ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НА СЪВРЕМЕННИЯ ДОМ, С ПОМОЩТА НА ТЕХНОЛОГИИ С ОТВОРЕН КОД

DESIGNING AND IMPLEMENTING A MONITORING AND AUTOMATION SYSTEM FOR THE MODERN HOME, BASED ON OPEN SOURCE TECHNOLOGIES

Анотация: Наличието на висикоскоростна и стабилна връзка към Интернет, развитието на вградените системи и способността им да поддържат съвременни WiFi стандарти, както и все по-разпространеното използване на облачни услуги, допринася за бурното развитие на устройствата, чиято цел е да направят домът ни по-интелигентен. Примери за това са: умни контакти, устройства за интелигентно управление на отоплението и климатизацията, устройства за контрол и мониторинг на енергийната и водната консумация, интелигентна бяла и черна техника, и много други. Основните цели на тези устройства и системите, които ги управляват, е да оптимизират консумацията на ресурсите в дома и да го направят по-комфортен.

Abstract: The availability of high-speed and stable Internet connection, the development of embedded systems and their ability to maintain up-to-date WiFi standards, as well as the increasing use of cloud services, contribute to the rapid development of devices designed to make our home smarter . Examples include:

smart sockets, smart heating and air conditioning controls, energy and water consumption control and monitoring devices, smart white and black appliances, and more. The main purpose of these devices and the systems that control them is to optimize the consumption of resources at home and make them more comfortable.

Обектът на настоящата работа е свързан с анализ на предизвикателствата, свързани с изграждане на интелигентни системи за управление и мониторинг в дома, както и анализ на съществуващите подходи и решения, базирани на софтуер с отворен код (open source).

Целта е разработването на ефективна и гъвкава система за мониторинг, контрол и автоматизацията на дейностите в еднофамилна, едноетажна, къща, с прилежащ двор, чрез използване на съвременни софтуерни / хардуерни технологии и протоколи за комуникация. Изграждането на такава система ще доведе до ефективно използване и управление на ресурсите в дома, както и постигане на високо ниво на комфорт на обитателите.

Задачите, свързани с настоящата разработка са следните:

1. Преглед на наличната технологична база и методи на комуникация между устройствата, анализ на съществуващи решения за управление на „Умния дом“, различните видове крайни устройства и протоколи за обмен на данни;

2. Анализ на проблемите при съществуващите решения за интелигентно управление, избор на технология и компоненти за реализация. Проектиране на решение за автоматизация и мониторинг;

3. Реализация на система за мониторинг, контрол и автоматизация на процесите в „Умния дом“.

Технологиите за умен дом (smart home), познати също и като технологии за домашна автоматизация,осигуряват на собствениците на дома сигурност, комфорт, удобства и енергийна ефективност, позволявайки им да контролират интелигентните устройства, чрез използване на приложение в техния мобилен телефон или такова, инсталирано на мрежово устройство, или такова, предлагащо се, като облачна услуга.

Като част от „Интернет на нещата“, технологиите за умен дом и умните устройства обикновено работят в заедно, споделяйки си данни за потребителското потребление. Благодарение на това, редица действия могат да бъдат автоматизирани, в зависимост от потребностите на обитателите.

Можем да обобщим недостатъците на съществуващите IoT технологии и интелигентните устройства по следния начин:

1) Голяма част от продуктите на пазара разчитат на безжична свързаност, което не ги прави достатъчно надеждни за случаите, в които се изисква управление на критични услуги в дома;

2) Част от устройствата са с вграден фърмуер, което затруднява обновяването им, в случай на по-нова версия на софтуера;

3) Голяма част от продуктите се управляват чрез облачни услуги, което внася допълнителна зависимост и поставя тяхното управление под въпрос;

4) Различните производители предлагат затворен тип софтуер за управление и неголяма възможност за интеграция с други системи;

Една от целите на настоящата разработка е свързана с избягване на упоменатите недостатъци или свеждане на негативните ефекти до минимум, за постигане на максимална устойчивост на системата за автоматизация.

Настоящата дипломна работа е разработена, на базата на проект за автоматизация и мониторинг на къща с прилежащ двор. Изискванията са дадени в таблица 1.

