Интегрирана система тип умен дом

Г. Колев, Е. Колева

Integrated Smart Home System

G. Kolev[1], E. Koleva[1,2]

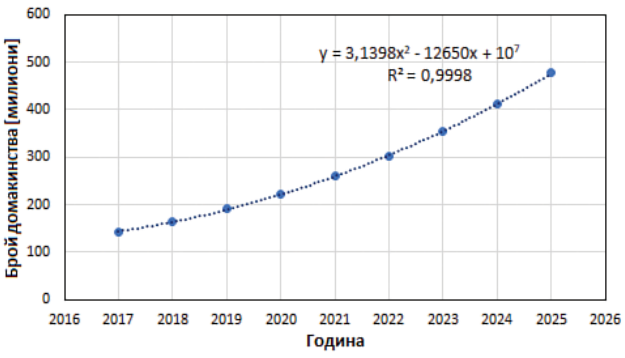
[1]University of Chemical Technology and Metallurgy, 8 Kliment Ohridski Blvd., 1756 Sofia, Bulgaria, e-mail: georgi.i.kolev@abv.bg
[2]Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko shosse Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria, e-mail: eligeorg@uctm.edu

Key Words: *Internet of Things; Wireless Sensor Network; smart home; integration; voice assistant.*

Abstract. *An integrated Smart Home system for monitoring and management of the elements of the working environment or at home in Home Assistant platform and is integrated with a voice assistant (Google Assistant) has been developed. The structure of the Smart Home (SH) system is based on the concept of the Internet of Things (IoT), which includes connectivity of devices and actuators, as well as the presence of Wireless Sensor Network (WSN). The main functions in each SH depend strongly on the requirements, way of live, special health issues, availability of pets and appliances etc. of the household members, as well as the home/house architecture, location etc. The developed integrated system structure consists of the following main modules: connected devices, measuring (sensor) module, processing module, visualization module (interface), communication module (voice communication). The system allows monitoring and control of various parameters of the environment, determination of geolocation, tracking the state of the connected devices, provides ascertainment of conditions or constraints during the implementation of logical algorithms or actions, etc. The developed integrated system solves the problem of using various interface applications, communication protocols and standards by integration of all its elements in one Application Programming Interface (API) and simultaneously the system is expanding its scope through its integration with a voice assistant (Google Assistant). In the developed integrated system solutions with pre-set functions, default functions and user selection functions are implemented. Also, specially designed by the author (G. Kolev), made and tested IoT boards for stepper motor control, RGB LED strip, as well as IoT board for control of small relays for concealed mounting are applied. The system operation rules can be set by the user (directly or in time) or depending on the values obtained from the sensors (Sensor-based Linked Open Rules). The developed SH system gives also the possibility for building actions according to the geolocation of each of the devices (users) via the GPS system of the phone. Elements, connected with the energy utilization (consumption) efficiency – electricity, water and heat consumption efficiency are also considered. The optimization of the consumption is directly connected with cost savings which adds an additional benefit to the undeniable advantages of the Smart Home system development. The process of development of integrated remote-control Smart Home systems can continue without limitation in time as far as the imagination of the designer and/or the users reaches.*

