

РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

на гл. ас. д-р инж. Айдын Мехмед Хъкъ
за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност: **ДОЦЕНТ**
в област на висше образование
5. Технически науки
по професионално направление
5.3 „Комуникационна и компютърна техника”
учебна дисциплина „Основи на компютърните комуникации“
към катедра „Компютърни науки и технологии“
Факултет по изчислителна техника и автоматизация
обявен от Технически университет – Варна,
ДВ, брой 2 от 05.01.2024г.

Резюметата на научните трудове са организирани в раздели както следва:

	Трудове за участие в конкурса за „Доцент“	брой
В.4	Публикации равностойни на монографичен труд на тема „Методи и средства за подобряване качеството на обслужване при безжични сензорни технологии за IoT”	19
Г	Публикации извън групата на монографичния труд	24
Г.7.	Публикации в реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация	6
Г.8.	Публикации в нереферирани списания с научно рецензиране	18

В.4 Публикации равностойни на монографичен труд на тема „Методи и средства за подобряване качеството на обслужване при безжични сензорни технологии за IoT”

- В.4.1. Vasilev, R., **Ника, А.** Enhanced Simulation Framework for Realisation of Mobility in 6LoWPAN Wireless Sensor Networks. //Proceedings, 28th International Scientific Conference Electronics, ET 2019, 12-14 Sept. 2019, Sozopol, Bulgaria, Electronic ISBN: 978-1-7281-2574-9, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-7281-2575-6, DOI: 10.1109/ET.2019.8878669

Основният мотив на IoT е да генерира информация в реално време, за да даде възможност за действия и по този начин вземане на бързи и адекватни решения. Това може да се извърши, базирайки се на информация получена от статични и мобилни IoT устройства. В този доклад е предложено подобрене на симулационен продукт което позволява симулиране на механизма за извършване на мобилност при 6LoWPAN технология за IoT, както и подобряване на предложения алгоритъм за приоритизиране на трафика.

Мобилността представлява промяна на главното устройство (координатор, 6LoWPAN Edge Router), към което е свързан Mobile Sensor Node (MSN). При безжичните сензорни мрежи (WSN) такава промяна може да се предизвика от различни причини, като: физическо движение, промяна на средата, отпадане на маршрутизатор, мрежови характеристики (Delay, Packet Loss, Low Signal, etc.) и т. н. Според мрежовата топология и нуждите на приложенията на WSN може да се реализира два типа мобилност – микро и макро.

Предложеното подобрене на симулационният продукт се изразява във възможността за симулиране на микро мобилност на крайни сензорни възли в един 6LoWPAN домейн, както и подобряване на предложението за приоритизиране на трафика при 6LoWPAN сензорни мрежи. Изхождайки от добавената функционалност към симулатора, която се изразява в извършване на мобилност на крайни мобилни сензорни възли, към предложения приоритизационен алгоритъм се добавят допълнителни параметри за приоритизация - движение и скорост.

Подобренията в симулатора се състоят в нова функция, която включва възможност за избор на скорост и посока на движение на мобилни крайни устройства. Посоката трябва да е в обхвата на AP (координатор) и да са в един 6LoWPAN домейн. Това позволява прилагането на механизъм за мобилност. За всяко крайно устройство трябва да се избере посока от неговия координатор, която заедно с разстоянието до него дава по-точни резултати за мобилността. Преди реализирането на мобилността трябва да се създаде мрежа от 6LoWPAN координатори, работещи в един домейн. Между координаторите се изграждат връзки, като се задава разстояние и посока на съседния координатор. Изчислява се минимум 30% припокриване. Накрая се добавят крайните възли, като се задава тяхната посока от координатора и скорост. Това позволява симулация на мобилност на MSN. Преди извършване на мобилността трафикът в мрежата се приоритизира по внедрения алгоритъм.

Предложеният симулационен продукт позволява извеждане на статистическа информация за мобилността както за координаторите, така и за MSN.

В.4.2. Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H. Comparative Analysis of Traffic Prioritisation Algorithms in 6LoWPAN Networks. //2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA), Bourgas, Bulgaria, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA49118.2020.9167116, Electronic ISBN: 978-1-7281-4346-0, USB ISBN: 978-1-7281-4345-3, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-7281-4347-7, DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167147

Този доклад представя цялостен сравнителен анализ между предложения от авторите алгоритъм за приоритизиране на трафика на 6LoWPAN сензорна мрежа и пет стандартни алгоритма на сензорната мрежа. Има два основни класа алгоритми за приоритизиране на трафика за сензорни мрежи: Knowledge Free и Knowledge Based. В алгоритъма на авторите, според първоначалното приоритизиране, планирани заявки с най-висок приоритет съдържат Emergency Dispatch Header. Той идентифицира пакета като спешен. В случай на множество пакети със Emergent Dispatch Header или обикновени пакети, заявките от мобилни устройства се обслужват с по-висок приоритет. Когато са налични много подвижни устройства, техните заявки са приоритизират, като се използва скоростта им на движение. С по -висок приоритет се обслужват заявки от по -бързо движещи се устройства. При наличието на множество мобилни устройства, движещи се с еднаква скорост, следващият критерий, по който заявките се приоритизират, е разстоянието на сензора до координатора. За тази цел е използван принципът на Least Weighted Farthest Number Distance Product First mechanism. По-висок приоритет имат пакетите, изпратени от най-близките до координатора сензори. Когато на еднакво разстояние до координатора има много сензори, заявките се приоритизират, като се използва типа на сензора. С най-висок приоритет са приложенията за здравни грижи, след това са за сигурност и наблюдение, мониторинг на околната среда, проследяване на животни, проследяване на превозни средства, земеделие и интелигентни сгради.

Авторите са създали симулатор, който се използва за изследване влиянието на предложения алгоритъм и стандартни алгоритми за приоритизиране на трафика върху QoS в една и съща сензорна мрежа.

Представен е подробен сравнителен анализ на предложения от авторите алгоритъм за приоритизиране на трафика за 6LoWPAN и пет други. За комплексно сравнение на алгоритми за приоритизиране на трафика в 6LoWPAN е предложена система от критерии. Сравнение на алгоритмите за приоритизиране на трафика се прави по закъснение, пропускателна способност, Packet Delivery Ratio и Packet Loss Ratio. Това сравнение е направено за конкретен тип трафик, за определени крайни възли.

Предложеният от авторите алгоритъм за приоритизиране на трафика в 6LoWPAN е по-добър от другите изследвани, според средните аритметични и средните геометрични комплексни оценки.

В.4.3. Haka, A., Aleksieva, V., Valchanov, H. 6LoWPAN Network Analysis Using Simulations and Experiments. //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1032, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF COMMUNICATIONS, INFORMATION, ELECTRONIC AND ENERGY SYSTEMS (CIEES), 26-29 November 2020, Online ISSN: 1757-899X, Print ISSN: 1757-8981, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1032/1/012015>

Този доклад представя физическо реализиране на 6LoWPAN мрежа и изследване на показателите за пропускателна способност от край до край, което се сравнява с резултатите, получени чрез симулационния продукт 6LoWPAN, представен в предишни изследвания на авторите. Тестовите за пропускателна способност и закъснение от край до край от симулатора бяха получени след изграждане на мрежа 6LoWPAN от един координатор и 6 сензора 6LoWPAN, свързани в топология „звезда“. Координаторът е конфигуриран да работи по канал 25. До 6 крайни сензорни възела 6LoWPAN могат да бъдат свързани към координатора. Всички крайни възли са статични, изпълняват един и същ тип приложение и се намират на еднакво разстояние от координатора (от 1м до 5м). Тестовите за отчитане на стойностите за пропускателна способност и закъснение от край до край са направени с 2, 4 и 6 сензорни възли, свързани към 6LoWPAN координатора. След като се добави информация за координатора и крайния възел, се извършва симулация за изпращане на определен брой пакети. След добавяне на пакетите към опашката за изпращане се изчисляват стойности за закъснение от край до край и пропускателна способност. Резултатите от проведените експериментални проучвания са голям брой, затова те са обобщени и представени в таблица. Тъй като симулаторът представя експериментите в идеални условия, на различни разстояния получените стойности са идентични. Разликата в проведените експерименти се получава от различния брой изпратени пакети.

Физическото изграждане на 6LoWPAN мрежата се осъществява с платка BeagleBone Black-BBB01-SC-505 с операционна система Bone-Debian-9.9, работеща като 6LoWPAN Gateway, TI трансивер-CC2531EMK и TI мулти-стандартни сензорни възли- CC2650STK. Прехвърлянето на данни и броя на битовете за получаване от крайните сензорни възли във вече изградената 6LoWPAN мрежа могат да бъдат проследени, когато втори трансивер CC2531EMK е конфигуриран да работи като 6LoWPAN снифер. Това е направено на Linux машина с помощта на програмата Sensniff за 6LoWPAN.

Експериментите са направени с 2, 4 и 6 сензора със симулатор и с реална мрежа при еднакви условия. Например, отклонението в симулираните резултати с 6 сензора от реалните за закъснение от край до край е средно 99% за 5, 10, 15 и 20 изпратени пакета, а за пропускателната способност е 98% за 5 пакета, 94% за 10 пакета, 86% за 15 пакета и 79% при 20 пакета. Резултатите от тестовите в реална мрежа са променливи, тъй като комуникацията между сензорите и координатора се влияе от фактори на околната среда като електромагнитни смущения, радиосмущения, грешки при предаване на пакети, други източници, работещи на същата честота, смущения между сензори и др.

Получените тенденции в резултатите от симулацията и реалната мрежа се доближават, което дава основание да се твърди, че симулационният продукт е подходящ за образователни цели.

B.4.4. Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H. Enhanced Simulation Framework for Visualisation of IEEE 802.15.4 Frame Structure on Beacon Enabled Mode of ZigBee Sensor Network. //2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), 24-27 September, 2020, Varna, Bulgaria, Electronic ISBN:978-1-7281-7073-2, pp. 109-112, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-7281-7074-9, DOI: 10.1109/BIA50171.2020.9244507

Този доклад представя подобрения в симулационния продукт за ZigBee за IoT, предложен от авторите в предишно изследване. Основните подобрения на симулационния софтуер са: възможност за изчисляване на стойностите за Received Signal Strength (RSS) и Received Signal Strength Indicator (RSSI); визуализиране на съдържанието на кадъра IEEE802.15.4 в beacon-enabled режим; изучаване на класически алгоритми за приоритизиране на трафика в сензорни мрежи; проучване на параметри, влияещи на QoS, като Packet Delivery Ratio (PDR), Packet Loss Ratio (PLR), забавяне и пропускателна способност.

Като подобрение на симулационния продукт за мрежата ZigBee е внедрен един Knowledge Free и един Knowledge Based алгоритъм за приоритизиране на мрежовия трафик. Knowledge Free алгоритмите обработват заявките по реда на тяхното пристигане. Такъв алгоритъм за приоритизиране на трафика е First Come First Served (FCFS). Knowledge Based алгоритмите използват или информация за приложението, или информация за мрежата или и двете, за да дадат приоритет на трафика. Реализираният алгоритъм Least Number of Hops First (LNHF) се основава на познаване на мрежовата информация. Според този алгоритъм заявките от устройствата по-близо до координатора се обслужват с висок приоритет. Изграждането на ZigBee мрежа се осъществява с помощта на графичен потребителски интерфейс, чрез който се създават координаторите и към тях се добавят крайни сензорни възли. Параметри като: брой на свързаните крайни възли, честотна лента на канала, област, честота, ред на beacons и ред на суперкадри се задават за всеки PAN координатор. За да се уточни и свърже създадената симулация с ограниченията за определен регион в света, е добавена опция за избор на определен канал и визуализиране на работната честота.

Когато координаторът и крайните възли са правилно добавени със съответната конфигурация, трафикът, генериран от крайните възли в мрежата, се приоритизира. При приоритизиране на трафика според избрания алгоритъм се попълва съдържанието на пет IEEE 802.15.4 кадъра.

Резултатите за статични възли от проведените тестове показват, че алгоритъмът LNHF подобрява QoS за крайните възли, на разстояние до 7 м от обслужващото устройство. Това ще ускори работата, тъй като смущенията в тези възли са по-малко, тъй като сигналът от координатора е по-добър, съответно препредаването на пакети ще бъде по-малко.

Резултатите от тестовете с мобилни възли за разглежданите алгоритми за приоритизиране са подобни. За устройствата, движещи се със средна скорост,

разпределените ресурси са малко и разглежданите стойности се влошават. Това може да влоши QoS за тези устройства, тъй като обработката на техните заявки ще бъде забавена, а допълнително забавяне ще бъде причинено от иницирирането на предаване, когато устройството е извън обхвата на текущия координатор.

В.4.5. Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H., Dinev, D. Analysis of ZigBee Network Using Simulations and Experiments //International Conference “Automatics and Informatics’2020” (ICAI’20), 01-03 October 2020, Varna, Bulgaria, pp. 1-4, Electronic ISBN:978-1-7281-9308-3, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-7281-9309-0, DOI: 10.1109/ICAI50593.2020.9311328.

Този доклад сравнява резултатите за стойностите на Received Signal Strength Indicator (RSSI) от възлите на крайните сензори, получени чрез симулиране на мрежа ZigBee, използвайки подобренията на симулационния продукт, представени в В.4.6. и чрез истинска сензорна мрежа ZigBee. Графичният потребителски интерфейс на симулатора позволява добавяне на координатори и крайни сензорни възли за изграждане на мрежа ZigBee. След като са добавени ZigBee PAN координатори, крайните сензорни възли могат да бъдат свързани към тях. Стойностите за RSS и RSSI се изчисляват веднага след задаване на разстоянието на сензора от координатора. Промените за всички въведени параметри се отразяват в таблиците с данни и могат да бъдат проверени от раздела „Nodes Table“. Симулаторът изчислява автоматично стойностите за RSS и RSSI, въз основа на разстоянието между добавените крайни сензори и PAN координатора. Изчислените стойности, са представени с графики според разстоянието на възела до PAN или идентификатора на възела.

Тестовите за RSS и RSSI от симулатора бяха получени след изграждане на мрежа ZigBee от един координатор (маршрутизатор ZigBee) и 6 сензорни възела ZigBee, свързани в топология „звезда“.

Физическото изграждане на мрежата ZigBee се осъществява с платка BeagleBone Black-BBB01-SC-505 с операционна система Bone-Debian-7.8, работеща като ZigBee Gateway, трансивер Texas Instruments (TI)-CC2531EMK и TI мулти-стандартни сензорни възли-CC2650STK. ZigBee Gateway е конфигуриран с помощта на TI Z-Stack Linux Gateway. Платката CC2531EMK е конфигурирана да работи като трансивер ZigBee и сензорните възли за работа в мрежата ZigBee, използват CC-DEVPACK-DEBUG на TI. Прехвърлянето на данни и получаването на RSSI стойности от крайните сензорни възли във вече изградената мрежа ZigBee може да бъде проследено, когато втори трансивер CC2531EMK е конфигуриран да работи като ZigBee sniffer. Резултатите за получените RSSI стойности от изградената мрежа ZigBee са противоречиви при тестовите за 2, 4 и 6 сензорни възли. Резултатите от 2 сензора показват, че с увеличаване на разстоянието от координатора получените RSSI стойности се влошават. Тази тенденция не се наблюдава при тестовите с 4 и 6 сензорни устройства. В тях, с увеличаване на разстоянието от координатора, получените RSSI стойности са идентични или по-добри за някои от възлите и по-лоши за други. Това се дължи на наличието на външни шумови влияния и смущения между сензорните възли, които могат да се увеличат с броя на устройствата в мрежата. Получените резултати показват, че за

2 крайни устройства в мрежата стойностите за RSSI, получени чрез симулатора, са почти идентични с тези за тестовите с реална мрежа. Резултатите с 4 и 6 крайни устройства, получени чрез симулатора, са близки до тези на реалната мрежа. Отклонението в RSSI стойностите на симулатора е около 10dB в сравнение с действителните резултати.

B.4.6. Haka, A., Aleksieva, V., Valchanov, H. Software Tool for Evaluation of Traffic Prioritisation Algorithms in 6LOWPAN Network. //2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA), Bourgas, Bulgaria, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA49118.2020.9167147. Electronic ISBN: 978-1-7281-4346-0, USB ISBN: 978-1-7281-4345-3, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-7281-4347-7, DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167147

Този доклад представя подобрения в симулационния продукт за 6LoWPAN мрежи, предложен от авторите, който дава възможност за изследване на качеството на услугите. Разгледано е влиянието на различни алгоритми за приоритизиране на трафика върху пропускателната способност, забавянето, packet delivery ratio и packet loss ratio. Включените алгоритми в софтуерния инструмент са: предложения от авторите алгоритъм и класическите алгоритми за приоритизиране: First Come First Served (FCFS), Least Number of Sensors First (LNSF), Least Number of Hops First (LNHF), Least Number Distance Product First (LNDPF), Least Weighted Farthest Number Distance Product First (LWFNDPF). Софтуерният инструмент предоставя интерфейс за оценка на предложения и класическите алгоритми в сензорните мрежи.

В предложения симулатор броят на сензорните възли, работещи в даден регион, може да варира до 100, в зависимост от размера на зоната, която трябва да бъде покрита. Устройствата в тази област могат да бъдат напълно функционални или с намалена функционалност. Напълно функционалните устройства могат да работят както като координатори, така и като крайни възли, докато тези с намалена функционалност работят само като крайни устройства.

6LoWPAN сензорна мрежа е симулирана с едно напълно функционално устройство, което обслужва заявките на крайните устройства. Целта на изследването е да се определи ефективността на алгоритмите, вградени в симулатора за приоритизиране на трафика и в кои ситуации, за кои възли те подобряват QoS.

Резултатите от предложения алгоритъм за приоритизиране показват, че стойностите за изследваните параметри са по-добри за статичните устройства, които са по-близо до координатора. Приоритизирането на заявките от възли, които са по-близо до координатора в сензорните мрежи, е важно, тъй като те са мрежи от множество устройства, които предават данни постоянно. Това причинява смущения в комуникационната среда и грешки, което инициира повторното изпращане на пакети. В резултат на това натоварването и забавянето на комуникацията се увеличават и влошават QoS. С по-малко устройства, заявките с най-висок приоритет се обслужват с повече ресурси - от възлите, разположени до 6 метра от координатора. Това ускорява обслужването за тези възли, като същевременно освобождава ресурси за използване за устройства с нисък

приоритет и компенсират закъсненията. В случай на недостатъчни ресурси, заявките на устройства с най-нисък приоритет се отлагат за обслужване в следващия интервал от време.

Резултатите за мобилните възли съгласно предложения алгоритъм за приоритизиране показват, че стойностите за изследваните параметри са по-добри за възлите, движещи се със скорости над 3 m/s.