Помещение	**Детайли**
Антре	1 осветително тяло 1 стенен ключ 1 датчик за движение (PIR сензор)
Хол / кухненски бокс	1 осветително тяло 2 стенни ключа 1 стенен контакт (управляем) 1 датчик за температура и влажност
Баня	1 осветително тяло 1 стенен ключ 1 стенен контакт (управляем) 1 датчик за температура и влажност
Спалня	1 осветително тяло 1 стенен ключ 1 стенен контакт (управляем) 1 датчик за температура и влажност
Двор	1 кръг нощно осветление 4 кръга осветление

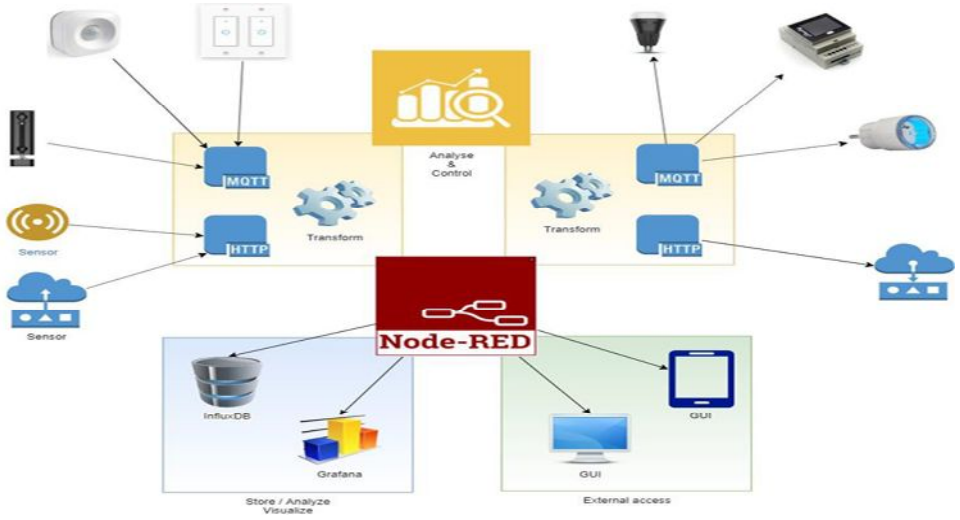
Основно изискване е всички осветителни тела и контакти да могат да бъдат управлявани от мобилен телефон. Осветлението в хола да може да бъде управлявано, чрез гласови команди.

Основен компонент в умния дом е системата за управление и автоматизация. Тя играе ролята на мост между различните интелигентни устройства, декодира и преобразува данните в удобен за последваща обработка вид, анализира наличната информация и генерира управляващи команди, на базата на предварително зададени правила (rules).

Системата за управление и автоматизация е протоколно независима платформа и може да комуникира с крайните устройства, както и с облачни услуги, независимо от поддържания протокол (HTTP, MQTT, серийна връзка, радио връзка и др.).

Данните, постъпили от различните сензори биват обработени, преобразувани и съхранени в база данни. В последствие могат да бъдат визуализирани по подходящ начин пред потребителите.

Системата за управление и автоматизация предоставя възможност за външен достъп, преглед и управление.



Структурата на темите в MQTT ще бъде семантична и ще отразява локацията на устройствата. Устройствата, които поддържат MQTT публикуват съобщения в теми извън главната home. Чрез NodeRED ще преобразува техните данни и ще прехвърля съобщенията под категорията home, според вида и функцията на устройството.

home/{entity}/{room}/{category}/{item}

Където:

- {entity} може да приема стойности house, yard и people
- {room} отразява помещението, в което се намира устройството
- {category} категория, към която спада устройството. Пример: temperature, lights, sockets и т.н.
- {item} конкретен елемент. Пример: l1, sk1, sw1 и др.

Списък с описанието на темите и тяхното предназначение е даден в таблица 2.

Тема	**Помещение**	**Описание**
home/house/livingroom/lights/l1	гостна	Осветително тяло 1
home/house/livingroom/lights/l2	гостна	Осветително тяло 2
home/house/livingroom/sockets/ws1	гостна	Стенен контакт 1
home/house/livingroom/switches/sw1	гостна	Стенен ключ за осветление 1
home/house/livingroom/switches/sw2	гостна	Стенен ключ за осветление 2
home/house/livingroom/temperature	гостна	Температура в помещението
home/house/livingroom/humidity	гостна	Влажност на въздуха в помещението
home/house/vestibule/lights/l1	антре	Осветително тяло 1
home/house/vestibule/motion	антре	Датчик за движение
home/house/vestibule/switches/sw1	антре	Стенен ключ за осветление 1
home/house/vestibule/switches/sw2	антре	Стенен ключ за осветление 2
home/house/bedroom/lights/l1	Спалня	Осветително тяло 1
home/house/bedroom/switches/sw1	Спалня	Стенен ключ за осветление 1
home/house/bedroom/switches/sw2	Спалня	Стенен ключ за осветление 2
home/house/bedroom/sockets/sk1	Спалня	Стенен контакт 1
home/house/bedroom/temperature	Спалня	Температура в помещението
home/house/bedroom/humidity	Спалня	Влажност на въздуха в помещението