Въведение

Базовата концепция за домашна автоматизация, както и автоматизацията на работното място имат за цел да интегрират различни технологии до ниво, при което повечето ежедневни задачи са автоматизирани [1]. В съвременните интегрирани системи всичко може да бъде свързано с всичко, като по този начин се създава нова разпределена система, която надхвърля концепцията за интернет на нещата (IoT). Тя се дефинира като интернет на всичко (IoE) [2,3] и включва четири основни компонента: хора, неща, данни и процеси, които са комбинирани в обща взаимосвързана система с виртуален център за данни и интелигентна мрежова комуникация. Има много предложени проекти и приложения за проектиране и развитие на автоматизирани системи за интелигентен дом (SH) [4-7]. Въпреки че разглеждат различни функционалности, приложение на различни елементи, операции и мрежи, несъмнено всички те са свързани с повишаване на комфорта и сигурността, спестяване на енергия, време и усилия, предотвратяване на аварии. Системи като засичане на движение, интелигентен контрол на температурата, адаптивната луминесценция, IR технологии (инфрачервени) и системите за сигурност с видеонаблюдение (CCTV) са често срещани. Внедряват се усъвършенствани технологии за автоматизация като разпознаване чрез черти на лицето [8], гласово контролирани команди [9], управление чрез жестове [10], подпомагане при планиране и консултиране в ежедневните задължения в живота. Популярността на домашната автоматизация нараства. Според пазарните прогнози от юни 2021 г. на Statista [11] до 2025 г. броят на домакинствата, които могат да се причислят към типа умен дом, се очаква да достигнат 478.22 милиона (*фиг. 1*), което съответства на пазарни приходи от порядъка на 182 443 милиона долара в световен мащаб.



Фиг. 1. Пазарна прогноза за броя на домакинствата от типа умен дом до 2025 г. (по данни от Statista [11])

Функционалният и оперативен дизайн на интелигентна система за мониторинг и управление включва няколко етапа: избор на нейните елементи (сензори, изпълнителни механизми, контролери, елементи на мрежова връзка, електрически устройства, софтуерни решения и интерфейси и други), определяне на нейните структура и функционалност, изграждане и програмно осигуряване на подсистемите, реализиране на логически алгоритми за изпълнение на предефинираните функции, разработване на потребителски интерфейс, оценка на разходите за нея, тестване и валидиране на системата, оптимизация на системата и други.

Основните функции на една интегрирана система могат да се дефинират най-общо по следния начин [12]:

- **Сигурност** – охранителна система – видео наблюдение и сензорен мониторинг, защита и известяване за наводнение или пожар, отключване и заключване на входни и гаражни врати.
- **Комфорт и удобство** – дистанционно и/или интелигентно управление на осветление, щори или завеси, включване и изключване на електроуреди, управление на видео и аудио техника, телевизор, климатик, управление на температурата – климатик, отоплителни уреди или парно и други.
- **Грижа за здравето** – измерване на показателите на околната среда – температура, осветеност, налягане, влажност, съдържание на CO2, прахови частици, дим и т.н., измерване на биометрични показатели, аларми или напомняне за медикаменти, медицински процедури и други.
- **Енергийна консумация и ефективност** – управление на възобновяеми енергийни източници, консумация на електричество, топлинна енергия, вода и други.
- **Грижа за вътрешното пространство** – поливни системи за стайни растения, хранене на домашни любимци, почистване, вентилация, овлажняване на въздуха и други.
- **Грижа за външното пространство** – напояване и поддръжка на зелени площи и градина, фонтани, басейни, осветление, оранжерия, метрологична станция.

Функциите, които се определят стандартно като комфорт и удобство, за хората със специални нужди са необходимост. Затова те трябва да се разглеждат като специална целева група, за която функциите на интегрираните системи да се разширяват според техните конкретни нужди.

В статията е представена разработената интегрирана система от типа умен дом за мониторинг и управление на елементи от работната среда или в дома. Изградената система използва платформа Home Assistant и е интегрирана гласов асистент (Google Assistant).

Структура на интегрираната система

В днешно време умните домове, както и работните пространства и сгради са повече ориентирани към сигурността, енергийната ефективност и комфорта. Те предупреждават за натрапници (независимо дали обитателите на дома са в него, или не) и за изразходване на излишна енергия, също така и позволяват да се управлява всеки един електроуред от всяка точка на света посредством интернет връзка. Умният дом позволява да се включват и изключват различни електроуреди и осветление през мобилно приложение, но позволява и действия спрямо локацията на телефона, на който се намира мобилното приложение, както и управление с таймери или с логически алгоритми, свързани с данни от различни сензори.