B.4.7. Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H. Deployment and Analysis of Bluetooth Low Energy Network. //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1032, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF COMMUNICATIONS, INFORMATION, ELECTRONIC AND ENERGY SYSTEMS (CIEES), 26-29 November 2020, Online ISSN: 1757-899X, Print ISSN: 1757-8981, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1032/1/012016>

Този доклад представя реализирането на физическа Bluetooth ниско енергийна (BLE) сензорна мрежа за IoT и изследване на RSSI стойностите, получени за крайните сензорни блокове в мрежата. Физическото изграждане на BLE мрежата е направено с платка RaspberryPi 4 Model B с операционна система Raspbian, работеща като BLE master устройство, с вграден BLE трансивър и многостандартни сензорни възли на Texas Instruments-CC2650STK. Топология “звезда” е реализирана чрез свързване на крайните сензорни възли и master-a за изследване на промяната в RSSI стойностите. Извършени са различни експерименти с 1, 2, 3, 4, 5 и 6 статични възли, където за всеки от тях възлите са разположени на разстояния от 1 м до 10 м от главното устройство. Извършено е изследване на промените в получените RSSI стойности за статични сензори, разположени на различни разстояния от главното устройство и за мобилни възли, движещи се с различни скорости.

За 1 възел резултатите показват, че с увеличаването на разстоянието на сензора от главното устройство, получените RSSI стойности се влошават. Стойността на 10 метра обаче е значително по-добра от предишните. Въпреки че само едно устройство предава в комуникационната среда, която не е натоварена, спадът на предишните стойности може да се дължи на външни източници на смущения. Тенденцията, че на по-близко разстояние до обслужващото устройство получените RSSI стойности са по-добри, се потвърждава от другите тестове с 3, 4, 5 и 6 сензора. Измерените стойности за RSSI намаляват все повече и повече, когато разстоянието от главното устройство и броя на крайните възли в мрежата се увеличават. Подобни експерименти са проведени и с мобилни възли. За втория възел се вижда, че стойностите за RSSI са значително по-ниски. Това се поражда от натоварването на комуникационната среда и възникналите смущения. Тенденцията, когато сензорите се движат с по-ниска скорост, получените RSSI стойности са по-добри, се потвърждава от другите тестове с 3, 4, 5 и 6 сензора. Експерименталните резултати за RSSI със статични сензорни възли показват, че с увеличаване на разстоянието между крайните възли и главното устройство, получените стойности се влошават със значителни промени. Експерименталните резултати за RSSI с мобилни сензорни възли показват, че с увеличаване на

скоростта на крайните възли получените стойности се влошават, но промяната в резултатите е по-плавна.

Както за статични, така и за мобилни възли се запазва тенденцията за влошаване на RSSI стойностите с увеличаване на броя крайни сензорни възли в мрежата.

- В.4.8. Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H. ZigBee Simulation Framework for Studying the Formation of a Hierarchical Tree Topology. //2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), 30 September-02 October 2021, Varna, Bulgaria, pp. 257-260, Electronic ISBN:978-1-6654-2661-9, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-6654-2662-6, DOI: 10.1109/ICAI52893.2021.9639563.**

Постепенното разширяване на технологиите за Интернет на обектите (Internet of Things - IoT) в световен мащаб позволява тяхното внедряване в различни области на съвременния живот. Една от областите, които позволяват разширяването на концепцията за IoT, е наблюдението на параметрите на околната среда в реално време с помощта на сензорни мрежи. Сред съвременните технологии за сензорни мрежови ZigBee е една от най-разпространените. Тази технология позволява изграждането на персонална мрежа от координатор, маршрутизатори и сензорни възли, които консумират ниска мощност. Изключително ниската консумация на енергия дава възможност ZigBee устройствата да се запазват от батерии, което им позволява да бъдат преносими и компактни.

Един проблем с консумацията на енергия в безжичната сензорна мрежа е неравномерното потребление на възлите. Структурата на мрежата и местоположението на възлите може да са предпоставка за прекомерна употреба на някои устройства (централен възел в мрежата е по-вероятно да получава данни и да участва в маршрут за предаване на данни). Това може да доведе до потенциално сегментиране и да съкрати живота на цялата мрежа. За да се предотврати прекалено бързото изчерпване на мощността на възел, са необходими решения за осигуряване енергийния баланс на възлите в мрежата.

Този доклад представя симулационен продукт на ZigBee мрежа, който позволява изследване на йерархично дървовидно маршрутизиране, като се използва внедреният алгоритъм за конструиране на енергийно балансирана йерархична дървовидна мрежа въз основа на приоритети.

В симулационната среда е внедрен алгоритъмът за формиране на дървовидна енергийно балансирана ZigBee мрежа въз основа на приоритети. ZigBee топологията се състои от един координатор (коренът на дървото), множество маршрутизатори (клонове) и крайни устройства (листа). За постигане на целта в този алгоритъм се използва методът на ценообразуване. В алгоритъма се приема, че маршрутизаторите служат само за изграждане на топологията и не функционират като крайни устройства. Всеки маршрутизатор и крайно устройство има готовност да заплати стойност - приоритет за крайните устройства и енергийно ниво за маршрутизаторите. Координаторът и маршрутизаторите имат стойност на таксуване - цена, която трябва да бъде платена от крайните възли, за да се свържат с тях. Следователно, колкото по-висока е стойността за желание за заплащане, толкова по-висок приоритет има крайното устройство. С маршрутизаторите случаят е подобен, колкото по-висока е стойността на

желанието за заплащане, толкова повече енергия има. Когато дадено крайно устройство има по-висока стойност за готовност за заплащане от тарифата на неговия кандидат-родител, то се свързва с него като променя цената му. В тази реализация, за да се изгради мрежата първо се свързват маршрутизаторите и след това крайните устройства към тях. Когато маршрутизаторът се свърже с друг маршрутизатор или координатор, таксуването на родителя не се променя. В случай, че има устройство с недостатъчна възможност за заплащане на цената, то може да бъде свързано към маршрутизатора с най-малък брой деца.

Разработената симулационна среда има модулна архитектура, в която ядрото на системата управлява модулите за изграждане и модифициране на топологията, приоритизиране на трафика, визуализация на IEEE 802.15.4 фрейм и управление на графичен потребителски интерфейс. Симулирането на ZigBee мрежа изисква работа през два основни прозореца. Единият за добавяне на параметри за координатора, а другият за маршрутизатори и крайни възли в мрежата. Реализираният в симулатора алгоритъм за формиране на свързаност на ZigBee дърво и визуалното му представяне позволява лесна реализация и анализ на резултатите. Проведени са експерименти с 2 маршрутизатора и 8 крайни устройства, 4 маршрутизатора и 6 крайни устройства, 6 маршрутизатора и 4 крайни устройства, както и с 8 маршрутизатора и 2 крайни устройства.

Реализираните проучвания показват, че с увеличаване броя на маршрутизаторите в ZigBee мрежата се увеличава и дълбочината на йерархията. Проведените експерименти показват, че внедреният алгоритъм гарантира, че маршрутизаторите с повече енергия ще се подредят на по-ниско ниво в йерархичната топология (по-близо до координатора). Това осигурява, че повече устройства ще бъдат свързани към маршрутизаторите с повече енергия. Това от своя страна подобрява енергийната ефективност на мрежата и удължава нейния живот.

B.4.9. Haka, A., Yordanov, Y., Aleksieva, V., Valchanov, H. Simulation Environment for Bluetooth Low Energy Network. //2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), 30 September-02 October 2021, Varna, Bulgaria, pp. 287-290, Electronic ISBN:978-1-6654-2661-9, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-6654-2662-6, DOI: 10.1109/ICAI52893.2021.9639521.

Съвременните технологии и особено свързаността подпомагат все повече сфери от ежедневието по време на социалната изолация, причинена от коронавируса през последните 18 месеца. Един от тези аспекти е обучението, което се провежда изцяло онлайн. Благодарение на модерните 4G и 5G комуникационни инфраструктури стана възможно безпроблемното провеждане на занятия в онлайн среда, независимо от местоположението на преподавателя и студентите. С подобряването на скоростите за предаване доставчиците продължават да адаптират своите услуги към нуждите на клиентите. Една от най-новите предлагани услуги е широколентов Интернет на обектите (Internet of Things - IoT). Тези услуги покриват различни области и позволяват свързването на голям брой устройства с ниска сложност, ниска цена, дълъг живот на батерията и относително ниска производителност.

Една от най-разпространените технологии за IoT е Bluetooth Low Energy (BLE). Като една от най-разпространените IoT технологии, BLE е цел за научни изследвания и обучение. Изследването на технологията може да се извърши чрез изграждане на реална мрежа, която да отразява достоверно резултатите. Симулационните продукти обаче могат да се използват, когато изграждането на реална инфраструктура не е рентабилно. Това важи и за обучението, по време на което е по-полезно да се вземе предвид действителната конфигурация на мрежата, което ще увеличи професионалния опит на студентите. Действителната конфигурация и изграждане на BLE мрежа може да бъде сложно или невъзможно по време на онлайн обучение. За преодоляване на тези проблеми може да се използва симулационен продукт, който, ако е с отворен код, не изисква финансови инвестиции. В допълнение, софтуерната функционалност на симулационния продукт може да бъде разширена и по време на онлайн обучението той осигурява удобна среда за индивидуална работа.

Този доклад представя симулационен продукт за BLE мрежа, който може да се използва както за изучаване на основните функционалности на технологията, така и по време на обучение присъствено или дистанционно.

Разработеният симулатор в катедра „Компютърни науки и техника” на Технически университет – Варна е с модулна архитектура. При зареждане на приложението се стартира основната функционалност на ядрото, което е добавяне на Master устройство и реализиране на неговата програмна логика за обработка на входящите пакети и съответния им тип protocol data unit, както и изчакване за добавяне на Slave устройство и наблюдение на неговото състояние (Standby, Advertising или Connected). След това ядрото се обръща към модула за модификация и поддръжка на топология, за да определи топологията на мрежата. Визуализацията на топологията се извършва от предназначения за това модул (Topology Visualisation). При засичане на промяна в състоянието на Slave устройството от Standby към Advertising, ядрото се обръща към модула за прихващане на мрежов трафик (Packet Sniffing), от който се получава информация за обменените съобщения между устройствата в мрежата. За да получи статистическа информация за времето, в което крайните устройства в мрежата са били в определено състояние, ядрото се обръща към модула Statistics. Обработената информация през различните модули се визуализира чрез изградения графичен потребителски интерфейс.

С цел сравняване обменът на съобщения при установяване на връзка, изпращане на данни и прекратяване на връзката между Master и Slave устройства в BLE симулатора и реална среда, се конфигурира реална BLE мрежа. За да се осигури сравнимост между резултатите от реалната и симулираната BLE мрежа, е реализирана експериментална топология с едно Master и едно Slave устройство. Реалната BLE мрежата е изградена с използването на развойна платка Raspberri Pi 4 Model B с операционна система Raspbian, за да работи като BLE главно устройство. Комуникацията с крайните сензорни възли се осъществява с вграден в платката RaspberryPi 4 BLE приемо-предавател. Сензорните възли, с които са проведени експериментите, са на Texas Instruments - CC2650STK, които могат да бъдат конфигурирани за работа с BLE технология. Визуализацията на обмена на съобщения при установяване на връзка, изпращане на данни и прекратяване на

връзката между Master и Slave устройства в BLE мрежа се извършва с помощта на прихваанатите пакети чрез Wireshark.

Извършено е идентично експериментално изследване за обменените съобщения при установяване на връзка, изпращане на данни и прекратяване на връзката между Master и Slave в реална и симулирана BLE мрежа. Резултатите показват, че симулаторът може да се използва за представяне на акцентите в комуникацията между Master и Slave.

В.4.10.Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H. Simulation Environment for Research of Algorithms for Traffic Prioritisation in ZigBee Network. //Proceedings, 2021 17-th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), 1-4 July 2021, Sofia, Bulgaria, pp: 609-612, ISBN: 978-1-6654-3581-9, DOI: 10.1109/ELMA52514.2021.9503088

Този доклад представя симулационна среда, която позволява да се проучи влиянието на внедрените алгоритми за приоритизиране на трафика върху параметри, свързани с качеството на услугата (QoS) в мрежата ZigBee. Предложеният алгоритъм за приоритизиране на трафика за ZigBee е модификация на предходен предложен от авторите алгоритъм и е предназначен да работи в топология „звезда“. Подобренията на продукта са способността да се изследва влиянието на различни алгоритми за приоритизиране на трафика върху параметри, тясно свързани с QoS, както и визуализация на изградената топология на мрежата. Симулационният продукт има модулна архитектура, а работата на отделните модули се контролира от ядрото му. Алгоритъмът проверява няколко критерия за приоритизиране на трафика в мрежа ZigBee. Първо се проверява за пакети, които са маркирани като спешни. При наличието на такива пакети те се обслужват с най-висок приоритет. Когато има няколко спешни пакета или те липсват, трафикът се приоритизира според това дали заявката е от мобилно или статично устройство. Заявките от мобилни устройства се обслужват с по-висок приоритет. Когато има пакети от повече от едно мобилно устройство, заявките се приоритизират според скоростта, с която се движат устройствата. Заявките с по-висок приоритет се обслужват от устройства, които се движат по-бързо. Друг критерий за приоритизиране при равни други условия е разстоянието на сензора от координатора. Заявките от сензори, по-близки до координатора, се обслужват с по-висок приоритет. Когато сензорите са на равно разстояние от координатора, техните заявки се приоритизират според стойността на cost. Заявки с по-висока стойност на cost се обслужват с по-висок приоритет. И накрая, заявките се приоритизират според приложението на сензора.

Извършените експерименти имат за цел да проучат влиянието на внедрените алгоритми за приоритизиране на трафика в мрежата ZigBee върху параметрите PDR, PLR, закъснение и пропускателна способност, които са важни за осигуряване на добро QoS. Представените експериментални резултати показват, че с увеличаване на броя възли услугата на предложения алгоритъм за приоритизиране на трафика в мрежата ZigBee става равномерна. За изследваните параметри обаче са предвидени по-високи стойности за по-близките до координатора възли. Това ще подобри QoS и ще ускори обслужването за тези

устройства. Това ще освободи по-бързо заетия ресурс и ще позволи по-бързо да се обслужват заявките с най-нисък приоритет от най-отдалечените устройства.

Обратно, услугата на класическите алгоритми е значително равномерна, което натоварва цялата комуникация в мрежата и може да доведе до влошаване на QoS. В допълнение, предоставянето на повече ресурси от предложения алгоритъм за обслужване на заявки от възли с по-висок приоритет, за разлика от класическите, ще удължи живота им на батерията, тъй като консумацията на енергия е само в активни периоди, а броят им може да бъде сведен до минимум чрез ускоряване на обслужването.

- B.4.11. Haka, A., Dinev, D., Aleksieva, V., Valchanov, H.** Comparative analysis of ZigBee, 6LoWPAN and BLE technologies for the Internet of Things. //INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF COMMUNICATIONS, INFORMATION, ELECTRONIC AND ENERGY SYSTEMS (CIEES), 25-27 November, 2021, Ruse, Bulgaria, AIP Conference Proceedings, ISBN: 978-0-7354-4375-4, Volume number: 2570, Published: Aug 18, 2022, <https://doi.org/10.1063/5.0099684>

Този доклад представя реализацията на сензорна мрежа за IoT със сензори Texas Instruments CC2650STK, които могат да бъдат конфигурирани да работят с ZigBee, 6LoWPAN и BLE технологии. Извършени са експериментални проучвания на параметрите End_to_End Delay, Throughput и PLR за трите технологии. Въз основа на резултатите от експериментите е представено сравнение на същите между разглежданите технологии. Целта е в резултат на изследването да се формулират препоръки за най-подходящата технология за изграждане на сензорна мрежа за IoT с използваните сензорни възли.

Експерименталните изследвания за разглежданите технологии се реализират с различен брой едновременно свързани в мрежата статични сензорни възли (2, 4 и 6). Експериментите включват изчисляване на стойностите на параметрите End_to_End Delay, Throughput и PLR, които влияят на QoS, на разстояния между обслужващото устройство и сензорните възли от 1m, 2m, 3m, 4m и 5m, при изпращане на 5, 10, 15 и 20 пакета. За да се осигури сравнимост между получените резултати за изследваните технологии, във всички експерименти е използвана топология „звезда“.

Според получените резултати стойностите за End_to_End Delay се увеличават с броя на крайните възли в разглежданите технологии, тъй като е необходимо повече време за обслужване на заявките на всички устройства. С увеличаването на броя на изпратените пакети се увеличават и стойностите, получени за End_to_End Delay, тъй като има повече заявки за обслужване в мрежата. При ZigBee в повечето експерименти минималната и максималната стойност за End_to_End Delay е по-добра от 6LoWPAN и BLE. Освен това в повечето експерименти получените стойности за ZigBee са постоянни и не се променят драстично с увеличаване на разстоянието между крайните възли и обслужващото устройство.

От получените резултати за PLR може да се види, че стойностите се увеличават право пропорционално на броя на възлите в мрежата за разглежданите технологии. Следните препоръки могат да бъдат формулирани от експериментите и получените резултати:

- В приложения, където е важно стойностите за End_to_End Delay да са относително ниски и постоянни е по -добре сензорните възли CC2650STK да бъдат конфигурирани да работят с технологията ZigBee;
- В приложения, където се изискват постоянна throughput е по -добре сензорните възли CC2650STK да бъдат конфигурирани да работят с технологията ZigBee;
- Когато се изисква да се осигури по-висока производителност с по-голям брой възли в мрежата е по-добре сензорните възли CC2650STK да бъдат конфигурирани да работят с BLE технология;
- В приложения, където се изисква по-малка загуба на пакети, е по-добре сензорните възли CC2650STK да бъдат конфигурирани да работят с ZigBee или BLE технология, тъй като получените PLR стойности са изключително близки, но с по -ниски стойности, получени за ZigBee.

B.4.12. Haka, A., Dinev, D., Aleksieva, V., Valchanov, H. A study of ZigBee Networks in Experimental Environment and Simulation. //2022 International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES 2022) 24 – 26 November, 2022, Veliko Tarnovo, Bulgaria, pp. 1-6, ISBN 978-1-6654-9148-8, DOI: 10.1109/CIEES55704.2022.9990742

Този доклад представя изследване на параметрите End_to_End Delay, Throughput и Packet Loss Ratio (PLR), които влияят на QoS при една от най-често използваните IoT технологии – ZigBee. Направените изследвания представят резултати за разглежданите параметри на база симулация и реална ZigBee мрежа с крайни възли на производителите Texas Instruments (TI) и Sonoff. На база изчислените стойности е направено сравнение между резултатите, целящо формулиране на препоръки за избор на устройства за изграждане на ZigBee мрежа, според специфичните QoS изисквания в мрежата, както и определяне възможностите за приложение на разглеждания симулационен продукт.