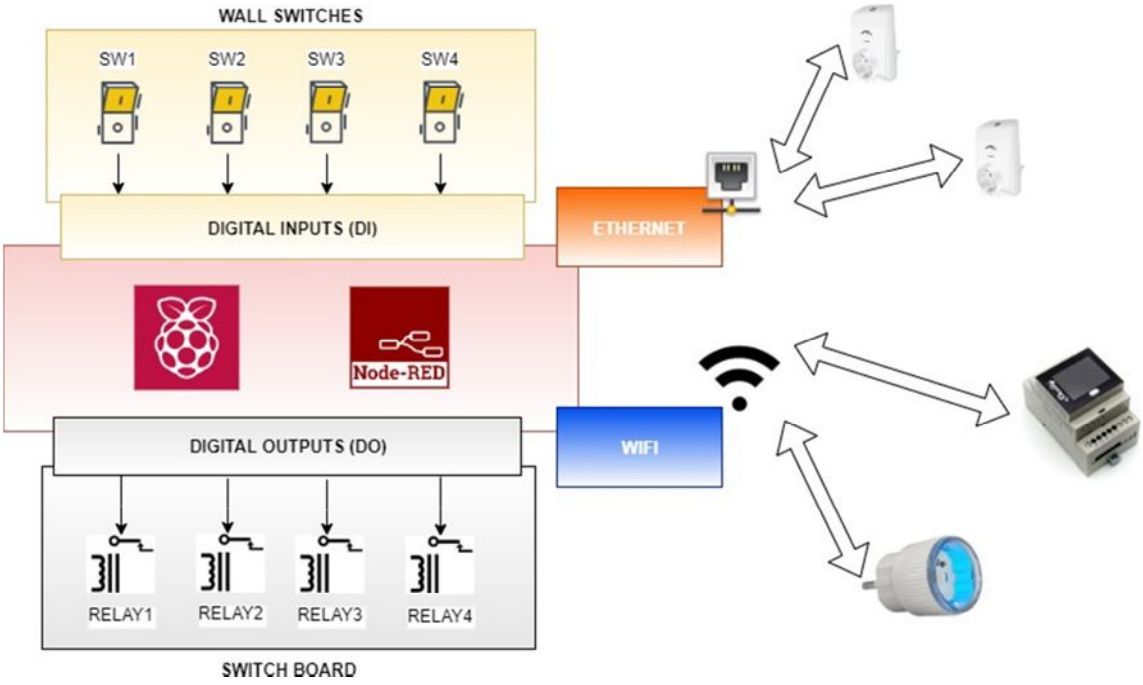
home/house/bathroom/lights/l1	Баня	Осветително тяло 1
home/house/bathroom/switches/sw1	Баня	Стенен ключ за осветление 1
home/house/bathroom/sockets/sk1	Баня	Стенен контакт 1
home/house/bathroom/temperature	Баня	Температура в помещението
home/house/bathroom/humidity	Баня	Влажност на въздуха в помещението
home/house/bathroom/boiler	Баня	Управление на бойлера
home/house/bathroom/boiler/temperature	Баня	Температура на бойлера
home/yard/nightlights	Двор	Вечерно осветление
home/yard/lights/l1	Двор	Осветително тяло 1
home/yard/lights/l2	Двор	Осветително тяло 2
home/yard/lights/l3	Двор	Осветително тяло 3
home/yard/lights/l4	Двор	Осветително тяло 4
home/people/user1	Метаданни	Статус на присъствието за човек 1
home/people/user2	Метаданни	Статус на присъствието за човек 2
home/people/user3	Метаданни	Статус на присъствието за човек 3

Управлението на осветлението и контактите ще бъде извършвано с релейни комплекти, директно контролирани чрез входно-изходните портове на Raspberry PI. Това ще осигури базова функционалност в дома, при евентуално отпадане на локалната или безжичната мрежа.