При наличие на гласов контролен блок неговата основна функция е свързана с получаване на команди от потребителя и подаване на командите към микроконтролера или мобилно устройство. Този модул използва Google-speech-to-text, чрез който гласовите команди се преобразуват в текст и текстът се подава към микроконтролера за обработка и изпълнение на конкретни предварително зададени алгоритми.

Разработената интегрирана система тип *умен дом* се състои от следните основни модули:

- Свързани устройства;
- Измервателен (сензорен) модул;
- Модул за обработка;
- Модул за визуализация (интерфейс);
- Комуникационен модул (гласова комуникация).

Модулът свързани устройства включва всички свързани устройства в системата, които от своя страна могат да са смарт устройства или електроуреди и осветление.

Сензорният модул се състои главно от различни сензори (включително и микрофон), които взаимодействат с околната среда, като приемат и измерват околните сигнали и се обработват от микроконтролера Raspberry Pi. Сензорните компоненти са свързани към микроконтролера директно или дистанционно, като това позволява изпълнение на задачите в реално време при отчитане на стойностите от сензорите в зависимост от околната среда.

Модулът за обработка отговаря за извършването на необходимите изчисления, обработка на получаваните данни или подаване на управляващи сигнали към изпълнителни механизми, след като генерираните от сензорите сигнали и импулси бъдат получени от сензорния блок. Основният блок може да бъде микроконтролер (Raspberry Pi), който координира всички дейности на системата.

Модул за визуализация. За визуализация може да се използва всяко устройство, поддържащо уеб браузър или смарт мобилен телефон с мобилно приложение, но целта на представената разработка е визуализация чрез мобилен телефон на интерфейс, едновременно осигуряващ достъп до сигналите, възможности за настройване на алгоритмите за управление и директен достъп до изпълнителните механизми с цел извършване на конкретни действия.

Комуникационен модул (гласова комуникация). Гласовата комуникация в този проект се реализира чрез приложение за Android – Google Assistant, което е свързано с Google Home. Достъпът може да бъде осъщест-

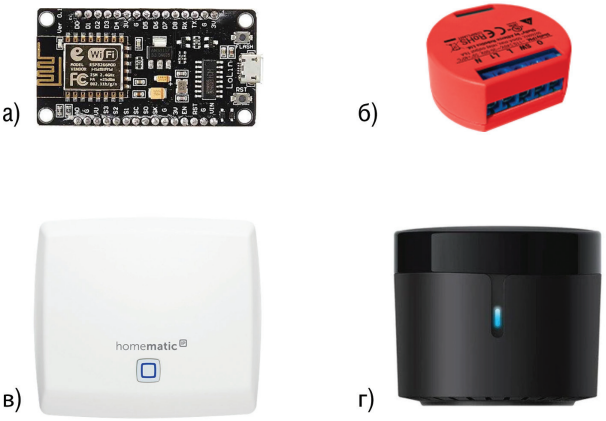
вен чрез смарт мобилен телефон или компютър. От друга страна, разработеното на локалния сървър (Raspberry Pi) приложение Home Assistant, което е с отворен код, се синхронизира чрез API с Google Home. Така чрез приложението за гласово управление се осъществява гласов контрол на разработената интелигентна система за мониторинг и контрол.

За осигуряване на свързаността на елементите в интегрираната система и свързаните приложения се използва MQTT (Message Queue Telemetry Transport) протокол, на който са налични много имплементации. Това е двупосочен комуникационен протокол, чрез който свързаните устройства могат да публикуват данни от сензори и същевременно да получават информация за конфигурацията или команди за управление. Чрез него могат да се осъществяват връзки от типа *едно към много* (например данните от сензора за температура могат да се използват от много свързани устройства), *много към едно* (например когато данните от множество сензори се използват за включването или изключването на електроуред), *едно към едно* и *много към много*.