Експерименталните изследвания при разглежданите ZigBee устройства са извършени при различен брой едновременно свързани в мрежата статични крайни възли (2, 4 и 6). При всеки експеримент крайните възли са разположени на различно разстояние от главното устройство (1m, 2m, 3m, 4m и 5m), като при всяко от разстоянията от всеки възел са изпратени 5, 10, 15 и 20 пакета. Топологията на свързване за проведените експерименти е звезда.

ZigBee мрежата с крайни възли на производителя TI е изградена с BeagleBone Black (BBB) - BBB01-SC-505 платка, инсталирана със софтуер Z-Stack Linux Gateway, за работа като ZigBee координатор. Към BBB платката е свързан приемопредавател TI CC2531EMK, конфигуриран да предава и приема ZigBee сигнали. Крайните устройства са TI CC2650STK, конфигурирани за работа като ZigBee възли.

ZigBee мрежата с крайни възли на производителя Sonoff е изградена със софтуер ZigBee2MQTT, инсталиран на Windows PC, който реализира ZigBee координатор. Към Windows PC е свързан ZigBee приемопредавател TI CC2531EMK за комуникация с крайните възли, също така е инсталиран Mosquitto сървър и Nodejs за прочитане данните от крайни възли. Крайните устройства са Sonoff Door Sensor и Sonoff Temperature and Humidity Sensor.

ZigBee мрежата през симулатора е изградена изцяло виртуално с параметри за координатор и крайни възли, базирани на публикуваните стандарти.

На база проведените експерименти и обобщените резултати може да се формулират следните препоръки:

- За ZigBee приложения, при които се изисква значително ниски и постоянни End to End Delay стойности е по-добре да се използват TI устройства в мрежата;
- За ZigBee приложения, при които се изискват по-високи Throughput стойности е по-добре да се използват TI устройства в мрежата;
- За ZigBee приложения, при които се изисква поддържане на ниски PLR стойности може да се използват както TI, така и Sonoff устройства в мрежата;

За изследване посоката и тенденцията на промяна на изследваните QoS параметри при различни ситуации, може да се използва разглежданата симулационна среда, която е подходяща и за използване при обучение както в присъствена, така и в отдалечена форма.

В.4.13. Haka, A., Dinev, D., Aleksieva, V., Valchanov, H. Internet of Things Sensor Data Storing Systems for Educational Purposes. //2022 International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES 2022) 24 – 26 November, 2022, Veliko Tarnovo, Bulgaria, pp. 1-6, ISBN: 978-1-6654-9148-8, doi: 10.1109/CIEES55704.2022.9990805.

Този доклад представя две предложени и разработени системи за съхранение на данни от сензорни LoRa и ZigBee мрежи, които имат широко приложение в областта на IoT. Системите са създадени в катедра „Компютърни науки и техника“ на Технически университет – Варна за използване в обучението. Чрез разработването на уеб интерфейс те осигуряват дистанционно наблюдение на данните, съхранявани в нерелационна база данни. Системите позволяват на студентите да се запознаят с възможностите за конфигуриране и работа на два от най-използваните стандарти за IoT и домашна автоматизация. Те също така позволяват на студентите да изучават работата на протокола MQTT. Освен това те дават възможност на студентите да утвърдят и придобият нови знания и умения в областта на управлението на бази данни и програмирането.

За целите на обучението в катедра КНТ, към Технически университет - Варна е разработена LoRa система за съхранение на сензорни данни за IoT с Уеб-базиран интерфейс за работа с възможност за отдалечен достъп. За конфигуриране на системата не е необходимо генериране на специални идентификатори. Системата се състои от три основни компонента Dragino LG01-S - Single Channel LoRa IoT Gateway за управление на мрежата и получаване на данни от сензорни възли, MQTT сървър за получаване и препращане на данни от LoRa Gateway и MongoDB база данни за съхраняване на получената информация. На LoRa Gateway е необходимо конфигуриране за препращане на получените съобщения от сензорите към MQTT сървър. След това MQTT съобщенията от съответния канал се предават на MongoDB базата данни, където се съхраняват в съответната колекция. Предаването на информация от MQTT сървър към MongoDB се осигурява с Python скриптове. Разработеният Уеб интерфейс осигурява подходяща визуализация на съхранената информация и извеждане на статистически извадки

на база отделните характеристики и отрязъци от време на работа, както и създаване на модел на работа на устройствата в изследваната среда.

Представени са предимства и недостатъци на съществуващи решения за съхранение на данни при ZigBee, както и на разработеното. Според представената информация разработеното решение включва в себе си част от предимствата на съществуващите и преодолява повечето от отбелязаните им недостатъци. Разработеното решение има недостатъци във възможностите за осигуряване на среда за работа на множество потребители, ограничено хранилище за съхранение на информацията и споделяне на информация. Разработеното решение позволява работа с различни технологии за IoT, а представените недостатъци може да се преодолеят с подобряване на системата. Това показва, че разработената система е подходяща за целите на обучението в университетска среда.

B.4.14. Haka, A., Yordanov, Y., Aleksieva, V., Valchanov, H. Study of Received Signal Strength Indicator values of Bluetooth Low Energy in Test Environment and Simulation. //International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS`2022, October 06 - 08, 2022, Varna, Bulgaria (ICAI'22), pp. 282-286, Electronic ISBN:978-1-6654-7625-6, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-6654-7626-3, doi: 10.1109/ICAI55857.2022.9960009

Този доклад представя изследване на RSSI стойностите при BLE технология в реална мрежа и симулация. Изследването цели сравняване на получените резултати при реална среда и симулация за формулиране на препоръки за ситуациите, при които може да се използва оборудване от специфичен производител и симулаторът. Разглежда се влиянието на броя на крайните възли и разстоянието между тях и централния връху силата на получения сигнал в реална среда, както и при симулация, за определяне достоверността на симулираните стойности и приложимостта им при изследване и обучение.

С експериментална цел, за изследване на RSSI стойностите при BLE технология в реална среда са свързани две BLE мрежи с крайни възли от два различни производителя – TI и Arduino. Компонентите при едната BLE мрежа са: Raspberry Pi 4 Model B с вграден BLE приемо-предавател и сензорни възли CC2650STK на фирмата TI. Ролята на главно BLE устройство се изпълнява от Raspberry Pi 4 Model B платката, на която предварително е заредена операционна система Raspbian. Крайните сензорни възли CC2650STK предварително са програмирани за работа с BLE стандарта. Компонентите при другата BLE мрежа са: главно устройство Arduino nano 33 IoT и сензорни възли Arduino nano 33 BLE sense на фирмата Arduino. Главното BLE устройство се реализира с Arduino nano 33 IoT платка, която е конфигурирана да работи с програмата, описана с псевдокод Код 1. Няколко платки Arduino nano 33 BLE sense се използват като крайни сензорни възли.

Експериментите, получени при BLE мрежа с крайни устройства от производителя TI показват, че отчетените RSSI стойности основно се изменят в диапазона от -40dBm до -70dBm, като изключение има при експериментите с 4 и 5 едновременно свързани крайни възли. При тези експерименти отчетените RSSI стойности се завишават за възлите които са разположени най-отдалечено от Master

устройството. Отчетените стойности са в диапазона приблизително от -72dBm до -85dBm.

Стойностите за RSSI при експериментите в BLE мрежа с устройства на производителя Arduino се изменят основно в диапазона от -80dBm до -95dBm, като изключение има при експериментите с 5 и 6 едновременно свързани крайни възли. При тези експерименти отчетените RSSI стойности се завишават за възлите които са разположени след 3 метра от Master устройството. Отчетените стойности са в диапазона приблизително от -80dBm до -105dBm.

Реализирано е сравнение между проведените експерименти при еднакви условия. Въз основа на представените резултати са формулирани препоръки за случаите, при които може да се използват разглежданите крайни възли и симулаторът.

- B.4.15.** Dinev, D. and **Haka, A.** RSSI study of wireless Internet of Things technologies. //Journal of Physics: Conference Series, Volume 2339, International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Science 2022 (EEPES 2022) 21/06/2022 - 24/06/2022 Varna, Bulgaria, Online ISSN: 1742-6596, Print ISSN: 1742-6588, doi: 10.1088/1742-6596/2339/1/012014, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2339/1/012014>

Различните видове технологии за Интернет на обектите (Internet of Things - IoT) растат и се интегрират все повече с разширяването на покритието и възможностите на мрежите от ново поколение (4G, 5G), които осигуряват високоскоростна среда за пренос на различни видове данни. IoT мрежите се използват по различен начин, като например да наблюдават параметри на околната среда като температура, налягане, влажност, осветеност и т.н. В съвременния свят дистанционното проследяване на много параметри става все по-разпространено, като необходимостта от него е особена при извънредни ситуации. Съвременните IoT сензорни мрежи позволяват периодично наблюдение на показатели от статични и мобилни сензорни устройства. Тези параметри могат да се използват за наблюдение на състоянието на околната среда или здравето на пациентите. В някои случаи може да е от съществено значение откриване на сензорните възли в мрежата. Проследяването на Received Signal Strength Indicator (RSSI) е един от методите за постигане на това с помощта на система от сензорни възли с ниска мощност.

Целта на това проучване е да сравни RSSI стойностите на безжичните технологии ZigBee, LoRa и BLE. Разглежданите безжични технологии са избрани въз основа на аспекти като популярност, обществена достъпност и използване в IoT.

Проведени са експерименти с различен брой статични крайни възли, свързани в мрежите (1, 2, 3, 4, 5 и 6). За експериментите е използвана физическа топология звезда. Проучванията включват отмерване на RSSI стойностите при крайните възли разположени на разстояния от 1m, 2m, 3m, 4m и 5m от главното устройство при изпращане на 20 пакета.

Експерименталните резултати за RSSI стойностите в LoRa мрежа с един възел показват, че когато разстоянието между сензора и главното устройство расте, получените RSSI стойности се влошават. Според резултатите за два сензорни възела, получените стойности за едно от устройствата са доста близки до

резултатите при експерименти само с един LoRa краен възел. С нарастване на разстоянието между главното и крайните устройства, както и броя им отчетените RSSI стойности спадат. Натоварването на комуникационния канал, както и едновременното предаване на крайните възли в него създават смущения, понижаващи качеството и силата на сигнала.

Експерименталните резултати с BLE за един възел показват, че получените RSSI стойности се влошават с увеличаване на разстоянието между сензорните възли и координатора. Въпреки че само едно устройство излъчва в ненатоварена комуникационна среда, първоначално отчетените стойности може да са влошени поради смущения от външни източници. Според резултатите, получени при два сензорни възела, измерените RSSI стойности за един от възлите са близки до резултатите при експеримента с един възел. Изведените стойности за втория възел може да се видят като много по-ниски. Стойностите на RSSI се влошават с увеличаване на разстоянието от главното устройство. Останалите експерименти с до 6 сензора подкрепят модела, че наблюдаваните RSSI стойности са по-добри за по-близко разположени крайни възли до обслужващото устройство.

Експерименталните резултати със ZigBee при един и два сензора показват, че с увеличаването на разстоянието от главното устройство се влошават и получените RSSI резултати. При три и повече сензорни устройства няма доказателства за тази тенденция. С увеличаване на разстоянието от координатора получените RSSI стойности за някои от възлите са идентични или по-добри, а за други са по-лоши. Това се дължи на наличието на външни шумови въздействия и смущения, които може да се увеличат с нарастване броя на устройствата в мрежата.

Резултатите показват, че LoRa има по-добри RSSI стойности при дефинираните експериментални условия следван от ZigBee и BLE. Най-лошите резултати са получени при BLE, при който са отчетени по-ниски стойности от ZigBee и LoRa, но може да бъде най-добрият избор при обстоятелства, при които системите трябва да работят на батерии поради по-ниската си консумация на енергия.

B.4.16.D. Dinev, A. Haka, V. Aleksieva and H. Valchanov, "Analysis of LoRa RSSI Data Using Simulations and Real Devices," 2023 18th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Varna, Bulgaria, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELMA58392.2023.10202359.

Качеството на обслужване е критичен аспект на Internet of Things (IoT) и е особено важно в LoRa мрежите. Long Range (LoRa) е технология за широкообхватна мрежа с ниска мощност, която обикновено се използва за IoT приложения поради своите възможности за голям обхват, ниска консумация на енергия и ниска цена. В LoRa мрежите QoS се отнася до способността на мрежата да предоставя надеждно и предвидимо ниво на обслужване на свързаните устройства. Това включва гарантиране, че данните се доставят по навременен и ефективен начин, с минимална загуба на пакети и забавяне. Той също така включва осигуряване на достатъчна честотна лента и гарантиране, че устройствата имат адекватна свързаност с мрежата.

В този доклад е представено сравнение на стойностите на Received Signal Strength Indicator (RSSI), получени от крайни сензорни възли в симулирана LoRa мрежа с

тези от реална LoRa сензорна мрежа. Целта е да се оцени точността на резултатите от симулацията чрез сравняването им с измервания в реалния свят.

В LoRa мрежите Received Signal Strength (RSS) е мощността на получения сигнал при антената на приемника, която се влияе от различни фактори като мощността на предаване, разстоянието между предавателя и приемника и радиосредата. RSS може да се преобразува в RSSI, който отчита усилването на антените на предавателя и приемника, дължината на вълната и разстоянието между антената и сензорния възел.

Симулаторът позволява създаването на LoRa мрежа чрез използването на модули като „Модификация на топологията“, „Създаване на топология“, блок „Намиране на най-добрия път между крайните устройства“ и „Симулиране на мобилност“. Тези действия могат лесно да се извършват с помощта на графичния потребителски интерфейс. Ядрото на приложението контролира всички процеси по време на симулацията. Стойностите за RSS и RSSI се изчисляват веднага след задаване разстоянието на сензора от координатора.

Сензорната LoRa мрежа се състои от Dragino LG01-S - Single Channel LoRa IoT Gateway, който се занимава с управлението на мрежата и приемането на данни от сензорните възли. Предаването на данни се улеснява чрез използване на Dragino LoRa Shield с Arduino UNO. LoRa Shield позволява на платките на микроконтролера Arduino да предават безжично данни на големи разстояния с ниска консумация на енергия. За целите на експериментите са използвани сензор за пламък и DHT11 (сензор за температура и влажност).

Резултатите показват, че за две крайни устройства в мрежата RSSI стойностите, получени с помощта на симулатора, са почти идентични с тези, получени при реална мрежа. Резултатите от симулатора с 4 и 6 крайни устройства са сравними с тези на реалната мрежа. Разликата в показанията на RSSI на симулатора е приблизително 5dB в сравнение с реалните резултати.

Резултатите от изследването показват, че модулът за изследване на RSSI, разработен и интегриран в симулатора, е ефективен инструмент за изучаване на стойностите на RSSI в симулирани LoRa мрежи. Малката разлика в показанията на RSSI между симулатора и реалните резултати (приблизително 5dB) показва, че софтуерът за симулация е надежден и точен.

B.4.17.A. Haka, Y. Yordanov, D. Dinev, V. Aleksieva and H. Valchanov, "Simulation Environment for Examining the Pairing Methods in BLE Technology," 2023 18th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Varna, Bulgaria, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELMA58392.2023.10202261.

През последните години се наблюдава нарастване на 5G технологиите в световен мащаб. Ключът към разработването и внедряването на 5G технологии, въпреки по-високите разходи за използване, е поддръжката на слоеве. Един от слоевете, осигурен от 5G, е мониторингът на Internet of Things (IoT), който включва функции на IoT системи, които осигуряват дистанционно наблюдение и анализ на данни от сензори и други устройства. Една от най-разпространените IoT технологии, осигуряващи внедряване на сензорни мрежи, е Bluetooth Low Energy (BLE). Като една от най-разпространените IoT технологии с широк спектър на

приложение, за технологията BLE е изключително важно да гарантира високо качество на услугата (QoS). Осигуряването на високо QoS може да се извърши по различни начини, един от които е да се осигури сигурна комуникация. Изследването на комуникационната сигурност може да бъде направено чрез разглеждане на реална BLE мрежа, както и чрез симулация.

Този доклад представя подобрение на симулационния продукт за BLE мрежа, разработен от авторите. Подобрението се изразява във възможността за изследване установяването на защитена връзка между главно и подчинено устройство в BLE мрежа. Симулацията процес се основава на публикуваните BLE стандарти за установяване на защитена комуникационна връзка.

Мениджърът на сигурността определя методите и протоколите за свързване и разпространение на ключове, съответните инструменти за сигурност и протокол за управление на сигурността. Той използва метода за разпределение на ключове, за да реализира функциите за удостоверяване и криптиране в радиокомуникациите. Преди предаване на даннови пакети между участващите устройства се установява връзка с цел удостоверяване. Този процес се извършва за задаване на ключове, които могат да се използват за шифроване на връзката. Разпределението на специфични за предаването ключове се извършва, за споделяне на ключовете. Те могат да се използват за шифриране на връзка при бъдещи повторни свързвания, проверка на данни или разрешаване на произволен адрес. Обменът на информация за свързване между две устройства се извършва чрез пакети Pairing Request и Pairing Response. След размяната на пакетите двете устройства избират кой метод за генериране на ключ ще се използва. Възможните методи са: Just works; Numeric Comparison (Only for LE Secure Connections); PassKey; Out-of-band (OOB).

Процесът на криптиране, внедрен в разработения симулационен продукт, е в съответствие със стандарта Bluetooth Core. По време на процеса на свързване се вземат предвид зададените входно-изходни възможности на типовете устройства, които могат да бъдат избрани в симулатора. В зависимост от настройките на връзката се избира дали да се използва методът OOB, PassKey или JustWorks за генериране на ключове за автентикация.

Процесът на обмен на съобщения от симулатора при внедряване на защитена комуникация показва проверката на характеристиките и избора на метод за генериране на ключ по стандарт. След това се реализира генерирането на стойностите, необходими за изчисляване на Mconfirm и Sconfirm и предаването им между устройствата. Следва обменянето на Mrand и Srand и изчислението от двете устройства по функцията за генериране на стойност за потвърждение c1 дали това ще валидира Mconfirm и Sconfirm стойностите, които са били по-рано обменени. Ако стойностите съвпадат, то следва генерирането на STK. След това започва обмяната на даннови пакети.