Входните сигнали ще бъдат получавани от стенните ключове за осветление чрез дигиталните входове, а чрез съвкупност от правила, ще бъдат

управлявани прилежащите релета, с помощта на дигиталните изходи. От своя последните ще включват или изключват осветлението в съответното помещение .

Комуникацията с останалите IP базирани устройства ще бъде осъществявана, според вида на преносната среда, която крайното устройство поддържа (жично или безжично).



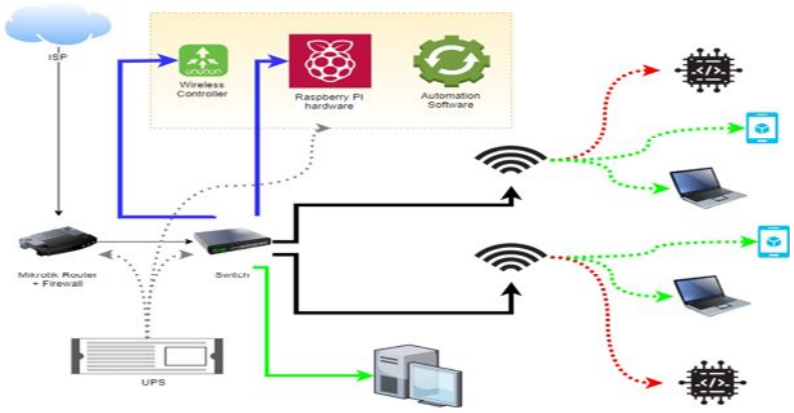
Следвайки добрите практики, мрежата в дома ще бъде разделена на три сегмента: мрежа за управление и управляващи устройства, мрежа за интелигентни устройства и мрежа за обикновените устройства (мобилни телефони, лаптопи, настолни компютри).

Основната идея на този подход е интелигентните устройства и контролера за управление да бъдат напълно отделени от останалите устройства в дома, което ще доведе до повишаване на сигурността. Поради тази причина е необходимо точките за безжичен достъп да поддържат виртуални локални мрежи (VLANs).

Маршрутизаторът (router) изпълнява няколко роли: основно звено за връзка с доставчика на Интернет услуги, защитна стена (Firewall) и маршрутизиране на трафика между отделните вътрешни мрежи.

Комутаторът се явява разширително звено, към което са свързани останалите мрежови устройства. Препоръчително е да поддържа захранване по информационните проводници (PoE57) с цел бъдеща интеграция със системи за видео наблюдение и записващи устройства.

Софтуерът за управление на точките за безжичен софтуер, както и системата за управление и автоматизация ще бъдат инсталирани на хардуерната платформа Raspberry PI .

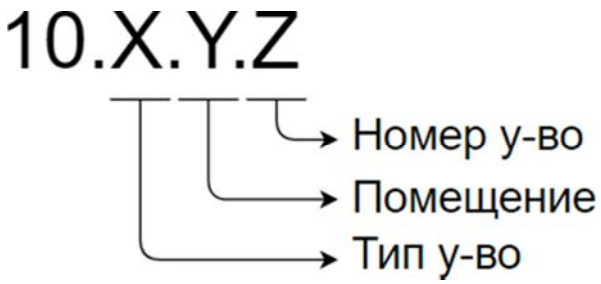


Описание на различните сегменти и тяхното предназначение.

Легенда		
Цвят	***Мрежа***	***Описание***
	10.0.0.0 VLAN 100	Мрежов сегмент за управление (management network). Към него са присъединени всички устройства, които имат управляваща функция.
	10.1.0.0 VLAN 101	Мрежов сегмент за интелигентни устройства (smart devices). Към него са присъединени всички интелигентни устройства. Достъпът до тази мрежа е ограничен.
	10.2.0.0 VLAN 102	Мрежов сегмент за домашни устройства (home devices).
	VLAN 101 VLAN 102	Служебен сегмент, през който преминават няколко виртуални локални мрежи (VLANs). Използва се от точките за безжичен достъп. Портовете на комутатора трябва да бъдат конфигурирани в Trunk режим.
	-	Показва връзките на устройствата с източника на непрекъсваемо захранване.

Избирането на подходяща конвенция за адресиране помага за избягване на хаоса при търсене и добавяне на нови устройства и бъдещата поддръжка.

В настоящия проект ще бъде използвана комплексна конвенция за адресиране.



Списък с означенията за типовете устройства.

0 Управляващо устройство

1 Интелигентно устройство

2 Стандартно устройство

Списък с означенията на различните помещения.