Елементи на интегрираната система

Елементи, осигуряващи свързаност

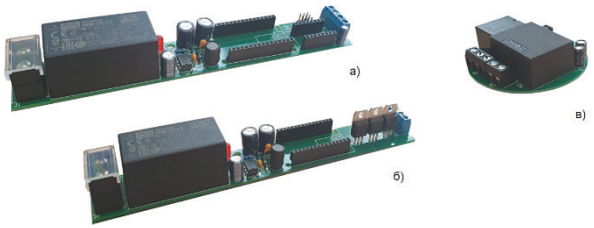
За осигуряване на свързаност на различните елементи на интегрираната система тип умен дом са необходими елементи, осигуряващи дистанционна Wi-Fi комуникация (NodeMCU ESP8266, точка за отдалечен достъп, хъбове за различни комуникационни протоколи и други), изпълнителни механизми (IoT платки за дистанционно управление на мотори, IoT релета, и други), универсално инфрачервено (IR) смарт дистанционно управление за всички уреди, които се управляват чрез инфрачервено дистанционно управление (сет топ бокс/TV бокс, телевизори, климатици, DVD, проектори, аудио уредби и други).



Фиг. 2. IoT елементи, осигуряващи свързаност

На *фиг. 2* са представени NodeMCU ESP8266 (*фиг. 2а*), Shelly 1PM (*фиг. 2б*) – 16A Wi-Fi релеен превключвател с мониторинг на мощността, Homematic IP Access Point (*фиг. 2в*) – хъб за свързване на устройство с Homematic комуникационен протокол и Broadlink RM4 Mini WiFi IR универсално дистанционно управление (*фиг. 2г*).

В разработената система освен комерсиални продукти, за работата на изпълнителните механизми, свързаните устройства и уреди в интегрираната система за мониторинг и управление са проектирани, изработени и тествани IoT платки за управление на стъпков мотор (*фиг. 3а*), RGB лед лента (*фиг. 3б*), а също и IoT платка за управление на реле с малки размери за скрит монтаж (*фиг. 3в*).



Фиг. 3. IoT платки за управление

Гласов асистент

Гласовият потребителски интерфейс (VUI) е интерфейсът, който позволява на потребителите да взаимодействат със система чрез гласови команди. Най-популярните и най-добрите примери за гласов потребителски интерфейс са Google Assistant, Siri и Alexa на Amazon. Най-голямото предимство на VUI е, че те улесняват начин за взаимодействие със система без очи и ръце. Подобно на мобилните приложения, работещи на всяка операционна система и устройство, VUI съдържа три слоя (*фиг. 4*), които трябва да работят заедно за ефективни гласови взаимодействия. Всеки от трите слоя използва слоя, който е под него, докато поддържа горния. Това са горните два слоя (платформа и приложение), в които се намира гласовият интерфейс, намиращ се в облака, а не на устройството.

Фиг. 4. Гласов асистент Google Assistant

На *фиг. 4* са представени и устройствата, чрез които може да се реализира гласовото управление – смарт тонколона Google Home Hub с дисплей, която е използвана в разработената система, като освен чрез хъб гласовият контрол може да се реализира чрез мобилен телефон или смарт часовник.

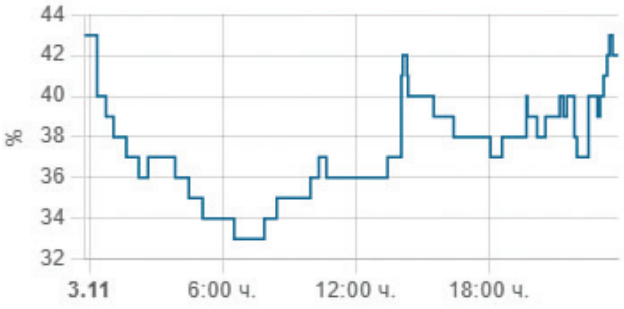
Интеграцията се извършва посредством GOOGLE API.