Подробна информация за входно-изходните възможности на комуникационните устройства чрез симулационния продукт, както и използвания метод за генериране на ключове, може да се види чрез разширяване съдържанието на обменените за тази цел съобщения. По подобен начин могат да се наблюдават генерираните стойности Mrand и Srand, Mconfirm и Sconfirm, както и генерираните STK. Разработеният симулатор позволява изучаване на различни аспекти, свързани с работата на стандарта BLE, без да е необходимо наличието на

физически устройства. Проведените експерименти показват, че симулаторът може да се използва за представяне на акцентите в комуникацията между главно и подчинено устройство. Това дава основание да се твърди, че разработеният симулационен продукт е подходящ за изследване на технологията. Освен това не изисква наличието на физически устройства за работа и това позволява да се използва с цел обучение както в присъствена, така и в дистанционна форма.

B.4.18. Diyan Dinev, **Aydan Haka**, Veneta Aleksieva, Hristo Valchanov and Biliyana Pieva, "An educational tool for Z-wave network simulations and finding optimal routes," International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Science, June 21-23, 2023, Kavala, Greece (In Press)

Бързият напредък на технологиите доведе до появата на Internet of Things (IoT), мрежа от взаимосвързани физически устройства, които събират и обменят данни. IoT трансформира различни индустрии, като здравеопазване, производство и транспорт, като позволява нови приложения и услуги, които не са били възможни преди. Z-Wave е протокол за безжична комуникация, специално проектиран за интелигентни домове и IoT устройства. Той работи с mesh топология, което означава, че устройствата могат да комуникират помежду си чрез поредица от хопове, което позволява по-голям обхват и надеждност. Едно от ключовите предимства на Z-Wave технологията е нейната ниска консумация на енергия, което я прави идеална за захранвани с батерии устройства, които изискват дълъг живот на батерията.

За достигане на по-задълбочено разбиране на нова технология в университетското обучение, се използват предварително изградени симулатори, разработват се специфични за обучение такива или се предоставя отдалечен достъп до лабораторна среда. Софтуерът за симулация се превърна в ценен инструмент в образованието, предоставяйки на обучаващите се платформа за експериментиране и учене в безопасна и контролирана среда.

Този доклад представя инструмент за симулация, който може да симулира изграждане на Z-Wave мрежа и да установи метод за идентифициране на оптималния маршрут между крайните устройства за изучаване на Z-Wave технологията в образователен контекст.

Симулаторът използва модифицирана версия на метод за намиране на всички маршрути между конкретна чатна мрежа и друга мрежа. Той търси маршрути само до определеното крайно устройство. В мрежа с няколко хопа може да има различни маршрути с еднакви параметри. Симулаторът използва алгоритъма на Дийкстра, за да избере първоначално най-краткия маршрут и дава приоритет на маршрутите въз основа на тяхната автентична стойност. Таблиците за маршрутизиране на устройствата съдържат тази стойност като отрицателно, положително число или 0, показващо качеството на маршрута. Избира се маршрутът с най-висока положителна стойност, а надеждността му се отразява чрез броя на успешните предавания. Автентичната стойност се увеличава при успешни предавания и намалява при неуспешни. Фрагментите се изпращат към маршрута с най-висока автентична стойност по ред на приоритет.

Разработеният Z-Wave симулационен софтуер има няколко оперативни блока: ядро - основен компонент на системата, който отговаря за извършването на всички ключови операции, свързани със създаването и модифицирането на мрежовата топология; графичен потребителски интерфейс - предоставя удобен за потребителя интерфейс; Създаване и модифициране на топологии – разделен на два подмодула концентратори и крайни устройства; Намиране на оптимални маршрути между крайните устройства – определя най-ефективния и надежден комуникационен път между крайните устройства в мрежата.

Разработеният симулационен софтуер за образователни цели се отличава с възможност за лесно надграждане с нови модули и може да осигури значителни ползи за обучението на учениците. Този тип софтуер може да улесни адаптивното обучение и да даде възможност за персонализиране на учебното съдържание, за да отговори на специфичните нужди на студентите. Софтуерът позволява създаването и модифицирането на Z-Wave мрежови топологии, както и идентифицирането на най-добрия път между крайните устройства. Симулаторът включва „Breadth First Search“ и алгоритъм на Дайкстра за всички устройства в мрежата.

- B.4.19.A. Haka, D. Dinev, V. Aleksieva and H. Valchanov, "Integrated Environment for Monitoring Data from Wireless Sensor Technologies for IoT," 2023 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), Varna, Bulgaria, 2023, pp. 71-76, ISBN:979-8-3503-1291-1, doi: 10.1109/ICAI58806.2023.10339040.**

Съвременните информационни и комуникационни технологии като 4G, 5G и 6G реализират високоскоростна среда за предаване на информация в цял свят. Голям дял от текущите информационни и комуникационни технологии заема Internet of Things (IoT). Технологиите за IoT се реализират на базата на различни стандарти с различен хардуер, тъй като имат разнотипно приложение. Част от устройствата са със захранване от батерии, а други се захранват от високоволтовата мрежа. Характерното за тях е, че те генерират голямо количество данни. Генерираните данни са разнотипни понеже се базират на различни стандарти и имат различен формат. Обединяването на данните от различни технологии и третирането им в общ формат е от решаващо значение за следене на параметри от разнотипни мрежи с определено предназначение в обща среда. Това обединение може да се реализира с преобразуване на прочетените данни от дадена технология за IoT и представянето им в общ формат, след което се запишат в обща база данни.

В настоящето изследване е предложено решение за интегрирана среда за следене на данни от безжични сензорни мрежи за IoT, реализирано в Технически университет - Варна. Предложеното решение използва възможностите на езика за програмиране Python за преобразуване на получените данни от различни комуникационни стандарти в един тип и препращането им към базата данни. Базата данни MongoDB се използва за съхраняване на получената информация, тъй като тя е известна с възможностите си за бързо записване на множество данни от IoT технологии. За нагледно представяне на данните и проследяването им в обща среда е създаден веб базиран интерфейс с различни възможности.

Реализираната среда е проектирана за работа със стандартите LoRa, ZigBee и Bluetooth Low Energy (BLE), с които са реализирани реални мрежи.

Системата реализираща съхранението на данни от LoRa и ZigBee безжичните сензорни мрежи се състои от две основни част – MQTT сървър (MQTT Broker) и MongoDB база от данни. При BLE мрежата сензорните данни се съхраняват в текстов файл предават се с помощта на FTP протокол към сървърната машина за съхраняване на данните. Текстовата информация се преобразува в JSON формат с услугите на Python и се предава към MongoDB. Визуализирането на данните в реално време и такива съхранени в базата данни се реализира през разработеният веб интерфейс, който е достъпен през включения веб сървър. Абонирането към MQTT теми, прихващането на данни и съхраняването им в базата данни се извършва чрез Python скриптове, както и конвертирането на текстовите BLE данни в JSON и съхраняването им в MongoDB.

Разработената интегрирана среда за следене на данни от безжични сензорни мрежи за IoT притежава веб интерфейс. Този интерфейс позволява визуализиране на данните, записани в MongoDB базата. Информацията в MongoDB е структурирана под формата на документи. За всяка разглеждана сензорна мрежа са създадени различни веб страници с възможност за разглеждане на данните и визуализиране на графика по избран параметър. Графиките позволяват визуално представяне на записаните данни в определен момент от време. Интерфейсът позволява за всеки стандарт да се дефинира диапазон от време, за който да се проследи записаната информация. За всеки от разглежданите параметри на сензорните мрежи се дава възможност за задаване на прагова стойност. Веб средата генерира информационни съобщения при надхвърляне на зададените прагови стойности чрез e-mail известия.

В настоящия доклад са представени съществуващи решения за интегриране на данни от различни IoT технологии. Подобно на тези изследвания е предложена среда за интегриране на данни от LoRa, ZigBee и BLE стандарти за безжични сензорни мрежи за IoT. Предложената среда позволява представяне на данните от различни технологии в общ формат, когато се използват устройства работещи с различни стандарти. Средата предоставя възможност за следене на данните, задаване праг на чувствителност на получените данни и генериране на уведомителни съобщения при надхвърляне на зададения праг на чувствителност. Функционалността на разработената среда е доказана с експерименти в лабораторни условия на Технически университет-Варна. Това дава повод за твърдение, че така реализираната среда позволява разширяване с други технологии за IoT с минимални промени, и улеснява проследяването на генерираната информация.

Г. Публикации извън групата на монографичния труд

Г.7. Публикации в реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

- Г.7.1. **Нака, А.**, Aleksieva, V., Valchanov, H. Comparative Evaluation of Mechanisms for Traffic Prioritization in LTE Networks. //Proceedings, 2019 16-th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), 6-8 June 2019, Varna, Bulgaria, pp: 406-410, ISBN: 978-1-7281-1412-5, IEEE Catalog number: CFP19L07-USB

Със завършването на първия 5G стандарт през 2018 г. безжичната индустрия прави важна стъпка в определянето на това как хората взаимодействат със света. 4G LTE демонстрира колко добре безжичната технология може да поддържа мобилен и фиксиран широколентов достъп и Internet of Things (IoT). 4G осигурява основата за 5G свързаност, позволявайки увеличаване на пропускателната способност, намаляване на латентността и увеличаване на надеждността.

LTE е една от най-широко разпространените технологии за безжичен достъп, поради високите си скорости в посоките Downlink и Uplink. LTE също така изисква ефективни методи за приоритизиране на трафика от планировчика на eNodeB за подобряване на качеството на услугата (QoS) за крайните потребители. Поддържането на висок QoS може да се постигне чрез приоритизиране на клиентските заявки в зависимост от редица критерии като: платена цена за гарантирана услуга, мобилност на абоната, тип услуга, време за обслужване и др. Много автори предлагат решения за приоритизиране на трафика. Основната цел на различните механизми за приоритизиране е да се подобри QoS за клиенти, изискващи критична услуга или за тези, които са платили по-висока цена за гарантирано високо QoS. За да се отговори на изискванията на крайните потребители, трябва да се предложат ефективни механизми за приоритизиране и обслужване. Освен това е важно да се извърши сравнителен анализ на разглежданите механизми за приоритизиране на трафика, за да се определи тяхната ефективност.

В този доклад е предложен набор от критерии за реализиране на сравнение между разглежданите механизми за приоритизиране на трафика. Представен е комплексен сравнителен анализ на два механизма за приоритизиране на трафик от LTE Scheduler в eNodeB с този предложен от авторите.

Комплексното сравнение се базира на резултатите от изчислени средна аритметична и средна геометрична комплексна оценка. Изчисляването на тези комплексни оценки се реализира с присвояване на относителни стойности към отделните критерии, които се използват. За част от критериите са използвани числови стойности от резултати получени при симулиране работата на всеки приоритизационен механизъм при еднакви условия. Изборът на геометрична и аритметична математическа зависимост се определя като оптимален от гледна точка на състоятелност, нормираност и сравнимост. Грешките в оценките на единичните показатели при геометрична и аритметична зависимост осигуряват компромисно изпълнение на условията за максимална чувствителност при

влошаване на отделни показатели за качество и минимална чувствителност към грешки при определянето им.

Извършени са изследвания на трите алгоритъма и на базата на получените данни са изчислени комплексни оценки. Когато се разглеждат критериите поотделно, може да се види, че в случай на „Дава приоритет на не-GBR услуги, когато се изисква по-голям брой от тях“ и „Предоставя приоритет на заявки, за които максималното забавяне е голямо (HoL Delay)“ предложеният механизъм не дава добри резултати. За критерия „Дава приоритет на GBR услуги“ и „Допълнителни параметри за приоритизиране“ има равни резултати между разглежданите механизми. Въпреки това, при комплексната оценка, поради широкия набор от разглеждани критерии, средната аритметична и средната геометрична комплексна оценка доказва, че предложеният от авторите алгоритъм за приоритизиране на трафика в LTE е по-добър.

- Г.7.2. **Нака, А., Aleksieva, V., Valchanov, H.** Comparative Analysis of Traffic Prioritisation Algorithms by LTE Base Station Scheduler. //2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA), Bourgas, Bulgaria, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA49118.2020.9167040, Electronic ISBN: 978-1-7281-4346-0, USB ISBN: 978-1-7281-4345-3, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-7281-4347-7, DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167147

Този доклад предстрава изследване на въздействието на предложението от авторите алгоритъм за приоритизиране на трафика в LTE мрежа, Round Robin (RR), Maximum Rate (MAX-Rate), Proportional Fair (PF), Exponential/Proportional Fair (EXP-PF) и тези, предложени от Muo и Akyildiz за QoS в 4G LTE безжична мобилна мрежа.

Сравнението се основава на резултатите от пропускателната способност, забавянето, коефициента на предаване на пакети (PDR) и коефициента на загуба на пакети (PLR). За да се проучи въздействието на алгоритмите за приоритизиране на трафика върху QoS, се използва продуктът за симулация на LTE, предложен и допълнително разработен от авторите.

Експериментални проучвания се провеждат за статични и мобилни UE за една LTE клетка, за която предавателната мощност е 40W (46.02dBm), 20 MHz честотна лента, мощността на шума е -160.99dBm, 100 налични PRB, 6 секторни клетки и радиус 770m. Брой потребители са съответно 20, 50, 70 и 100. Разстоянието на статичните UE до използвания eNodeB (m) е съответно 10, 90, 170, 250, 330, 410, 490, 570, 650 и 730 (55 м за всички мобилни UE). Изискваният вид услуга е GBR, задължителните RB от всяко UE са 5555 и плащат цена за гарантирана услуга със стойност 5. Скоростите на движение за мобилни UE (km/h) са съответно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 100.

Представените резултати показват, че с по-малък брой абонати, предложеният алгоритъм осигурява по-високи стойности за изследваните параметри за статични абонати, разположени в обхват до 250 метра от eNodeB и осигурява по-високи стойности за изследваните параметри за мобилни абонати, движещи се с не повече от 80 км/ч. С увеличаването на броя на абонатите обслужването става равномерно,

но за абонатите с най -висок приоритет се осигуряват по -добри стойности, докато за другите алгоритми резултатите са почти еднакви.

Предимството на предложения алгоритъм пред другите е, че той обслужва заявки с висок приоритет от абонати на по-близко разстояние до eNodeB и заявки от мобилни абонати. Обслужването на заявки от абонати, разположени по-близо до eNodeB е с по-добро QoS, тъй като качеството на канала на тези абонати е по-добро грешките при предаване са по-малко, което води до по-бързо обслужване. Приоритетната услуга за заявки от мобилни потребители подобрява QoS за тях, тъй като това намалява загубите на пакети при предаване. Разпределянето на повече ресурси към потребителите с по -висок приоритет ще ускори обслужването на техните изисквания и освободените от тях ресурси ще се използват за обслужване на UE с нисък приоритет.

Г.7.3. **Haka, A., Aleksieva, V., Valchanov, H.** A Comparison Study of Decisions for Computer Network Laboratory in Distant Learning Education. //Proceedings, 2021 17-th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), 1-4 July 2021, Sofia, Bulgaria, pp: 468-471, ISBN: 978-1-6654-3581-9, DOI: 10.1109/ELMA52514.2021.9503088

Този доклад представя сравнителен анализ на изследваните решения за дистанционно обучение по учебни дисциплини, преподаващи компютърни мрежи. Задължителната социална изолация по време на пандемия поставя нови предизвикателства пред образователната система. Необходимостта бързо да се премине към отдалечена форма на обучение наложи използването на различен образователен подход. По време на пълния lockdown бяха използвани и изследвани три подхода за обучение по дисциплини, свързани с преподаване на компютърни мрежи - симулационни продукти, реална компютърна мрежа с отдалечен достъп и виртуална компютърна мрежа с отдалечен достъп:

- 1) Да се използват симулационни продукти като Packet tracer, GNS3 и др.
- 2) В катедра „Компютърни науки и технологии“ към Технически университет-Варна е разработена от авторите реална компютърна мрежова лаборатория с отдалечен достъп. Отдалеченият достъп се осъществява чрез уеб система за управление, разработена от авторите. Citrix XenServer е избран за платформа за виртуализация, която има висока производителност, лесна поддръжка и е безплатна за използване. Основната идея на лабораторния дизайн е да се създаде snapshot на виртуалната машина (за съответната операционна система) за всеки от компютрите, като се използва възможността за snapshot на Xen.
- 3) За да се постигне висока гъвкавост и да се избегнат някои недостатъци на предишното решение, е внедрена експериментална виртуална инфраструктура. Базирана е на две сървърни машини Sun Fire Z20, свързани към 1G Ethernet мрежа и използващи VMware ESXi. Изборът на VMware Infrastructure 3 е продиктуван от възможностите му за многопроцесорна поддръжка, динамично балансиране и разпределение на ресурси между виртуални машини, както и мигриране на виртуални машини между отделни сървъри, без да се прекъсва тяхната работа. Въз основа на виртуалната инфраструктура бяха пуснати редица виртуални машини

със съответни операционни системи. Виртуалната инфраструктура може да бъде достъпна със софтуера VMware vSphere Client.

Целта на изследването е да се оцени кое решение е най-подходящо за дистанционно обучение на студенти по дисциплини, свързани с компютърни мрежи. Разработена е система от критерии за оценка на горепосочените решения, съобразно предизвикателствата в онлайн обучението.

Сравнението се основава на предложената от авторите система от критерии, съобразена с предизвикателствата на дистанционното обучение. За да се осигури обективност при сравнението, е направена комплексна оценка на разглежданите подходи, базирана на комплексна аритметична оценка. Според резултатите от средна аритметична оценка най-подходящото решение за дистанционно обучение се определя решението с използване на виртуална мрежова инфраструктура.

Г.7.4. М. Yordanova and **A. Haka**, "Comparative Evaluation of Communication Protocols in the Automotive Industry," 2023 18th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Varna, Bulgaria, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELMA58392.2023.10202531.

В съвременното ежедневие е налице нарастване използването на комуникационни и информационни технологии, като Big Data, Blockchain, Internet of Things и автоматизация в широк спектър от области. Автомобилната индустрия е една от областите, в които се използват комуникационни технологии. Съвременните превозни средства съдържат множество електронни контролни блокове (Electronic Control Units - ECU), които комуникират помежду си, за да осигурят нормална работа на превозното средство. Комуникационните протоколи се използват за обмен на данни между контролните блокове за състоянието на автомобила. Най-често използваните протоколи са Controller Area Network (CAN), Local Interconnect Network (LIN), FlexRay, Media Oriented Systems Transport (MOST) и Ethernet.

В настоящия доклад е направено сравнение между разглежданите протоколи, използвани в автомобилната индустрия. Целта на представеното сравнение е да се определи най-подходящият протокол за приложение в интелигентни превозни средства. За постигане на тази цел е направено проучване на най-често използваните протоколи в интелигентни превозни средства, както и техните предимства и недостатъци.

