5
3	2-ри	-112	9
4	3-ти	-104	10
5	4-ти	-103	9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада беше представен модел на платформа на цялостна система за домашна автоматизация. Потребителите могат лесно да си позволят това решение в ежедневните си дейности. Използването на потребителско приложение за мобилни устройства позволява на потребителите да работят с всички електронни компоненти. За да се осигури цялостната домашна автоматизация, се използва LoRaWAN технология базирана на LoRa шлюз и Bluetooth свързаност. Ако даден потребител остане в близко разстояние, като комуникация ще се използва Bluetooth свързаността. В случай на липса на Bluetooth връзка, ще се премине към използване на LoRa шлюза. Ако даден потребител остане извън безжичната комуникация на къси и средни разстояния, тя ще се управлява от LoRa. Резултатите са насочени към оценка на ефективността на предложената система. За да се проследи поведението на системата, е извършена оценка на времезакъснението при предаване от тези комуникационни устройства, определяне на обхвата на зоната на покритие за LoRa заедно със отчитане на измерените стойности на RSSI и SNR.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Планиране, проектиране и оптимизация на безжични комуникационни платформи, услуги и решения за 5G и IoT приложения“, договор 2205E/2022 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

REFERENCE

- [1] LoRa™ Modulation Basics, Wireless, Sensing & Timing Products, Application Note, AN1200.22, Rev.2 Semtech Corporation, USA, 2015.
- [2] LoRa Alliance, LoRaWAN Specification, 2015.
- [2] <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora> – SEMTECH, 2020. What is LoRa 2020 (cited 20.10.2022).
- [3] Dawson M., D. Walker, S. Cleveland, Systems usability in developing countries: case of computing use in Guinea. Int. J. ICT Res. Afr. Middle East (IJICTRAME) 8 (1), 2019, pp. 31-40.
- [4] Stojkoska R., K. Trivodaliev, A review of Internet of Things for smart home: challenges and solutions. J. Cleaner Prod. 140, 2017, pp. 1454-1464.
- [5] Angelov K., S. Sadinov, P. Kogias, Deployment of Mesh Network in an Indoor Scenario for Application in IoT Communications, CIEES 2020, November 26 – 29, Borovets, Bulgaria, 2020, pp. 1-6.
- [6] <https://innotechtoday.com/smart-home-statistics/.68898> - Innotechtoday, Smart Home Statistics, 2020 (cited 20.10.2022).
- [7] <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/home-automation-control-systems.asp> – Home Automation System Market, SE 3065, 11.2020, (cited 20.10.2022).
- [8] Amoran A., A. Oluwole, E. Fagorola, R. Diarah, Home automated system using Bluetooth and an android application, Scientific African, Vol. 11, 2021, e00711, ISSN 2468-2276 (DOI:10.1016/j.sciaf.2021.e00711).
- [9] Kalnoskas A., Design guide on Wi-Fi and the IoT, Silicon Labs, WTW Media, 2022.
- [10] Manchev N., K. Angelov, P. Kogias and S. Sadinov, Development of Multichannel LoRaWAN Gateway for Educational Applications in Low-Power Wireless Communications, 2019 IEEE XXVIII International Scientific Conference Electronics (ET), Sozopol, Bulgaria, 2019, Electronic ISBN: 978-1-7281-2574-9 (DOI: 10.1109/ET.2019.8878492)
- [11] Tashev P., K. Angelov, N. Manchev, Comparative Analysis of LoRa Modulation Performance for IoT Applications, Proc. of papers UNITECH 2021, 19 November 2021, Gabrovo, Bulgaria, vol. 1, pp. 1-163-168, 2021, ISSN: 1313-230X.
- [12] https://www.nodemcu.com/index_en.html - NodeMcu Connect Things EASY (cited 20.10.2022)
- [13] HC-05 Bluetooth Module, HC-05 Bluetooth Module User's Manual V1.0, Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd, 2021.
- [14] REYAX RYLR896 – 868/915MHz Lora Antenna Transceiver Module. LoRa device User Manual, REYAX Technology Corp. Ltd, 2018.