0 Комуникационен шкаф

1 Антре

2 Хол и кухненски бокс

3 Спалня

4 Баня

5 Двор

IP адресите ще бъдат резервирани в DHCP сървъра. По този начин, при смяна на устройство, трябва единствено да се запише новия MAC59 адрес и новото устройство ще получи същия адрес.

Списък с устройствата и прилежащия им IP адрес.

Адрес	**Вид у-во**	**Местонахождение**	**Описание**
10.0.0.1	Router	Ком. шкаф.	Default gateway
10.0.0.2	Switch	Ком. шкаф.	Management IP
10.0.0.10	Raspberry PI & NodeRED	Ком. шкаф.	Система за домашна автоматизация и мониторинг
10.1.0.1	Router	Ком. шкаф.	Default gateway
10.1.0.10	Energy monitor	Ком. шкаф.	Shelly EM
10.1.1.10	PIR Sensor	Антре	Shelly Sense
10.1.2.10	RGBW LED контролер	Хол	Shelly RGBW2
10.1.2.11	H & T Sensor	Хол	E-MICRO-T
10.1.3.10	RGBW LED контролер	Спалня	Shelly RGBW2
10.1.3.11	H & T Sensor	Спалня	E-MICRO-T
10.1.4.10	H & T Sensor	Баня	E-MICRO-T
10.1.5.10	Relay 1	Двор	Shelly1 – управление на дворно

	contact		вечерно осветление
10.1.5.11	Relay 4 contacts	Двор	Shelly 4 Pro - управление

Сигурността на системата за автоматизация е осигурена на няколко нива:

1) Физическа

Устройствата, които отговарят за функционирането на системите в умния дом ще бъдат поставени в подходящ метален шкаф (Rack), който е снабден с надеждна заключваща система;

2) На ниво локална мрежа

Мрежите, в които се намират управляващите устройства и интелигентните устройства, ще бъдат с ограничен достъп до интернет, чрез конфигуриране на правила в защитната стена;

3) На ниво софтуер

Софтуерните компоненти ще бъдат проверявани през определен период от време и ще бъдат обновявани, при наличие на по-нови версии от специалист.

2.4.7 Външен достъп

Външен достъп ще бъде осигурен единствено до страницата за управление (компонентът nodered-contrib-ui), чрез използване на Nginx (Reverse proxy). Реверсивното прокси значително увеличава нивото на сигурност, като не позволява неконтролиран достъп до вътрешни ресурси.

Заключение

Същността на разработката е проект за мониторинг и автоматизация на процесите в дома, чрез използване на съвременни технологични средства и софтуер за управление с отворен код.

Последователно беше направен преглед на част от съществуващите технологии, интелигентните устройства и основните принципи на тяхната работа. Анализът на техните предимства и недостатъци допринесе за проектирането и разработването на многокомпонентна и многофункционална система за управление на устройствата в умния дом, с възможности за бъдещо разширяване на нейната функционалност.

В процеса на анализ и проектиране бяха намерени решения на често срещаните проблеми. Бяха определени методите за комуникация между отделните звена на системата, спрямо тяхната роля и критичността на услугата, която управляват. Функционирането на отделните компоненти беше подсигурено чрез стабилно непрекъсваемо захранване, а комуникацията беше защитена чрез отделяне на различните по тип устройства в различни мрежови сегменти и дефиниране на правила за обмен на данни между тях, с цел повишаване на сигурността, с което бяха изпълнени основните критерии за изграждането на системата за автоматизация в дома.

Комуникацията между устройствата в реално време и структурирането на данните бяха реализирани, чрез използването на MQTT. Обработката да информацията и управлението на крайните устройства беше поверено на NodeRED. Всичко това, в допълнение с възможността за използване гласови команди, допринесе за реализирането на основните цели на настоящата дипломна работа.