При съвременните автомобили, комуникационните протоколи играят жизненоважна роля за осигуряване на различни функционалности и улесняване на безпроблемна комуникация между различни електронни компоненти и системи. Тези протоколи имат ключова роля за осигуряване на надеждно и ефективно предаване на данни, което е от основно значение за цялостната производителност и безопасност на автомобила. Автомобилната индустрия използва набор от комуникационни протоколи, всеки от които притежава различни характеристики и обслужва специфични приложения. Докладът включва сравнение между комуникационните протоколи CAN, LIN, FlexRay, MOST и Ethernet, за да се определи най-подходящият за взаимно свързване на основните ECU.

Тъй като няма стандартизирана система за сравняване на разглежданите протоколи, се предлага система от критерии за нейното извършване. Основната

задача на предложената система от критерии е да определи най-подходящия протокол за взаимно свързване на основните ECU. Системата включва някои от критериите, използвани при реализиране на сравнения от други изследователи. За постигане на сравнението са добавени критериите - скалируемост, приемственост от автомобилната индустрия и оперативна съвместимост. Критериите, предложени за изпълнението на комплексната оценка, са: скорост на предаване (Mbps), дължина на кабела (m), устойчивост на смущения (dB), откриване и коригиране на грешки, максимална консумация на енергия (mA), цена за внедряване (\$), мащабируемост, приемственост от автомобилната индустрия, оперативна съвместимост, приложение.

Използваната система за сравнение, съдържа различни видове показатели за оценка. Следователно е невъзможно да се изведе конкретна функция за качеството на изследвания протокол. В такива ситуации е възможно да се използва методът на комплексната оценка. Според този метод по отношение на състоятелност, нормираност и сравнимост изборът на средна аритметична и средна геометрична оценка е оптимален. Методът на комплексното оценяване позволява да се избегне субективността на авторите при оценяване обекта на сравнение.

Резултатите от проведените експериментални изследвания по отношение на средна аритметична комплексна оценка показват, че LIN е най-подходящият протокол при автомобилната комуникация. Поради специфичните си характеристики, LIN се използва като подшина, най-често към CAN. Това е причината за по-ниската консумация на енергия при използване на този протокол и това значително влияе върху изчислената оценка. От тази гледна точка комплексната средноаритметична оценка показва, че CAN е най-подходящ за взаимно свързване с основните ECU. Получените резултати за комплексната средна геометрична оценка потвърждават това твърдение.

Г.7.5. Aleksieva, Veneta, Hristo Valchanov, **Aydan Haka**, and Diyan Dinev. 2023. "Logistics Model Based on Smart Contracts on Blockchain and IoT" Engineering Proceedings 41, no. 1: 8. <https://doi.org/10.3390/engproc2023041008>

С Internet of Things (IoT) светът преминава през технологична революция. Една от индустриите, върху които IoT оказва огромно влияние, е логистиката. Някои стоки, които изискват специално внимание, имат индивидуални складови помещения, в които температурата, влажността и подредбата са строго определени. Такива са опасни стоки, лекарства или стоки с ограничен срок на годност. Оформлението на склада е важно, за да може да се установи потокът на транспортирането им от склада на производителя до местоназначението им при крайния потребител. В този контекст логистиката, базирана на IoT, се фокусира върху складирането, получаването и товаренето на стоки, проследяването на тяхното местоположение и състояние, и инвентаризирането на тяхната наличност. Ето защо основните приложения на IoT в логистичния процес са свързани с проследяване на пратки/товари, наблюдение на пратки в крос-докинг складове, контрол на инвентара, защита от кражби и проследяване на продукти. Това гарантира прозрачност на целия процес и минимизира рисковете от кражба, загуба и повреда на проследяваните обекти.

От гледна точка на намаляване на рисковете от загуба, кражба и повреда, за които компанията застрахова товара си, прилагането на IoT с блокчейн решения, внедрени със смартконтракти, подобрява прозрачността и сигурността на целия процес, повишава доверието между логистичната и застрахователната компания, пренебрегва възможността за измама.

В тази статия е предложен абстрактен модел за интегриране на блокчейн технологии и IoT. Прилагайки го, е разработен предложението от авторите логистичен бизнес модел, базиран на IoT и смартконтракти с блокчейн, подходящ за управление на крос-докинг складове и транспорт.

Предложението абстрактен модел интегрира смартконтракт с блокчейн и IoT за извършване на сигурни транзакции във всеки бизнес и регистриране на разнородни данни. В абстрактния модел, предложен от авторите, интеграцията на двете технологии се разглежда в 7 слоя - горните 5 слоя представляват работата на блокчейн технологията, а долните 2 слоя формират IoT blockchain слоя, който осигурява каналите за комуникация между IoT сензорите, физическата безжична мрежа и блокчейн мрежата. На този слой данните се събират и предават за запис в блокчейн мрежата. По този начин предложението абстрактен модел представя процеса на интегриране на двете технологии, независимо от избраната блокчейн реализация, от една страна. От друга страна, той прави блокчейн управлението независимо от избраните сензори, внедрената физическа мрежа, избраната безжична комуникационна технология и т.н. Нещо повече - сензорите могат да бъдат различни видове - GPS сензори, RFID сензори и IoT сензори за BLE, ZigBee, 6LoWPAN и др.

Предложението логистичен модел, базиран на Blockchain и IoT, модифицира традиционния облачен модел. Данните в реално време, събрани от IoT сензори, се записват в блокчейн и се обработват от смартконтракт. IoT сензорните данни се изпращат на фиксирани периоди от време, които могат да бъдат зададени от платформата за управление, като IoT сензорните данни за температура, влажност, наклон, когато са извън допустимите отклонения (които са предварително зададени в локалната система), се изпращат извънредно. При транспортиране от превозното средство данните от IoT сензори за промяна на теглото и отваряне на врата също се изпращат извънредно. Данните се регистрират в облачната/уеб базираната система и се съхраняват за последващ анализ и доказателство за възникване на събитие. По този начин се регистрират обстоятелствата за настъпване на нежелано събитие, което може да доведе до повреда на стоките, тяхното унищожаване или кражба. По този начин както служителите, които са пряко ангажирани в този процес, могат да бъдат отговорни, така и може да бъде поискано обезщетение срещу застраховател, който е получил достъп до критичните данни чрез смартконтракт, работещ в блокчейна.

Внедряването се извършва на частен блокчейн HyperLedger Fabric. Моделът не отразява връзката с конкретна застрахователна полица, иск за настъпване на събитие и обработка на иск. Отражена е само опцията чрез смартконтракт за автоматизиран достъп на застрахователя до информация за достоверно доказване на момента на настъпване на застрахователно събитие и обстоятелствата, довели до него.

В този доклад е предложен модел за управление на логистични процеси, съгласуван с представения абстрактен многослоен модел. Представено е изпълнение на смартконтракти върху HyperLedger Fabric, което доказва както приложимостта на предложения разслоен модел, така и ефективността на прилагането на смартконтракти върху блокчейн за логистичен бизнес.

Г.7.6. Veneta Aleksieva, Hristo Valchanov, **Aydan Haka** and Diyan Dinev, "Model of controlled environment based on Blockchain and IoT," 2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES), 23 – 25 November, 2023, Plovdiv, Bulgaria, pp: 1-4, Electronic ISBN:979-8-3503-3691-7, DOI: 10.1109/CIEES58940.2023.10378795

Навлизането на Индустрия 4.0 и развитието на 5G/6G комуникациите правят възможно навлизането на редица иновации в бизнеса, но много от тях все още не са развили напълно своите възможности. Бизнесът очаква всички доставчици на безжична връзка като членове на обща екосистема да работят заедно и да избягват фрагментацията на мрежовата инфраструктура. Това означава да има работен процес с надеждни данни, наблюдение от край до край в реално време и автоматизация на работния процес. Базираните на блокчейн решения предлагат това, но имат ограничения. Данните се генерират с висока скорост, особено в IoT мрежи. Тъй като много IoT устройства имат ограничени ресурси на паметта, те не могат да съхраняват отчетените данни за неопределено време, а разчитат на концепция за обработка, базирана на поток, т.е. те обработват данните в движение. Това означава, че при проектирането на централизирани и ресурсоемки решения с интензивно генериране на разнородни данни трябва да се търси баланс между това кои данни да се обработват с BigData и кои да се съхраняват и управляват в блокчейн. При хакерска атака данните могат да бъдат манипулирани неусетно и целенасочено. Нападателите могат да фалшифицират данни в своя полза или да навредят на потребителите, да смесват фалшиви данни с истински данни или да задържат данни. Това може да се случи както при прехвърляне на данни от IoT сензорите, така и при съхраняване на данните. Но блокчейн дава увереност, че данните няма да бъдат манипулирани и ще се използват само от оторизирани потребители. Взаимодействието между блокчейн и BigData може да реши безброй проблеми, свързани с данни – сигурно съхраняване на данни, без да е в състояние да се модифицират, но също така установяване на доверие и пълна прозрачност на транзакциите.

Има различни разработки за приложение на блокчейн в различни аспекти на IoT мрежата. Малките закъснения в отговорите на заявките и адекватното управление на IoT устройства с ниска мрежова латентност изискват децентрализирано управление на IoT мрежата и ориентация към облачни решения, базирани на IoT и блокчейн. Поради голямата разнородност на управляваните обекти с IoT сензори, което налага използването на разнородни мрежи за свързване с тях, не е установена унифицирана архитектура на cloud-edge IoT решения.

Този доклад предлага абстрактен cloud-edge модел за наблюдение и управление на базирана на IoT сензорна мрежа, използваща блокчейн за съхраняване на неочаквани събития.

Предложеният модел се състои от пет компонента – IoT сензори при управляваните и наблюдаваните обекти; Мрежа от IoT сензори чрез стандартни конектори/интерфейси, свързани към Edge gateway чрез кабел (Ethernet) и/или различни безжични технологии; Мрежово управление – състои се от отделни подкомпоненти: планиране, гъвкавост и инвестиции; Edge Environment – състои се от две части: Data Collection и Edge Management System; Съхраняване на BigData от Cloud Orchestrator – всички Edge среди се свързват с него. Състои се от две части: Cloud Data Space и Cloud Management System.

Моделът не е ориентиран към конкретен бизнес, тъй като стандартните IoT конектори и унифицираните интерфейси позволяват безпроблемното събиране на големи обеми разнородна информация от различни IoT сензори. Дори след като данните са били напълно анализирани и е генериран продукт с добавена стойност (информация или знания), необработените данни са все още налични. Те не губят своето значение в процеса, тъй като могат да бъдат обработени отново, по друг начин, за да се извлече нова информация или знания от тях. Поради това обемът на данните, които трябва да се администрира, непрекъснато се увеличава, тъй като обработените данни нито се изразходват, нито стават безполезни. Блокчейн дава увереност, че данните няма да бъдат манипулирани и ще се използват само от оторизирани потребители. Съхраняването на конкретна информация в блокчейна предоставя данните да са с времева информация, защитени, постоянни, ценни и достоверни.

Въз основа на този модел от авторите е разработено прототипно решение за Edge средата на модела. Предложеното решение е тествано на закрито с шест вида сензори (температура, влажност, дим, сензор за отворен/затворен прозорец, сензор за отворена/затворена врата, движение). Използваните сензори се свързват с Edge Gateway чрез три различни безжични технологии (BLE, LoRa, ZigBee). Информацията се съхранява в база данни MongoDB, а блокчейнът е внедрен с Hyper Ledger Fabric. Проведените експерименти доказват работоспособността на прототипа и приложимостта на предложения модел.

Г.8. Публикации в нерепубликани списания с научно рецензиране

Г.8.1. **Хъкъ А.**, Алексиева, В. Моделиране на разпределяне на честотната лента в пасивни оптични мрежи //Компютърни науки и технологии, ТУ-Варна, 2016, бр.1, с. 45-51, ISSN 1312-3335

В този доклад се предлага софтуерна симулация за анализ на ефективността на разпределяне на честотната лента в пасивни оптични мрежи. Представен е алгоритъм за разпределение на ресурсите в два етапа за максимално усвояване на честотната лента чрез използване на ортогонално честотно мултиплексиране за пасивни оптични мрежи (OFDM-PON) - първо се разпределя времеви интервал (таймслот) за всяко абонатно устройство (Optical Network Unit -ONU) и второ се подреждат подканалите, състоящи се от група подносещи честоти. Прилагането на предложения подход, базиран на динамично разпределение на подносещите канали, осигурява ефективно разпределяне на честотната лента и намалява закъсненията при предаване на заявките на отделните потребители.

PON мрежата се състои от централизиран Optical Line Termination (OLT) от страната на Интернет доставчика и множество Optical Network Unit (ONU) устройства от страната на потребителите. ONU-тата споделят ресурси в общ оптичен поток, свързващ ги с OLT.

PON системата трябва да приложи подходящ MAC механизъм, за да се осигури ефективно предаване, да се използват ефективно мрежовите ресурси, да се арбитрира достъпа до споделената среда и да се избегнат колизии на данни.

В настоящата разработка е представен алгоритъм за разпределение на ресурсите в два етапа за максимално усвояване на капацитета на връзката чрез използване на OFDM-PON, т.к. при OFDM-PON се използва синхронна структура на фрейма, за да се осигури диференциалното обслужване на заявките. При разпределяне на ресурсите предложеният алгоритъм първо разпределя времеви интервал (таймслот) за всяко ONU и след това подрежда подканалите (група от подносещи честоти). Този алгоритъм трябва да отговаря на две ограничения:

- изчисленията за разпределението на ресурсите се правят за единичен фрейм;
- едно ONU използва само един подканал, за да изпрати към OLT данни за множество услуги в рамките на продължителността на кадъра.

Предложеният алгоритъм се прилага само в посока upstream и се изпълнява в две фази:

1) Разпределение на времеви интервал (таймслот) - назначава временно подканал за всяко ONU

2) Преразпределение на подканалите - временният подканал j за ONU $[i, j]$ ще бъде заменен с потвърден подканал, в който има достатъчно ресурс за разполагане на ONU $[i+1, j]$, като по този начин се минимизира броят на отложените за следващ фрейм ресурсни блокове, и се уплътнява честотната лента, т.е. не остават свободни подносещи.

За анализиране на предлагания в настоящото изследване алгоритъм за разпределяне на честотната лента се създава модел на трафика за няколко OLT, но визуализация на матрицата за предаване се извежда само за OLT по избор.

Създадена е база данни за съхранение на данните от отделните експерименти за отделните OLT и за свързаните към тях потребители.

Г.8.2. Aleksieva V., **A. Haka**, Simulation framework for realization of priority-based LTE Scheduler, Techsys 2017, Technical University of Sofia, brunch Plovdiv, ISSN Online: 2535-0048, pp. II-181-185

В този доклад е предложен симулатор за LTE технология, който реализира алгоритъм, базиран на приоритети за LTE Scheduler, който пренарежда пакети, въз основа на механизъм за класификация.

Целта на предложения алгоритъм е да се постигне запазване възможно най-висока мрежова пропускателна способност на малка цена само с малко повече предавания. Функциите за управление на QoS в мрежите за достъп са отговорни за ефективното разпределение на ресурсите на безжичния интерфейс. Те обикновено се определят като алгоритми за управление на радиоресурси и включват управление на захранването, контрол на връзката за прехвърляне, контрол на достъпа, контрол на натоварването и пакети за управление, но пряко свързани с QoS на ниво клетка са последните три. Те се използват за осигуряване на максимална производителност за отделни услуги.

Настоящият документ предлага алгоритъм за обслужване на UE при разпределение на ресурси в uplink на LTE мрежата, съставен от два модула - чрез механизъм за контрол на допускане (admission control) и планировчик (Scheduler). Според натоварването на мрежата, контролът за допускане за приемане на заявки управлява броя UE, които могат да влязат в Планировчика, за да се избегне претоварване на системата с твърде много UE.

Планировчикът разпределя RBs между UEs според нуждите на UEs по приоритети.

Създадена е симулационна среда за внедряване и проучване на предложения алгоритъм. Използваният софтуерен инструмент е Visual Basic 2010. На този етап на разработка на симулатора данните от различни експерименти се изпращат във формат .xls за последваща оценка.

Резултатите дават основание да се заключи, че представеният алгоритъм за контрол на допускането в Scheduler за LTE мрежата може да се приложи успешно при брой на UE под 100, тъй като независимо от интензивността на заявките на активните UEs средното време за връзка е под 25ms - време, напълно отговарящо на изискванията на стандарта 3GPP.

Резултатите от симулацията показват, че предложеният механизъм подобрява QoS, но наблюдаваните параметри се влошават, когато обслужването на повече абонати е свързано с планиране с приоритет, при което може да не се обслужват по-малко приоритетните опашки в случай на претоварване или претоварване на мрежата. Представени са drop ratio с приоритизация и без приоритизация. При този алгоритъм винаги е осигурено минимално предаване за всички класове услуги с различни характеристики, според приоритета.

Г.8.3. Aleksieva V., **A. Haka**, Simulation framework for realization of priority-based LTE Scheduler, Journal Of The Technical University - Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria Fundamental Sciences and Application, 2017, Volume 23, ISSN 1310-8271, pp. 101-105

Тази статия е разширена и допълнена версия на доклада Г8.10. В тази статия е предложена симулационна среда за LTE технология, която реализира алгоритъм, базиран на приоритети за LTE Scheduler, който пренарежда пакетите, въз основа на механизъм за класификация.

LTE използва технология за многократен достъп (OFDMA), където общата честотна лента е разделена на ресурсни блокове (RB) в честотната област. Данните се предават в транспортни блокове (TB) в един интервал от време за предаване (TTI) за 1 ms. Всеки RB се състои от 12 подносещи (всяка от тях е 15 kHz). Фреймът е 10ms и е разделен на 10 равни подфреймове. Всеки подфрейм съдържа 2 слота*0.5ms. Всеки RB е свързан с един слот във времето. Един TB е свързан с 1 подфрейм и това е минималната единица за планиране. Правилото за обслужване е да се намери първо място, което да побере TB. Ако в текущия TTI няма достатъчно RB, планировчикът се опитва да намери ресурси в следващия TTI. Тази стратегия минимизира латентността на отговора, което е най -добрата практика за чувствителен към забавяне трафик. Но тази процедура не е приложима за предаване на beacons (които се изпращат между устройствата на всеки 100 ms), поради спешността на информацията, която се предава, поради което съществуват резервирани ресурсни блокове за поемане на временно претоварване. Настоящата статия предлага алгоритъм за обслужване на UE за разпределение на ресурси в uplink връзка на LTE мрежата, съставен от два модула - механизъм за контрол на допускане (admission control) и Scheduler. Според натоварването на мрежата, контролът за допускане за приемане на заявки управлява броя UE, които могат да влязат в Планировчика, за да се избегне претоварване на системата с твърде много UE. Планировчикът разпределя RBs между UEs според нуждите на UEs. Разпределението на ресурсите в Планировчика се основава на приоритета на трафика (най -високият е първият):

1. Video, voice, interactive gaming – default bearer, non-GBR
2. E-mail, chat, ftp, www, p2p, file sharing – default bearer, non-GBR
3. Video streaming- GBR
4. Video call- GBR
5. Online gaming- GBR
6. VoIP call- GBR
7. IMS Streaming– default bearer, non-GBR
8. Speed of UE
9. Distance to eNodeB
10. Payed priority

Създадена е симулационна среда за внедряване и проучване на предложения алгоритъм. Тя има модулна архитектура. Въвеждането на данни за всяко устройство започва от първоначалните параметри за eNodeB.