Сензори

Сензорите могат да се разделят най-общо на два вида – сензори, които са част от безжичната сензорна мрежа (WSN – Wireless sensor network) и сензори, които са вгра-

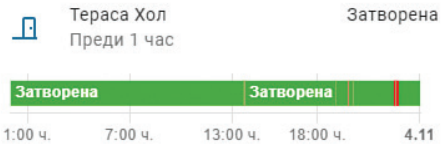
дени в мобилните телефони. От своя страна сензорите, които са част от WSN, са:

- Сензори, за които е необходимо да се осигури връзка с Wi-Fi мрежата. Това може да стане чрез ESP8266 (*фиг. 2а*). Такива сензори са сензорите за измерване на: температура, влажност, налягане (BME280/DHT11 – *фиг. 5*), осветеност (Sharp GA1A1S202), съдържание на CO2/TVOC (Total Volatile Organic Compounds) (Adafruit CCS811).



Фиг. 5. Влажност DHT сензор

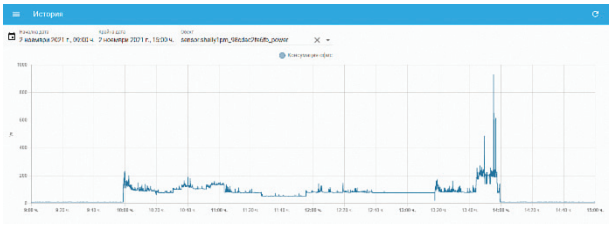
- Смарт сензори, които сами осъществяват връзка с безжичната мрежа. Такива сензори са оптичен сензор за врата/прозорец (Homematic IP Window/Door), сензор за движение (Well), сензор за дим. На *фиг. 6* са представени данните от сензор Homematic IP Window/Door за период от няколко часа.



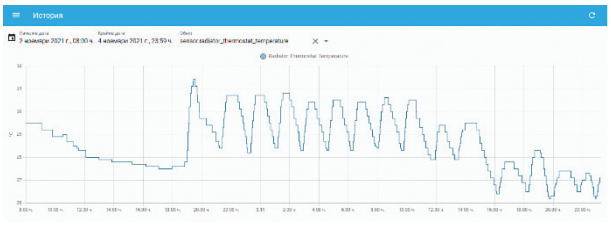
Фиг. 6. Сензор Homematic IP Window/Door

- Комбинирани сензори, които имат няколко вградени сензора и реализират сами връзка с безжичната мрежа.

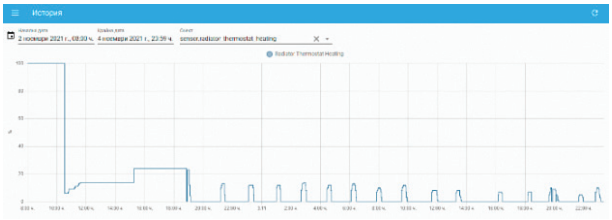
Фиг. 7. Видеонаблюдение с камера Dahua



Фиг. 8. Мониторинг на консумираната електрическа мощност (W) чрез Shelly 1PM



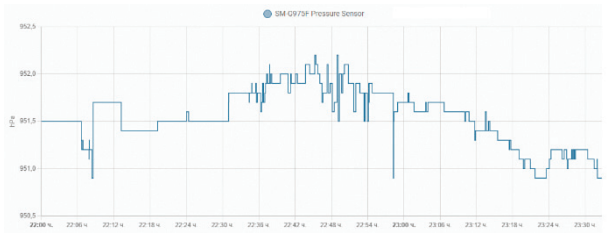
Фиг. 9. Температура (термостат Homematic)



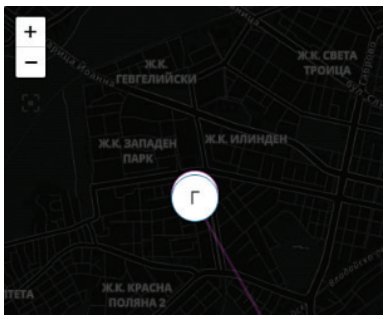
Фиг. 10. Управляващи въздействия (термостат Homematic)

Такива са: IP камера за видеонаблюдение с детектор за осветеност и движение (Dahua – *фиг. 7*); мониторинг на консумираната електроенергия (до 16A) и мощност (*фиг. 8*) чрез Shelly 1PM (*фиг. 2б*), комбинирани с релеен превключвател; смарт термостат (Homematic IP Radiator), чрез който може да се задава желана температура (автоматична настройка и ръчно) на околната среда и чрез сензора за температура (*фиг. 9*) се регулира чрез вграден алгоритъм управлението на подаваното количество на топла вода към радиатора (парно отопление) (*фиг. 10*).