Предложеното решение за мониторинг и автоматизация, предоставя добра основа за по-нататъшно развитие на системата, чрез интеграция с други системи и устройства, както и създаване на допълнителни сцени и правила за обработка на събитията в умния дом. Някои от направленията за бъдещо развитие и подобряване на системата включват:

1) Управление на системите за отопление, охлаждане и вентилация, чрез използване на PID67 базирани компоненти, позволяващи плавно и интелигентно управление на параметрите на обкръжаващата среда;

2) Дефиниране на режими „ваканция“ и „намалена консумация“, при които консумацията на ресурси в дома бива сведена до минимум;

3) Включване на механизъм за локализиране на обитателите и определяне на разстоянието, на което се намират, спрямо дома. Това би позволило задействане на сцени за подготовка на местообитанието, когато някой от обитателите наближи сградата. Например – активиране на външно осветление, бързо повишаване на температурата до достигане на приемлива температура в помещенията, бързо подгряване на вода и др.;

4) Изпращане на събития към облачни системи, работещи с алгоритми за машинно обучение (ML68), с цел откриване на аномалии в системата за автоматизация и съставяне на модели на поведение на обитателите. Това би позволило по-интелигентно управление на ресурсите, спрямо поведението на хората. Добър пример за такава услуга е Azure Stream Analytics, която позволява обработка и анализ на събитията в реално време.

В проекта бяха използвани различни технологии от сферата на комуникациите, електрониката, облачните услуги и софтуерното инженерство,

а практическата му реализация е добър пример как съвместната работа на тези технологии може да допринесе за изграждането на един по-умен дом.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

1. Интернет на нещата. [Онлайн] https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%BD%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D1%89%D0%B0%D1%82%D0%B0.
2. Columbus, Louis. 2017 Roundup Of Internet Of Things Forecasts. [Онлайн] https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/12/10/2017- roundup-of-internet-of-things-forecasts/#21fc96631480.
3. techtarget.com. [Онлайн] https://whatis.techtarget.com/definition/sensor.
4. Shiloh, Scot Fitzgerald and Michael. Arduino Project Book. [Онлайн] https://bastiaanvanhengel.files.wordpress.com/2016/06/arduino_projects_book.p df.
5. Микроконтролери. [Онлайн] https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%80.

6. Arduino. [Онлайн] https://www.arduino.cc/.

7. ESP FCC certifications. [Онлайн] https://www.espressif.com/en/certificates.

8. Espressif Achieves the 100-Million Target for IoT Chip Shipments. [Онлайн] https://www.espressif.com/en/media_overview/news/espressif- achieves-100-million-target-iot-chip-shipments.

9. MSV, Janakiram. Tutorial: Prototyping a Sensor Node and IoT Gateway with Arduino and Raspberry Pi. [Онлайн] https://thenewstack.io/tutorial-

prototyping-a-sensor-node-and-iot-gateway-with-arduino-and-raspberry-pi-part-1/.

10. Smart device. [Онлайн] https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_device.

11. Virtual assistant. [Онлайн] https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_assistant.

12. Wi-Fi. [Онлайн] https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi.

13. Zigbee. [Онлайн] https://en.wikipedia.org/wiki/Zigbee.

14. #32: Rock solid WiFi for home automation, part 1. [Онлайн] https://www.superhouse.tv/32-rock-solid-wifi-for-home-automation-part-1/.

15. Panorama - Hacked Smart Home Secrets. [Онлайн] https://www.youtube.com/watch?v=jxOPkiWJSQM.

16. How many wireless devices can you connect to one WiFi router? [Онлайн] https://www.tanaza.com/blog/wireless-devices-connect-wifi-router/.

17. How many simultaneous users can my Wi-Fi network handle? [Онлайн] https://eu.dlink.com/uk/en/support/faq/routers/mydlink-routers/dir-868l/how- many-simultaneous-users-can-my-wifi-network-handle.

18. How many clients can you connect wirelessly to a NETGEAR router? [Онлайн] https://kb.netgear.com/24043/How-many-clients-can-you-connect-wirelessly-to-a-NETGEAR-router.

19. What is Sonoff and how to configure it. [Онлайн] http://pgeorgiev.com/what-is-sonoff-and-how-to-configure-it/.

20. EXPLANATION ON SERVICE DISRUPTION IN EU. [Онлайн] https://www.itead.cc/blog/explanation-on-service-disruption-on-eu-region.

21. LAN Mode Tutorial. [Онлайн] https://help.ewelink.cc/hc/en-us/articles/360007134171-LAN-Mode-Tutorial.

22. The Best Smart Locks for 2019. [Онлайн] https://www.pcmag.com/article/344336/the-best-smart-locks.

23. What is an IoT Gateway. [Онлайн] https://www.youtube.com/watch?v=6ObesqWDpEo.

24. Projects using openHAB Science and University. [Онлайн] https://github.com/openhab/openhab1-addons/wiki/Projects-using-openHAB---Science-and-University.

25. Top 7 Common Smart Home Problems And Solutions. [Онлайн] https://www.youtube.com/watch?v=9sG-cQn8ze8.