Г.8.4. **Haka A.**, Modified Simulation Framework for Realization of Horizontal Handover in LTE Cellular Networks. //53rd International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2018) Proceedings of Papers, Sozopol, Bulgaria, June 28-30, 2018, Issue: 1, ISSN 2603-3259, pp. 158-161, ISSN Online: 2603-3267

LTE е широко използвана 4G технология, дефинирана от 3GPP, способна да реализира услуги за широколентов безжичен достъп. LTE поддържа висока спектрална ефективност с ниска латентност, мащабируема честотна лента от 1,4 MHz до 20 MHz, използвайки MIMO технология, OFDM техника за Downlink връзка и SC-FDMA за Uplink връзка и позволява на потребителите да имат достъп до услуги по време на движение както в една клетка, така и между клетки (Handover) без прекъсване на комуникацията. Съществуват две основни технологии за реализиране на хендовър: Hard Handover – наричан още break-before-make и Soft Handover – наричан още make-before-break.

Освен това хендовър процедурата е разделена на две категории:

- Хоризонтален хендовър – автоматично превключване между точките за достъп в една технология;
- Вертикален хендовър - автоматично превключване от една технология към друга в точката, където се доставя услугата.

Реализирането на процедурата за хендовър зависи от стойностите на мощността на приемане на референтен сигнал (RSRP) на базовата станция (eNodeB), измерени от потребителското устройство (UE). За постигане на качествено обслужване на мобилните потребители, извършването на хендовър изисква осигуряване на добро качество на обслужване (QoS). Това може да се постигне чрез проучване стойността на закъснението по време на хендовър и приоритизиране на различните типове мрежови потоци. Основната концепция на клетъчните мрежи е разделянето на обслужването на малки области, наречени клетки. Всяка клетка има своя собствена зона на покритие и работи с различни параметри. Всяка от тях съдържа eNodeB, който обслужва всички потребители в обхвата и осигурява мобилност на UE между клетките.

Това проучване се фокусира върху анализирането на QoS за мобилни потребители, извършващи хендовър между съседни eNodeB в рамките на LTE клетъчната мрежа. Това може да се постигне чрез проучване на параметъра закъснение (Delay) по време на хендовър и приоритизиране на различните типове мрежови потоци.

Изследването е извършено с разработената симулационна среда, позволяваща извършване на хоризонтален хендовър при LTE с помощта на реализираната модификация. Модификациите се състоят във факта, че за мобилни UE може да бъде избрана посока на движение в обхвата на eNodeB, което позволява реализация на механизъм за хендовър. Преди да се осъществи хендовър, се проверява с каква скорост и в каква посока се движи абонатът. След това се изчислява разстоянието, което UE ще измине в рамките на пет минути, в метри. Изчислената стойност се добавя към разстоянието до eNodeB, зададено на UE. След това, ако разстоянието до eNodeB е по-голямо от радиуса на обслужващия eNodeB, хендовър към целевия eNodeB се реализира в посоката на движение. За

мобилните UE, за които стойността на разстоянието до eNodeB не е по-голяма от радиуса на клетката, хендовър не се извършва и те остават в обхвата на обслужващия eNodeB. Реализацията на хендовър се базира на публикуваните стандарти. След като предаването на контекста на UE приключи, планировчикът на eNodeB приоритизира потребителския трафик чрез предложения алгоритъм и преразпределя ресурсите според получения приоритет.

Според експериментите, броят реализирани хендовър нараства с увеличаване броя на високоскоростните UE за разлика от броя на нереализираните, който зависи от броя на UE, които се движат с ниска скорост. Освен това може да се види, че приложеното приоритизиране подобрява QoS за високоскоростни потребители, тъй като за разлика от другите UE, високоскоростните имат по-ниска стойност за забавяне. Въпреки че стойностите на закъснението се увеличават с увеличаване броя на UE, те остават най-ниски за мобилни потребители, които се движат с висока скорост.

В този доклад е предложена симулационна среда за реализиране на хоризонтален хендовър в LTE мрежа. Симулаторът изпълнява алгоритъм за реализиране на мобилност на UE между съседни клетки, както и алгоритъм за приоритизиране на трафика. Резултатите от симулацията показват, че предложеният алгоритъм за приоритизиране подобрява QoS за високоскоростни UE. Представени са броя на реализираните и нереализирани хендовър процедури и стойността на закъснение за разпределяне на ресурса по потребители. Резултатите показват, че се гарантира минимална стойност на забавяне при обслужване на заявки от високоскоростни потребители, които реализират хендовър.

Г.8.5. Хъкъ, А., Василев, Р. Система за симулиране на механизма на изграждане на най-предпочитания път при 6LoWPAN технология. //Компютърни науки и технологии, ТУ-Варна, 2018, Брой 1, стр. 17 - 23, ISSN 1312-3335

Тази статия представя разработена среда за симулиране изграждането на 6LoWPAN мрежа, в която се реализира приоритизиране на предавания трафик според изискванията на мрежата. Симулаторът предоставя възможност за изграждане и избор на най-добър маршрут от точка до точка и постоянно проследяване състоянието на изградените маршрути.

Предложеният симулатор включва Emergent Direct Mode режим за свързване, състоящ се от Hassle Free Route механизъм за маршрутизиране и Adaptive Retry механизъм за подобряване на повторното изпращане. Този механизъм за маршрутизиране позволява приоритизирането на пакети, пренасящи важна или жизнено необходима информация според изградената 6LoWPAN мрежа. След като е идентифициран Emergent Direct Mode режимът, предпочитаният маршрут се изгражда чрез Hassle Free Route механизъм и механизма за контрол на повторното предаване се обновява с Adaptive Retry Mechanism.

Според Hassle Free Route механизма в 6LoWPAN мултихоп мрежите най-добрият маршрут се избира според това дали е най-краткият и се добавя автентична стойност за всеки маршрут, което определя приоритета му. Автентичната стойност се запазва в маршрутната таблица на възлите и тя може да бъде:

- отрицателно число – информира за това, че по маршрута са реализирани твърде много неуспешни предавания;
- стойност „0“ – показва, че маршрутът все още не е оценен;
- положително число – маркира, че маршрутът е безпроблемен. По-голямата стойност означава, че маршрутът е по-успешен от другите, като по този начин се обозначава броя на успешно предадените фрагменти по определен маршрут. При всяко успешно предаване автентичната стойност се увеличава с „1“, а в случай на неуспешно предаване се намаля с „1“. Когато пристигне фрагмент с Emergent dispatch хедър, той се препраща по маршрута с най-висока автентична стойност. Тези фрагменти са с по-висок приоритет и се предават по най-предпочитания маршрут. Emergent Direct Mode схемата използва и Adaptive Retry Mechanism за осигуряване на повторно предаване, гарантиращо, че спешните фрагменти няма да отпаднат по маршрута.

Използваното програмно средство за създаване на симулационния продукт е Microsoft Visual Studio 2012 и езикът за програмиране C#, защото позволява използването на събитийно-ориентирана среда за разработка. Изградена е база данни за съхранение на данните от отделните експерименти за всеки 6LoWPAN координатор и свързаните към тях крайни устройства. Създаването на 6LoWPAN мрежата се осъществява чрез създадения потребителски интерфейс. Между PAN координаторите и техните мрежи се създават връзки, по които се симулира предаването на пакети, докато достигнат желаната дестинация. За всяко крайно устройство или координатор има възможност за актуализация на данните. След като е въведена информацията за координаторите, връзките между тях и крайните устройства към всеки координатор, се реализира симулирането на внедрения Emergent Direct Mode. Симулаторът приоритизира спешния трафик, ако има такъв и го предава по най-добрия маршрут избран според Hassle Free механизма, като за всеки маршрут се проследява автентичната му стойност и се преценява колко е надежден. Преди реализиране на предаването всички пакети се добавят към опашка за изпращане където се приоритизират и предават по избрания маршрут. Приложението предоставя визуализация на резултати от внедрените механизми за избор на най-предпочитан маршрут при 6LoWPAN технология.

Г.8.6. **Нака, А.** Software tool for comparing LTE traffic prioritisation algorithms. //Monthly scientific and technical journal ELECTROTECHNICA & ELECTRONICA E+E, Bulgaria, 2019, Vol. 54. No 9-10/2019, pp: 146-152, ISSN: 0861-4717

В тази статия се разглеждат алгоритми за приоритизиране на трафика като средство за повишаване качеството на услугите. Разглеждат се Round Robin, MAX Rate, Proportional Fair и EXP Proportional Fair алгоритмите. Освен това се представя интерфейс, с резултатите от който е извършен комплексен сравнителен анализ на разглежданите алгоритми. Комплексният сравнителен анализ е реализиран между предложението от автора алгоритъм и стандартни алгоритми за приоритизиране на трафика при LTE технология.

Използваният интерфейс за изследване на алгоритми за приоритизиране на трафика при LTE мрежа се състои от две основни форми – форма за добавяне на базови станции и информация за тях и форма за въвеждане на абонати и

информация за тях. Интерфейсът предоставя резултати за матрица за предаване, Throughput, Delay, Packet Delivery Ratio, SNR, Channel Gain спрямо използвания алгоритъм за приоритизиране на трафика.

Тъй като комплексният сравнителен анализ се оценява при равни критерии и не се взема предвид влиянието на мобилността, за настоящото изследване всички експерименти се извършват в рамките на една LTE клетка. Клетката работи в честотна лента от 20MHz и поддържа 100 UE, които са статични и мобилни, изискващи различни видове услуги и всеки абонат изисква 10 000 ресурсни блока (RB).

За да се избегне субективизма на автора при оценката на разглежданите алгоритми, се използва методът на комплексната оценка. За изчисляване на комплексния показател за качество се избира една от следните математически зависимости: квадратична, геометрична, аритметична или хармонична. Сравнението по разглежданите критерии се основава на средноаритметична и средногеометрична оценка. Изборът на средна геометрична и средна аритметична математическа зависимост се определя като оптимален от гледна точка на състоятелност, нормираност и сравнимост. Грешките в оценките на единичните показатели с помощта на геометрична и аритметична зависимост осигуряват компромисно изпълнение на условията за максимална чувствителност при влошаване на отделни показатели за качество и минимална чувствителност към грешки при определянето им.

Според получените резултати от комплексната оценка алгоритмът за приоритизиране, предложен от автора, е по-добър от стандартните алгоритми. Основното предимство на предложения алгоритъм е, че той напълно отговаря на 3GPP стандарта, обслужва GBR услуги с висок приоритет, позволява на доставчика на интернет услуги да прилага приоритетно обслужване за заявки от UE, които са платили по-висока цена за гарантирана услуга, както и заявки от мобилни UE, което ще намали загубите, причинени от предаване. Това от своя страна ще подобри качеството на услугата за крайните потребители.

При разглеждане на критериите поотделно се вижда, че предложеният алгоритъм не дава добри резултати или те са еднакви с всички останали. Въпреки това, според резултатите от комплексната оценка, поради широкия набор от разглеждани критерии, аритметичната и геометрична комплексна оценка доказва, че предложеният от автора алгоритъм за приоритизиране на трафика в LTE е по-добър от алгоритмите RR, MAX Rate, PF и EXP-PF.

Г.8.7. Айдын М. Хъкь, ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕЗЖИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА INTERNET OF THINGS (IOT) МРЕЖИ. //Компютърни науки и технологии, Година XVIII, Брой 1, 2020, pp:51-58, ISSN 1312-3335

Съвременните комуникационни технологии (4G, 5G) заемат все по-голяма част от ежедневието и помагат за преодоляването на кризисни ситуации като тази с COVID-19. Благодарение на тях става възможно провеждането на електронни здравни прегледи, обучение, срещи, събрания, конференции и др. Освен това за подобряване и поддържане на електронното здравеопазване, но и технологии, на

чиято база се реализират и сензорни мрежи, се въвеждат все по-широко Internet of Things (IoT) технологиите, комуникацията на които разчита на 4G и 5G мрежите. Тази статия разглежда развитието на IoT технологиите в най-активно развиващите се пазари по света и в България. В частност се разглежда състоянието в световния пазар на едни от широко разпространените технологии за IoT – Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee и 6LoWPAN.

В настоящето IoT мрежите разчитат на 4G и 5G инфраструктурите за бързо и надеждно предаване на малко количество данни свързани с отдалечено следене параметри на околната среда, състояние на пациенти и др. През годините IoT технологиите стават все по-известни и се разпространяват все повече. За активно развиващите се региони по света, IoT свързаността от милиони през 2013г. се разрастват главоломно и достигат до милиарди през 2019г. и 2020г.

Един от широко използваните протоколи за безжични сензорни мрежи е BLE. Разрастването и разпространението на Bluetooth технологията, като една от основните за IoT се потвърждава от увеличаващия се брой работни групи, активни проекти за разработка на спецификации, нови членове на работни групи и комитети, както и броя на закупените Bluetooth устройства. Прогнозите показват, че след 2020г. класическите Bluetooth устройства в пазара постепенно ще намаляват и все повече ще навлизат класически устройства, съвместими с BLE стандарта и изцяло базирани на BLE.

Други значително разпространени IoT протоколи са ZigBee и 6LoWPAN. Протоколите се базират на IEEE 802.15.4 радио среда за комуникация и позволяват изграждане на пълно свързана мрежа. Статистиките за 2018г. показват, че продажбите на IEEE 802.15.4 чипове в световен мащаб за „умни“ домове и сгради, измервания, „умни“ градове и индустриална автоматизация достигат половин милиард. Според прогнозите от 2019г. продажбите на IEEE 802.15.4 чиповете до 2020г. ще достигнат 1 милиард, като продажбите на нови чипове до 2024г. се очаква да достигнат същия размер.

В България по-широко разпространената високоскоростна комуникационна технология е 4G, като постепенно навлизат 5G и IoT технологиите. В България телекомуникационните оператори, които основно приемат и внедряват IoT решения са A1 и Vivacom.

Стартирана през 2018г. IoT мрежата на A1 се базира на стандарта Narrowband-IoT (NB-IoT). Операторът предлага NB-IoT решения за контрол на въздуха, управление на отпадъци, интелигентно осветление и умно паркиране.

Платформата представена през 2018г. Viva Smart на телеком оператора Vivacom обединява всичките ѝ IoT проекти. Чрез нея телекомът предлага „умни“ услуги в три направления: умен град (VIVA Smart City), облачни решения и колокация на оборудване (Smart Data Hub) и дигитално образование. Операторът Vivacom предоставя IoT решения за комуникационна свързаност на системите за отдаване на велосипеди под наем, интелигентно видео наблюдение на градската среда и интегрирания градски транспорт, а през 2018г. стартира пилотно решение за „умно“ паркиране в града, базирано на LoRaWAN технологията. Освен това стартира и пилотен проект за „умно“ сметосъбиране.

Телеком операторът Telenor има опит в ранните IoT решения, известни като M2M комуникация в Норвегия и Швеция, а през 2018г. стартира NB-IoT технология за IoT.

В България 6LoWPAN протоколът се използва в пилотна мрежа за IoT стартирана през 2016г. в София. Технологията BLE основно се използва при спорт и развлечения, а през 2019г. в София се провежда среща за популяризиране на BLE стандарта като IoT решение.

Съвременните комуникационни технологии в световен мащаб се насочват към високоскоростните технологии известни като 5G, наред с това навлизат и се използват все повече IoT технологиите. Широкото разпространение на IoT технологиите в света през последните години е предпоставка за очакване все по-голямото им разрастване и разширяване. България следи посоката и тенденцията на комуникационното развитие в цял свят, но със значително по-бавни темпове. В последните години операторите продължават с тестването, разширяването и мигрирането към 5G технологиите, като се поддържат и подобряват съществуващите 4G. Наред с това се обръща внимание и на важността и ползите от IoT, и се внедряват и тестват все повече решения отговарящи на изискванията и съществуващите проблеми в страната.

Г.8.8. Айдын Хъкъ, ИЗСЛЕДВАНЕ НА UPLOAD И DOWNLOAD ТРАФИКА ПРИ БЕЗЖИЧНА 6LOWPAN СЕНЗОРНА МРЕЖА ЗА INTERNET OF THINGS (IOT). //СБОРНИК ДОКЛАДИ МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ, УНИТЕХ'20, 20 – 21 НОЕМВРИ 2020, ГАБРОВО, pp: 308-312, ISSN: 2603-378X

През последните години съвременното ежедневие става все по немислимо без новите комуникационни технологии (4G, 5G), които свързват потребители по цял свят. Паралелно с тези технологии се развиват и технологиите за Internet of Things (IoT). Изграждането на различни жични и безжични IoT решения може да се реализира въз основа на различни протоколи като Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee, Z-Wave, 6LoWPAN, Thread, WiFi-ah (HaLow) и др. Тези технологии намират широко приложение в областите на наблюдение, контрол, защита, автоматизация и др. Една от IoT технологиите, която се очаква да се разпространи широко е 6LoWPAN, тъй като от една страна представлява сензорна мрежа, а от друга IPv6 мрежа. Този доклад изследва Upload и Download трафика при реално изградена 6LoWPAN мрежа от сензорни възли за IoT.

Физическото изграждане на 6LoWPAN мрежа се извършва с BeagleBone Black – BBB01-SC-505 платка, конфигурирана с Bone-Debian-9.9 операционна система, която работи като 6LoWPAN Gateway, Texas Instruments (TI) приемо-предавател – CC2531EMK и TI сензорни възли – CC2650STK. Изследването на Uplink и Downlink трафика е реализирано с изграждане на физическа топология „звезда“.

След стартиране на 6LoWPAN мрежата сензорните възли се свързват с координатора, информацията за които може да се види на приложение за наблюдение работата на координатора. Стойностите за Upload и Download трафика се вземат от приложението за наблюдение на работата на координатора след като има иницирирана комуникация между него и сензорните възли. Обемът на Upload и Download трафика зависи от Bandwidth на връзката, който от своя

страна зависи от фактори като използвана периферия, мрежова връзка, тип на преносната среда, организация на мрежата и др. Изследването на Upload и Download трафика се ползва за откриване на проблеми в мрежата и подобряване качеството на връзката.