Всеки мобилен телефон има множество сензори и данните от сензорите на всички присъединени към интегрираната система тип умен дом устройства могат да се използват. Това са данни от сензори за измерване на: налягане (*фиг. 11*), геолокация чрез GPS (*фиг. 12*), осветеност, RX/TX комуникация, както и данни за локален IP адрес, име на мрежата, към която е свързан телефонът, брой уведомления и други.



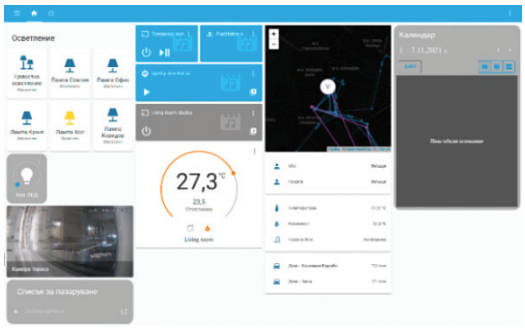
Фиг. 11. Налягане, измерено чрез мобилно устройство



Фиг. 12. Геолокация, определена чрез GPS на мобилно устройство

Работа на системата умен дом

При работата на системата в зависимост от конкретната оперативна функция могат да се използват както свързани устройства или изпълнителни механизми, така и сензори за установяване на наличието или отсъствието на определени условия, които да са последвани от съответни конкретни действия. Те се реализират на базата на въведените в системата логически алгоритми. Общият изглед на разработената интегрирана система е представена на *фиг. 13*. Там са изнесени най-често използваните данни за състоянието на дома и членовете на домакинството. Всичките включени обекти в тази система са над 100, а историческите данни за тях могат да се проследят за зададен период от време чрез опцията „История“ (*фиг. 14*).



Фиг. 13. Синхронизирана интегрирана система в Google Home

Фиг. 14. Исторически данни

Фиг. 15. Оценка на времето за придвижване с автомобил между дома и офиса – Waze

Изградената система включва и услуги, достъпни чрез Home Assistant като представената на *фиг. 15* оценка на времето за придвижване с автомобил между две точки – например дом-офис на базата на приложението Waze, създаване на календар със задачи или списък с покупки, достъпни от всички членове на домакинството (*фиг. 13*).

Функциите на системата включват изпълнение на действия по заявка от потребителите, но също така и по предварително дефинирани стойности и действия. Разработването на набор от данни от оперативно съвместими правила, интегрирани в системата *умен дом*, трябва да се извършва функция по функция. Структурата на стандартно оперативно-съвместимо правило може да бъде представена по следния начин:

“if CONDITION (&CONDITION2, ...), then ACTION (ACTION2, ...)”.

Условията могат да бъдат зададени от потребителя (директно или по време) или да зависят от получените стойности от сензорите (Sensor-based Linked Open Rules). При анализ на моделите на поведението на обитателите на умния дом от събраните данни ще могат да се предлагат и допълнителни вградени функции.