Резултатите показват, че при по-малък брой възли в мрежата стойностите за Upload трафика са идентични с тези за Download. С увеличаване броя на сензорите в мрежата получените стойности за Download трафика са малко по-ниски от тези за Upload, като това зависи от състоянието на комуникационната среда и възникналите смущения в нея по време на отчитане на стойностите.

При предаване на по-голямо количество пакети стойностите за Upload и Download трафика нарастват, независимо от разстоянието на сензорните възли от координатора. Отчетените стойности се различават много малко, тъй като комуникационната среда не е наситена със заявки и ресурсите за обслужване са достатъчни.

Г.8.9. Айдын Хъкъ, КОМПЛЕКСНА ОЦЕНКА НА СИМУЛАТОРИ ЗА ZIGBEE БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ ЗА ЦЕЛИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО. //СБОРНИК ДОКЛАДИ МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ, УНИТЕХ'20, 20 – 21 НОЕМВРИ 2020, ГАБРОВО, pp: 313-318, ISSN: 2603-378X

Обявеното извънредно положение в цял свят през 2020г. налага предприемане на мерки за отдалечена работа във всички сфери от живота. Това може да се постигне със средствата на съвременни технологии като 4G, 5G и Internet of Things (IoT). Съществуват множество IoT протоколи както за покриване на малки области, така и за големи. Един от най-известните протоколи за реализиране на IoT мрежа на къси разстояния и ниска консумация на енергия е ZigBee, разработен от ZigBee Alliance.

Разширяващото се използване на IoT технологиите в съвременния живот изисква по-активното им изследване с цел подобряване на ефективността и обслужването. Това може да се реализира с изграждане на реална инфраструктура за изследваната технология или чрез симулиране на работата ѝ.

В сферата на образованието двата подхода може да се комбинират с цел изследване резултатите от реална инфраструктура и симулация, както и за анализ на несъвпадащите резултати. В случай на невъзможност за инвестиране на средства в закупуване на оборудване за наблюдаваната технология се използват симулационни продукти, които може да са със свободен лиценз за ползване.

Комплексното оценяване на симулационни среди за ZigBee сензорни мрежи може да се извърши въз основа на набор от критерии за оценяване. Получената комплексна оценка за всеки симулационен продукт позволява сравняването им и определянето на най-подходящия от тях за целите на обучението. Този подход също е подходящ за избягване субективността на автора при оценяване на разглежданите симулационни среди. Сравнението съгласно разглежданите критерии се основава на средна аритметична и средна геометрична оценка, които се определят като оптимални по отношение на състоятелност, нормираност и сравнимост.

Създадени са множество симулационни продукти, даващи възможност за симулиране и изследване на ZigBee технология. В настоящото изследване са разгледани едни от най-известните: ZBOSS, OPNET, QualNet, OMNeT++, NS-2, NS-3 и MATLAB. Разглежданите среди са сравнени с разработения от съавторски екип симулационен софтуер и е представена средна аритметична и средна геометрична оценка на всеки от тях.

Съгласно направеният комплексен сравнителен анализ симулаторът QualNet е най-подходящ за изследване на ZigBee сензорни мрежи. Комплексните оценки за разработения симулационен продукт дават повод за твърдение, че той се доближава по качества до най-добрите.

Спрямо критериите „Лесна инсталация“, „Време за изучаване“, „Използване на процесора“, „Използване на паметта“, „Лиценз за ползване“, които са важни по отношение на обучението, разработеният в катедра „Компютърни науки и технологии“ при Технически университет - Варна симулационен продукт предоставя по-добри или съизмерими резултати в сравнение с останалите.

- Г.8.10. **Haka, A.** Improved simulation environment for visualisation the content of IEEE 802.15.4 frame on 6LoWPAN network. //Monthly scientific and technical journal ELECTROTECHNICA & ELECTRONICA E+E, Bulgaria, 2020, Vol. 55, No 5-8/2020, pp: 86-93, ISSN: 0861-4717

Съвременните високоскоростни комуникационни технологии осигуряват среда за по-широко използване и развитие на Internet of Things (IoT). Сред средствата за постигане на концепцията за IoT са сензорните мрежи, които позволяват проследяване в реално време на различни параметри. Нарастващото използване на сензорни мрежи изисква тяхното по-активно изследване. Това може да стане чрез изучаване на реалната мрежова инфраструктура и симулация.

Тази статия представя подобрение на симулационния продукт, разработен от автора за 6LoWPAN сензорната мрежа. Подобрението позволява визуализация съдържанието на IEEE 802.15.4 фрейм. Това позволява изследването на различни параметри, влияещи върху качеството на услугата (Quality of Service - QoS). Тук се изследва влиянието на вече внедрените алгоритми за приоритизиране на трафика върху параметрите Packet Delivery Ratio (PDR), Throughput, Delay и Packet Loss Ratio (PLR), които влияят на QoS.

В 6LoWPAN има различни класически алгоритми за приоритизиране на трафика, а въвеждането на виртуализация на сензорните мрежи позволява прилагането на по-гъвкави решения. Статията представя предложението от автора алгоритъм за приоритизиране на трафика и класически такива като First Come First Serve (FCFS), Least Number of Sensors First (LNSF), Least Number of Hops First (LNHF), Least Number Distance Product First (LNDPF) и Least Weighted Farthest Number Distance Product First (LWFNDPF). Влиянието на представените алгоритми за приоритизиране на трафика върху QoS е изследвано с помощта на разработената симулационна среда за 6LoWPAN мрежа. Симулаторът визуализира IEEE 802.15.4 фрейм в beacon-enabled режим. Симулационната среда позволява визуализиране на графики за разглежданите QoS параметри, отчитащи влиянието на внедрените алгоритми за приоритизиране на трафика. За да се определи

тенденцията на промяна на параметрите, влияещи върху QoS в различните алгоритми за приоритизиране на трафика, са проведени експерименти с 5 и 10 едновременно свързани крайни сензорни възли.

При предложения алгоритъм за приоритизиране на трафика с увеличаване броя на възлите в мрежата, обслужването става равномерно, но все пак с повече ресурси за най-приоритетните възли. Предложеният алгоритъм ускорява обслужването за възли с най-висок приоритет, като по този начин освобождава по-бързо заетия от тях ресурс, който може да се използва за обслужване на възли с по-нисък приоритет. Това ускорява работата на цялата мрежа.

При класическите алгоритми за приоритизиране на трафика, обслужването е равномерно, независимо от броя на възлите в мрежата и разстоянието им от координатора. Равномерното обслужване на заявките води до допълнително забавяне в обслужването, тъй като се натрупват повече заявки за обслужване за следващ времеви интервал. В допълнение, удовлетвореността от обслужването не се променя нито за възела с най-висок приоритет, нито за този с най-нисък приоритет. Това води до цялостно забавяне в работата на мрежата, както и до влошаване на QoS.

Г.8.11. **Хъкъ, А., Йорданов, Й.** СИМУЛАЦИОННА СРЕДА ЗА ВИЗУАЛИЗИРАНЕ НА BLUETOOTH LOW ENERGY ПАКЕТИ. //Компютърни науки и технологии, година XIX, брой 1, 2021, pp:6-14, ISSN 1312-3335

Употребата на безжични устройства в нашето ежедневие бързо се разраства с всеки ден. Една от поставените цели на различни компании и изследователи, още от зората на радио технологиите е да се създадат най-ефективните, успешни и евтини за производство модули, които да бъдат пуснати на пазара. Когато става дума за енергийно ефективни радио модули, които могат да изпращат подходящо количество данни при нисък разход на енергия, една от технологиите които се откроява е Bluetooth Low Energy (BLE). Активното навлизане на BLE в съвременния живот, като една от най-широко използваните технологии за Internet of Things е предпоставка за изследване на технологията и разглеждането ѝ в обучението. Удобен инструмент за постигане на това е използването на симулационен продукт, който осигурява възможност за самостоятелна работа както при присъствено, така и при отдалечено обучение. Тази статия представя среда за симулиране на основните функционалности на BLE мрежа, базирани на публикуваните стандарти.

Технологията BLE е въведена в Bluetooth стандарта във версия 4.0 и е позната в приложения, при които консумацията на енергия е от решаващо значение и данните за пренос са с малки количества. Физическият слой (PHY) се отнася до радио хардуера, използван за комуникация и за модулация/демодулация на данните. BLE работи в ISM обхвата (2,4 GHz спектър), който е сегментиран в 40 радио-честотни канала, всеки раздалечен през 2 MHz. Три от тези канали се наричат първични рекламни канали (primary advertising channels), докато останалите 37 се използват като вторични рекламни канали (secondary advertising channels) и за пренос на данни по време на връзка. Стандартът BLE описва редица PDU, като едни от най-често срещаните са

ADV_IND, ADV_NONCONN_IND, CONNECT_IND или AUX_CONNECT_REQ, ADV_EXT_IND, AUX_ADV_IND, AUX_CONNECT_RSP, LL Data PDU, LL Control PDU.

Разработената, в катедра Компютърни науки и технологии при Технически университет - Варна, симулационна среда има модулна архитектура. Средата позволява симулиране на основните процеси по работа на BLE технологията, които се базират на публикуваните стандарти. Стартирането на приложението инициира изпълнение на основната функционалност на ядрото – добавяне на Master устройство и реализиране на програмната му логика за обработка на пристигащите пакети и съответния им Packet Data Unit тип, както и изчакване за добавяне на Slave устройство и проследяване на състоянието му. При отчитане симулация на обмен на пакети между устройствата в BLE мрежата, ядрото се обръща към модул за проследяване на генерирания трафик.

Симулационната среда предоставя възможност за визуализиране на PDU за различни BLE пакети, както и анализиране на допълнителна информация към тях. Визуализацията на пакетите се базира на публикуваните BLE стандарти. Симулаторът предоставя възможност за разглеждане на PDU на пакетите ADV_IND / ADV_NONCONN_IND, CONNECT_IND, LL Data и LL_TERMINATE_IND.

Тази статия представя възможността за визуализиране на няколко различни PDU при Bluetooth Low Energy технология на разработения симулационен продукт. Той позволява получаване на информация от предаваните пакети между устройствата в BLE мрежа без да се налага закупуване на хардуер за изграждане на мрежата и наблюдаване на предавания трафик. Наличната функционалност позволява симулиране на основните аспекти, свързани с работата на BLE технологията. Това от своя страна дава повод за твърдение, че продуктът е подходящ за използване по време на обучение в присъствена и отдалечена форма.

Г.8.12. Хъкъ, А. СРАВНЕНИЕ НА СИМУЛАТОРИ ЗА 4G ТЕХНОЛОГИИТЕ - WiMAX И LTE. //Компютърни науки и технологии, година XIX, брой 1, 2021, pp:15-22, ISSN 1312-3335

В световен мащаб пазарът на телекомуникационни технологии се ориентира основно към 4G и 5G, заради високата скорост и ниската латентност, които могат да осигурят. През последните години все по-широко се проучват, тестват и комерсиализират 5G технологиите основно в САЩ, Русия, Австралия, страни от Европа и Азия. Този процес се случва сравнително по-бавно заради по-малкия брой потребителски устройства поддържащи 5G, както и заради заетите честоти за тези технологии от военните. Така 4G технологиите все още заемат водещо място в световния пазар.

Основните 4G технологии са LTE, WiMAX и HSPA+, като основно се използва LTE. Внедряването и използването на такива технологии изисква предварителното им изследване, което може да се реализира със симулационни продукти.

В настоящата статия се представя сравнение между разработените от автора симулационни продукти за WiMAX и LTE технологии за 4G мрежи.

Разработените симулационни продукти позволяват изследване влиянието на алгоритми за приоритизиране на трафика върху параметрите Throughput, Delay, PDR и PLR, от които зависи QoS.

Изследването на алгоритми за приоритизиране на трафика в реална мрежа не е рентабилно защото се налага инвестиране на средства за закупуване, монтиране, конфигуриране и поддръжка на оборудването. Алтернативен подход за изследване на алгоритми за приоритизиране на трафика са симулационните продукти. Те предоставят възможност на потребителя да симулира различни сценарии в клетъчната мрежа, за които може да се изследва влиянието на внедрените алгоритми и механизми върху QoS. Освен това когато симулаторите са с отворен код инвестирането на финансови средства за използването им отпада, а също така се осигурява възможност за модификация на кода за изследване на други аспекти от съответната технология. Друга важна характеристика на симулаторите е, че осигуряват среда за самостоятелна работа, което е приложимо в обучението, особено в онлайн среда. От друга страна симулаторите предоставят единствено резултати които отразяват тенденцията на работа на конкретен алгоритъм или механизъм, както и прогнозни резултати за влиянието им върху QoS.

Представените симулатори за WiMAX и LTE клетъчни мрежи са сравнени на база критерии за реализиране на сравнителен анализ на симулатори на LTE клетъчни мрежи, предложени в предходно проучване. Тъй като WiMAX, както LTE е технология за клетъчни мрежи тези критерии може да се приложат успешно за сравнение на симулаторите в тази област, както и за сравнение между симулатори на двете технологии. Предложените критерии са специфицирани за LTE технология и за целите на текущото проучване част от тях са модифицирани. Тъй като използваните критерии са разнотипни, за реализиране на сравнението между симулаторите и преодоляване субективността на автора при оценяване обекта на сравнение, се прилага методът с изчисляване на комплексни оценки.

Комплексните оценки на двата симулатора показват, че предоставят приблизително еднакви средства за изследване на 4G мрежи. От резултатите по отношение на разгледаните критерии за извършване на сравнението става ясно, че симулаторите са подходящи за обучение, тъй като са с отворен код, осигуряват лесен потребителски интерфейс, позволяват симулиране основната функционалност на стандартите и дават възможност за изследване влиянието на внедрените алгоритми за приоритизиране на трафика върху параметрите Throughput, Delay, PDR и PLR влияещи на QoS.

- Г.8.13. **Хъкъ, А.**, Йорданов, Й. СИМУЛАЦИОННА СРЕДА ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА BLUETOOTH LOW ENERGY ТЕХНОЛОГИЯ. //Сборник доклади международна научна конференция УНИТЕХ 2021, Габрово, 19-20 ноември 2021, pp:213-218, ISSN: 2603-378X

Социалната изолация предизвикана от кризата с коронавирус през последните 18 месеца доведе до възникването на различни предизвикателства пред дейностите, които обикновено се извършват присъствено. Особени трудности възникнаха при провеждане на образователния процес, свързани с преминаването от присъствена

към отдалечена форма, като проблеми с комуникацията, невъзможност за работа с физически устройства и извършване на индивидуални задачи, и др. Симулаторите осигуряват възможност за инсталиране на отделна машина, както и индивидуална работа, при изучаване на стандарти, алгоритми или механизми на конкретна технология. Този доклад представя симулационна среда за изучаване на Bluetooth Low Energy (BLE) технология за целите на обучението.

Технологията BLE е въведена в Bluetooth стандарта във версия 4.0 и е известна в приложения, при които консумацията на енергия е от решаващо значение и данните за пренос са с малки количества. Тя се използва основно при фитнес устройства за следене на здравословно състояние, „умна“ система за осветление, система за локализиране в реално време, сензорни мрежи и приложения за навигация в домашна среда. Технологията предоставя атрибутите: простота, ниска мощност, силен комуникационен сигнал, работа в реално време, съвместимост и др.

Основните процеси по работа на BLE технологията, както и при изпращане на рекламни съобщения, изграждане на връзки и прекратяването им, които се базират на стандарта са внедрени в разработената симулационна среда в катедра Компютърни науки и технологии при Технически университет – Варна. Симулаторът е разработен с технологиите Java, Apache Maven, JavaFX & Scene Builder и Launch4j. Той има модулна архитектура и при стартиране на приложението започва изпълнение на основната функционалност на ядрото, която е добавяне на Master устройството и реализиране на неговата програмна логика за обработка на пристигащите пакети и съответния им Packet Data Unit тип, както и изчакване за добавяне на Slave устройство и проследяване на състоянието му (Standby, Advertising или Connected). Обработената информация през различните модули се визуализира чрез изградения графичен интерфейс. Главният прозорец на програмата се визуализира при стартирането ѝ. В него са разположени меню лентата и лента за табове, като всеки таб изобразява различна функционалност на програмата.

Този доклад представя симулационен продукт за BLE технология. Разработеният симулатор позволява изучаване на различни аспекти, свързани с работата на BLE стандарта, без да е необходимо наличието на физически устройства. Предоставената функционалност показва, че симулаторът може да се използва за представяне на акцентите от комуникацията между главно и подчинено устройство, дава възможност за извеждане на статистическа информация за времето, в което крайните устройства са били в определено състояние, както и изследване съдържанието на фреймовете, предавани между комуникиращите устройства. Възможностите, които предоставя разработеният симулационен продукт дават повод за твърдение, че е подходящ за използване в обучението както при присъствена, така и при онлайн форма.

Г.8.14. Yordanov, Y. and **Haka A.** Bluetooth Low Energy Technology Simulators. //The Journal of CIEES - Communications, Informacion, Electronic & Energy Systems, Year 2022, Volume 2, Issue 1, July 2022, pp: 7-11, Print ISSN: 2738-7283, Online ISSN: 2738-7291, DOI: 10.48149/jciees.2022.2.1

Internet of Things (IoT) технологиите навлизат все по-широко в съвременното ежедневие, което води до нарастващото им разпространение в световен мащаб. Сред най-разпространените IoT технологии е Bluetooth Low Energy (BLE). Широкото използване на BLE технологията изисква предлагане и проучване на решения за подобряване на нейната производителност. Симулаторите са подходящ инструмент за изследване на теоретични подобрения на стандарта. Реализациите на приложения за симулиране на работата на устройства с BLE технология са ограничени и повечето са разработени като емулятори.

Симулационните продукти осигуряват среда за изследване и проучване на основните функционалности на разглежданата технология, а предоставените възможности обикновено се основават на съществуващи стандарти. Това позволява симулаторите да се използват активно при изучаването на нови теоретични решения за подобряване на разглежданата технология. Опростената възможност за работа с предоставения интерфейс, както и възможността за модификации на решения с отворен код прави симулаторите атрактивен инструмент с широко приложение в обучението. Възможността симулаторите да се използват на лични машини от обучаемите позволява работа както на място, така и отдалечено. В допълнение, проблемите, разгледани по време на занятието, могат да се упражняват по всяко време.

Тази статия представя няколко симулационни продукта, които изследват основната функционалност на BLE технологията, както и техните предимства и недостатъци.

Въз основа на направеното проучване най-често срещаните и използвани симулатори са MATLAB, BLE Peripheral Simulator и BLE Simulator на Mikhaylov. Представени са основните предимства и недостатъци на разглежданите решения.