Заключение

В статията е представена разработената интегрирана система от тип умен дом за мониторинг и управление на елементи от работната среда или в дома. Изградената система използва платформа Home Assistant и е интегрирана гласов асистент (Google Assistant). Структурата на системата тип умен дом се базира на концепцията за интернет на нещата (IoT – Internet of Things), която включва свързаност на устройства и изпълнителни механизми, както и наличие на сензорна безжична мрежа (WSN – Wireless Sensor Network), позволяваща проследяването на различни параметри на средата, определяне на геолокация, проследяване на състоянието на свързаните устройства, осигурява установяване на условия или ограничения при изпълнението на логически алгоритми или конкретни действия и други. Разработената интелигентна система решава проблема за използването на различни интерфейсни приложения, комуникационни протоколи и стандарти, като в същото време разширява обхвата си чрез интеграция с гласов асистент (Google Assistant). В разработената интегрирана система са реализирани решения с предварително зададени функции, функции по подразбиране и функции по избор на потребителите. Използвани са също така и специално проектирани от автора (Г. Колев), изработени и тествани IoT платки за управление на стъпков мотор, RGB лед лента, а също и IoT платка за контрол на реле с малки размери за скрит монтаж.

Изграждането на такъв тип системи е непрекъснат процес, който продължава с добавянето на нови устройства, сензори и функционалности към вече изградената система според нуждите на обитателите на дома.

Благодарности

Авторите изказват благодарност за финансовата подкрепа на проект КП-06-Н27-8/18, финансиран от Фонд „Научни изследвания“.

Литература

1. Arsénio, A., H. Serra, R. Francisco, F. Nabais, J. Andrade, E. Serrano. Internet of Intelligent Things: Bringing Artificial Intelligence into Things and Communication Networks. Eds: F. Xhafa, N. Bessis. Inter-cooperative Collective Intelligence: Techniques and Applications. Studies in Computational Intelligence, 495, Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.
2. Farias da Costa, V. C., L. Oliveira, J. de Souza. Internet of Everything (IoE) Taxonomies: A Survey and a Novel Knowledge-Based Taxonomy. – *Sensors,* 21, 2021, 568.
3. Miraz, M. H., Ali Maaruf, S. Peter. Excell, Rich Picking. A Review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT). IEEE Internet Technologies and Applications (ITA), 20158, 11.09.2015, Wrexham, UK, 2015.
4. Stolojescu-Crisan, C., C. Crisan, B.-P. Butunoi. An IoT-Based Smart Home Automation System. – *Sensors*, 21, 2021, 3784.
5. Marhoon, H. M., M. I. Mahdi, E. Dh. Hussein, A. R. Ibrahim. Designing and Implementing Applications of Smart Home Appliances. – *Modern Appl. Sci.*, 12, 2018, 12, 8-17.
6. Sethi, P., S. R. Sarangi. Hind. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. – *J. of Electr. and Comp. Eng.*, 2017, 9324035, 2017.
7. Gunawan, T. S., I. R. H. Yaldi, M. Kartiwi, N. Ismail, N. F. Za'bah, H. Mansor, and A. N. Nordin. Prototype Design of Smart Home System Using Internet of Things. – *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJEECS)*, 7, 2017, 1, 107-115.
8. Li, L., X. Mu, S. Li and H. Peng. A Review of Face Recognition Technology. – *IEEE Access*, 8, 2020, 139110-139120.
9. Obaid, T., H. Rashed, A. Abu El Nour, M. Rehan, M. Muhammad Saleh, M. Tarique. ZIGBEE Based Voice Controlled Wireless Smart Home System. – *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 6, 2014, No. 1, 47-59.
10. Manoj Kumar, M. Andriod Based Wireless Gesture Controller. – *International Journal of All Research Writings (IJARW)*, 1, 2020, 10, 43-46.
11. Lasquety-Reyes, J. June 2021.
https://www.statista.com/forecasts/887611/number-of-smart-homes-in-the-smart-home-market-in-the-united-states.
12. Kolev, G, E. Koleva, L. Koleva. Development of Remote-control Smart Home System. – *Science. Business. Society*, 5, 2020, issue 3, 112-115.

За контакти:
Инж. **Георги Колев**, кандидат-докторант
Химикотехнологичен и металургичен университет
e-mail: georgi.i.kolev@abv.bg
Проф. д-р инж. **Елена Колева**
Химикотехнологичен и металургичен университет
Институт по електроника – БАН
e-mail: eligeorg@uctm.edu