С цел преодоляване на някои от недостатъците на съществуващите решения за симулиране на BLE технология към симулационния продукт, разработен от авторите, са внедрени разширения на функционалността. Продуктът е разработен в катедра "Компютърни науки и техника" на Технически университет - Варна, България. Разширенията се изразяват в предоставяне на възможност за изследване на измерените RSS и RSSI стойности на получения сигнал.

Разработеният от авторите продукт за симулиране на BLE технология предоставя лесен за използване потребителски интерфейс за изучаване на основните функционалности на стандарта. За разработването на средата са използвани технологиите Java, Apache Maven, JavaFX & Scene Builder и Launch4j. Има модулна архитектура и работата на всички процеси се контролира от ядрото на приложението. Приложението е с отворен код, безплатно за използване и не изисква инсталация.

Функционалностите на средата включват: добавяне на Master и Slave устройство, с възможност за избор и промяна на параметрите на Slave; визуализация на топологията на свързване в мрежата, както и нейната модификация; проучване на

използваните комуникационни канали; проследяване на провежданата комуникация и предаваната информация между устройствата; представяне на статистическа информация за крайни устройства; визуално представяне на съобщенията, обменяни между Master и Slave при установяване на връзка за предаване на данни и нейното прекъсване. Продуктът дава възможност за изследване на измерените RSS и RSSI стойности на получения сигнал. Представените симулатори са сравнени по примера на други изследователи, използвайки множество от критерии за сравняване на симулатори за безжични мрежи за IoT. Получените резултати показват, че разработеният симулационен продукт не отстъпва по качество и възможности на съществуващите.

Г.8.15. **Хъкь, А.**, Съвременни изчислителни модели за технологии за Интернет на обектите. //Компютърни науки и технологии, 2022, pp: 14-24, година XX, брой 2, ISSN: 1312-3335

Съвременните информационни и комуникационни технологии се развиват с изключително бързи темпове. Една от активно развиващите се области на тези технологии са комуникационните инфраструктури, базирани на 4G и 5G, както и тези от ново поколение 6G. Наред с тях се разраства използването и на технологиите за Интернет на обектите (Internet of Things - IoT). Тези технологии заемат място в много области от съвременния живот, а целта им е подобряване на функциите и обслужването в тези области. За подобряване работата, отказоустойчивостта, сигурността и бързодействието на технологиите в тази област се използват различни изчислителни модели, целящи подобряване на качеството на обслужване и потребителското изживяване. Три са основните изчислителни модели, които се използват в работата с технологии за Интернет на обектите – Cloud Computing, Edge Computing и Fog Computing.

В тази статия се разглеждат основните три изчислителни модела, използвани при работата с технологии за Интернет на обектите. Представени са техните особености, архитектури и ползи. Представени са разликите между трите модела с цел определяне на най-подходящия за работа с технологии за Интернет на обектите.

Моделът Cloud Computing представлява технология, която позволява на потребителите да имат достъп или да получават различни услуги от различни части на света през Интернет. Облачните изчисления не са само специфична технология, а голяма форма от няколко специализирани технологии, известни като облачни бизнес модели. Облачните изчисления са процес на предоставяне на всякакъв вид онлайн услуга на потребителя чрез Интернет. Облачните изчисления са пространство, където може да се съхраняват и използват данни, а също така представлява пространството, от което е с малка вероятност данните да бъдат загубени, изтрети или повредени. Има 4 типа модели за внедряване на облачни изчисления: публичен, частен, хибриден и за общност. Архитектурата на облачните изчисления се състои от два основни компонента – Frontend и Backend. Моделът Edge Computing измества изчислителните ресурси от изчислителните центрове (Data Centers) и облачните структури (Cloud) по-близо до крайните устройства. Целта на този модел е поддържане на по-ниски изисквания за

латентност, с възможност за по-ефективно обработване на данните, за спестяване на мрежови разходи. Интернет на обектите е специфичен пример, при който може да се приложи този модел, заради огромния трафик който се генерира от милиардите устройства, внедрявани всяка година. Когато данните се обработват в област, по-близка до крайните устройства вместо в облачна структура, разходите за пренос се редуцират. Възможните печалби от модела Edge Computing включват приходи от всеки, който се възползва от по-висока скорост на данните и изчислителната мощност осигурена по-близо до крайния потребител. Разликата между Edge и Fog Computing е, че Fog Computing описва децентрализацията на изчислителната инфраструктура или извеждането на облачната структура по-близо до крайния потребител. Съществуват различни типове Edge Computing технологии като Fog Computing, Edge Computing, Микроцентрове за данни, Малки облачни структури, Звена за спешно реагиране. Архитектурата на Edge Computing се представя абстрактно на няколко нива – ниво на облачни структури (Cloud), ниво на даннови центрове (Edge Datacenters), ниво на съседни възли (Neighborhood Edge Nodes), ниво на междинни възли (Roadside Edge Nodes), ниво на точки за достъп (Edge Gateways), ниво на крайни устройства (Edge Devices).

Терминът „Fog Computing“ е въведен от Cisco Systems като нов модел за улесняване на безжичния трансфер на данни към разпределени устройства в мрежата за Интернет на обектите. Устройствата в тези мрежи генерират огромно количество данни, които трябва да бъдат обработени и анализирани. Такава обработка изисква много ресурси (процесорна мощ, памет, хранване и др.), а те при крайните устройства са често ограничени. Това изисква прехвърляне на изчислителните задачи от крайните устройства към други, по-мощни устройства. С цел преодоляване слабостите на облачните структури се въвежда междинен слой между крайните устройства и облачните структури, известен като Fog Computing. В този среден слой се разполагат устройства с по-голяма изчислителна мощ, известни като „възли в мъглата“. Тези възли представляват изчислителни ресурси, разположени по географски разпределен начин, близо до крайните устройства. Крайните устройства от своя страна прехвърлят изчислителните задачи към възлите в мъглата, вместо към облачната структура. Въпреки това използването на децентрализирани възли в мъглата за разговарване води до значително забавяне, но също така и смекчава проблема с тесните места при комуникация с облачна структура. Възлите в мъглата може да се разглеждат като малки центрове за данни близо до потребителската мрежа. Архитектурата на Fog Computing се представя абстрактно на няколко нива – ниво на облачни структури (Cloud), ниво на възли в мъглата (Fog Nodes) и ниво на крайни устройства (End Nodes).

Представени са особеностите, архитектурите, ползите и разликите между трите модела. Въз основа на описаните разлики се вижда, че най-подходящият модел за работа с технологии за Интернет на обектите е Fog Computing. Той осигурява голям изчислителен капацитет, голям размер на пространството за съхранение, ниска латентност, лесна мобилност и не натоварва крайните устройства с допълнителни изчисления.

Г.8.16. Динев, Д., Илиева, Б., Хъкъ, А., Z-WAVE - РЕШЕНИЕ ЗА ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВАТА НА ДОМАШНАТА АВТОМАТИЗАЦИЯ. //Компютърни науки и технологии, 2022, pp: 43-48, година XX, брой 2, ISSN: 1312-3335

Z-Wave е международен стандарт за безжична домашна автоматизация. Домашната автоматизация позволява да се свържат всички функции, свързани с електричеството, като светлина, отопление, готвене, охлаждане, сигурност и т.н., и да се приложи автоматизация на тези функции. Домашната автоматизация също помага за пестене на енергия и други ресурси. Взаимното свързване на всички тези функции може да се осъществи с помощта на кабели или безжична технология. Кабелните решения са много надеждни, но изискват правилно планиране на кабелите и устройствата по време на изграждането на дома и инсталирането на всички комунални услуги. За преоборудване или частични решения кабелната система за домашна автоматизация не е приложима. Тук влизат в действие безжичните решения.

За да се определи добра безжична технология за домашна автоматизация, трябва да се вземе предвид списък с изисквания като надеждност и сигурност на комуникацията, затихване на радио излъчването, лесна употреба, защита на инвестицията, оперативна съвместимост. Технологията Z-Wave е ключът към пълен контрол за домашните системи за сигурност с ниска консумация на енергия и минимален шум. В тази статия е представена безжичната технологията Z-WAVE като решение за предизвикателствата на домашната автоматизация.

Технологията Z-Wave работи чрез дистанционно управление и използва радио вълни с ниска мощност. Неговата мрежа покрива всички зони на дома, като радио вълните преминават лесно през стени, подове и мебели. Има два основни типа устройства, дефинирани в протокола Z-Wave: контролери и подчинени устройства. Контролерите могат да инициират предаване, както и да държат всички интелигентни устройства, свързани с мрежовите маршрути. От друга страна, подчинените устройства са само крайни устройства с функционалност входно – изходен тип с общо предназначение, които „сляпо“ изпълняват заявките на контролера. Това е така и за препредаването на съобщения: в приетия пакет контролерът инструктира конкретно устройство дали съобщението трябва да бъде препредадено или не. Контролерите се диференцират допълнително в зависимост от тяхната функционалност в мрежата. Основните видове са преносими и статични контролери.

Преносимите контролери могат свободно да променят местоположението си в мрежата. Те имат способността да откриват и преоткриват своята позиция в мрежата чрез изпращане на ping до околните възли. Обикновено преносимите контролери са устройства, управлявани от батерии, които се използват от потребителя за изпращане на команди към мрежата.

Статичните контролери поемат фиксирана позиция в мрежата и се хранят от главната линия. Те винаги са в режим на слушане, следователно други устройства могат да комуникират с тях по всяко време. В по-сложна мрежа статичен контролер може да разшири своята функционалност и да стане устройство за съхранение на най-новата мрежова конфигурация, наречена Static Update

Controller (SUC). Статичният контролер може дори да стане основен контролер в мрежата и да използва преносими контролери като прокси, за да включи и изключи други възли.

Подчинените устройства имат много по – проста функционалност от контролерите. Те не могат да инициират предаване, освен ако не отговорят на искането на контролера. Следователно, за да се получи информация от редовно подчинено устройство, контролерът трябва да проверява състоянието на устройството през периодични интервали.

Z-Wave са устройства за интелигентни домове. Благодарение на голямото разнообразие от поддържани продукти за интелигентен дом, Z-Wave предлага много възможности за собствениците на жилища. По този начин може да се персонализира интелигентния дом, за да отговори на точните нужди на потребителя. Има приложения като „интелигентното“ осветление, „умни“ щепсели, сензори и брави. Предимствата на този протокол за безжична комуникация са лесно внедряване, неподатлив на смущения, по-голямо мрежово покритие, енергийна ефективност, оперативна съвместимост. Недостатъци на този протокол за безжична комуникация са: не е подходящ за стрийминг и предаване на голямо количество данни, ограничен брой възли (до 232), увеличаване на разходите за внедряване при разширяване на мрежовото покритие, проблеми със сигурността, няма ресурси с отворен код.

В тази статия е представена технологията Z-Wave, нейните специфики, устройства които се използват, предимства и недостатъци. От направеното изследване и представените предимствата на разглежданата технология може да се твърди, че Z-Wave е добро решение за предизвикателствата на домашната автоматизация.

Г.8.17. Динев, Д., Хъкь, А. LORA И ZIGBEE СЕНЗОРНА МРЕЖОВА СИСТЕМА ЗА СЪХРАНЕНИЕ НА ДАННИ. //Сборник доклади международна научна конференция УНИТЕХ 2022, Габрово, 18-19 ноември 2022, pp: I-312 - I-317 , ISSN: 1313-230X

Разрастващото се използване и развитие на съвременните информационни и комуникационни технологии увеличава дела на използваните мрежи за домашна автоматизация, следене параметрите на околната среда, умен град и др. Тези съвременни приложения в ежедневието осигуряват разпространението на технологиите за Интернет на обектите (Internet of Things). Широк дял в областта на Интернет на обектите заема използването на различни технологии за безжични сензорни мрежи. Тези технологии позволяват бързо и лесно изграждане на мрежа без необходимост от жично свързване между крайните компоненти. За осигуряване на ефективен контрол и управление на сензорната мрежа е необходима система за следене и съхранение на данни, която позволява изследване на прихванати данни в реално време и анализирането на такива от предходни събития, както и генериране на сигнали и съобщения за предупреждение при настъпило определено събитие.

В този доклад са представени предложения на системи за съхранение на данни и възможностите на разработените за тях веб интерфейси за технологиите LoRa и

ZigBee за безжични сензорни мрежи, които са реализирани в катедра „Компютърни науки и технологии“ на факултет по изчислителна техника и автоматизация при Технически университет - Варна.

Частта от системата реализираща съхранението на данни от LoRa и ZigBee безжични сензорни мрежи се състои от MQTT сървър (MQTT Broker) и MongoDB база от данни. Визуализирането на данните в реално време и такива съхранени в базата данни се реализира през разработеният веб интерфейс, който е достъпен през включения веб сървър. Абонирането към теми, прихващането на данни и съхраняването им в базата данни се извършва чрез Python скриптове.

Сензорната мрежа LoRa се състои от Dragino LG01-S LoRa IoT Gateway и Dragino LoRa Shield с Arduino UNO. Сензорната ZigBee мрежа се състои от ZigBee координатор, реализиран със софтуер ZigBee2MQTT на Windows машина, TI CC2531ЕМК приемопредавател и крайни сензорни възли на фирмата Sonoff.

Веб интерфейсът за визуализация на данните е разработен с помощта на PHP, JavaScript HTML. Сървърната система за управление на базата от данни е реализирана на MongoDB. Разработеният LoRa веб интерфейс осигурява подходяща визуализация на съхранената информация и извеждане на статистически извадки на базата на индивидуалните характеристики и времеви сегменти на работа, както и създаване на модел за работа на устройствата в изследваната среда. Интерфейсът позволява визуализация на избраната стойност за параметър на околната среда според зададения от потребителя времеви интервал. Той също така предоставя възможност за задаване на прагова стойност. Настроен е и пощенски сървър, изпращащ съобщения до e-mail на потребителя при преминаване на зададени прагови стойности.

Разработеният ZigBee веб интерфейс позволява показване на статистики и графики за различните параметри на околната среда, следени от сензора, както и създаване на модел на работата на устройствата в изследваната среда. Интерфейсът позволява на потребителя да избере типа параметър на околната среда, за който се представя графиката за промяна на стойността. След като се избере параметър за генериране на графика, е възможно да се избере сензор от падащо меню, чиито измервания да бъдат представени. В допълнение, потребителят на системата има възможност да въведе прагова стойност за разглеждания параметър. При работа с параметрите температура, влажност и ниво на батерията превишаването на зададения праг води до генериране на уведомително съобщение за събитието.

Предложените системи предоставят добра възможност за проучване на работата и опциите за конфигуриране на LoRa и ZigBee безжичните сензорни мрежи. Те имат връзка с предмети, свързани с изучаване на бази данни, програмиране и използване на протокола MQTT. Това дава възможност на студентите да затвърдят знанията си по съответните предмети и да получат допълнителни.

Г.8.18. **Айдын М. Хъкь**, Мариета М. Йорданова, МЕТОДИ ЗА ЗАЩИТА НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ. //Компютърни науки и технологии, 2023 (Под печат)

В съвременното ежедневие все по-широко навлизат различни комуникационни и информационни технологии свързани с Big Data, Blockchain, Internet of Things, автоматизация в различни области и др. Целта на комуникационните и информационните технологии е осигуряване на високоскоростна, надеждна и безотказна среда за предаване на данни между свързаните устройства на големи разстояния.

Автомобилната индустрия е една от областите, в които съвременните комуникационни технологии се използват за бързо, сигурно и надеждно предаване на данни, осигуряващи безопасното превозване. Те намират най-голямо приложение в електрически превозни средства като леки и товарни автомобили, железопътни транспортни средства и др. Развитието на изкуствения интелект дава възможност за навлизането и усъвършенстването на способности за движение с ограничена човешка намеса на съвременните превозни средства.

Автономното шофиране представлява приложение с висок риск, при което неизправностите и кибератаките могат да причинят проблеми с безопасността. Автономните превозни средства са кибер-физически системи, работещи в особено предизвикателни среди. Те са оборудвани с усъвършенствани системи за възприемане и планиране, способни да разпознават пътна маркировка, участници в движението, обекти и да предприемат необходимите действия. Тези възможности разчитат на сложни цифрови системи и софтуер, защитаван от технологии с изкуствен интелект, като машинното обучение и дълбокото обучение, имат основна роля.

Машинното обучение (Machine Learning) е ядрото на изкуствения интелект, което капсулира контролирано (Supervised Learning), неконтролирано (Unsupervised Learning) обучение и обучение с подсилване (Reinforcement Learning). Дълбокото обучение (Deep Learning) от друга страна е комплекс от всички технологии за обучение.

Автономните превозни средства предоставят нови възможности за хакери и злонамерени участници да реализират различни успешни кибератаки, които могат да доведат до катастрофални инциденти и да причинят големи проблеми с безопасността. Основните мотиви на тези атаки са да се получи отдалечен контрол над автономното превозно средство, да се открадне важна и поверителна информация, която може да се използва за стартиране на допълнителни атаки или да се прекъсне работата му чрез повреждане на важни компоненти и направят режима на автономно шофиране недостъпен. Атаките насочени към автономните превозни средства са различни, като едни от най-често срещаните са: атаки, базирани на манипулация на данните; атаки за компрометиране на идентичност; атаки, базирани на услуги; софтуерно базирани атаки.

Изкуственият интелект играе важна роля при осигуряване на защита при автономните превозни средства. Смята се, че все още изкуственият интелект е далеч от „вродено“ безопасен такъв. Затова изследванията се фокусират върху

практически решения за машинно обучение с различни стратегии за безопасност като: безопасен отказ (Safe Fail) и безопасни граници (Safety Margins).

С нарастващото навлизане на алгоритми с изкуствен интелект в съвременните превозни средства, нараства и нуждата от регулации за разработване на системи с изкуствен интелект. През април 2021г. Европейската комисия въвежда първата по рода си правна наредба относно изкуствения интелект за намаляване на опасностите от „високорискови“ приложения с изкуствен интелект.

В тази статия е представено приложение на изкуствения интелект в областта на автономните превозни средства. Разгледани са нивата на автономност, методите за обучение, уязвимостите и заплахите, както и защитата на автономните превозни средства с изкуствен интелект. Навлизането на изкуствения интелект в съвременния свят предизвиква затруднения, свързани със сигурността и поверителността на данните. Въпреки това множество изследвания представят различни подходи и методи за реализиране на защита от кибератаки, които се базират на възможностите на изкуствения интелект. Публикуваните стандарти и разпоредби, свързани с изкуствения интелект и неговата сигурност, внасят регулации за работата му и са предпоставка, че тези технологии се внедряват активно през последните години и тази тенденция ще продължи в бъдеще.