

СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ В БЪЛГАРИЯ - ПЛОВДИВ



**Научни трудове
на**



**Съюза на учените
Пловдив**

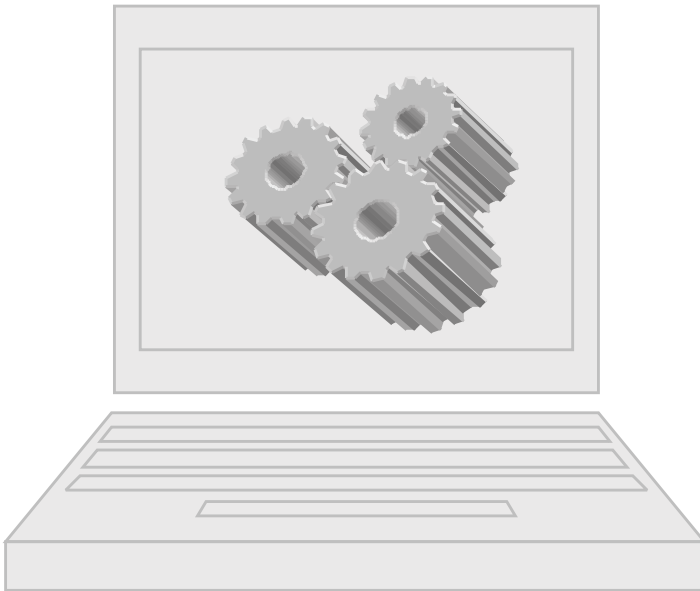


**Серия В. Техника и технологии,
том. XIX**

**2021г.
Пловдив**

ISSN 1311 - 9419 (Print)
ISSN 2534 - 9384 (Online)

**НАУЧНИ ТРУДОВЕ
НА СЪЮЗА НА УЧЕНИТЕ В БЪЛГАРИЯ - ПЛОВДИВ**



2021

ПЛОВДИВ

СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ В БЪЛГАРИЯ – ПЛОВДИВ

**Научни трудове на Съюза на учените
в България – Пловдив**

**Серия В. Техника и технологии,
том XIX**

2021

Дом на учените, Пловдив

UNION OF SCIENTISTS IN BULGARIA – PLOVDIV

**Scientific Works of the Union of Scientists
in Bulgaria - Plovdiv**

Series C. Technics and Technologies, Vol. XIX

2021

House of Scientists, Plovdiv

РАЗРАБОТВАНЕ НА ФУНКЦИОНАЛНА СТРУКТУРА НА КОМПЮТЪРНА SMART СЕНЗОРНА СИСТЕМА ЗА ХРАНИ

Красимир Колев, Росица Максимова

Университет по хранителни технологии – Пловдив

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL STRUCTURE OF A COMPUTER SMART SENSOR SYSTEM FOR FOOD

Krassimir Kolev, Rositsa Maksimova

University of Food Technologies – Plovdiv

Abstract: Determining more quality characteristics of food requires fetching and processing information from several sensors. The publication presents an authentic author's approach for developing a functional structure of a computer system for food quality evaluation. A model of a computer system based on modern modules and technical means with adaptation of structures from the Internet of Things has been synthesized. A structural diagram of the proposed system is given. The principle of operation is explained. The computer system is synthesized based on microcontrollers using LoRa and Zigbee connectivity modules. A functional and price analysis of the proposed computer system has been made.

Въведение

Компютърните smart сензорни системи се развиват с бързи темпове през последните години на база на появилите се нови комуникационни протоколи и появата на вградени микропроцесорни системи, позволяващи изнасяне на сензорни модули за изследване на различни природни обекти. Колективи от учени предложиха различни интегрирани системи за организиране на сензорни мрежи за мониторинг на екологични системи, на здравни системи, аграрни системи и др. (Yang, 2014). Въпреки многото различни smart сензорни системи все още се търсят рационални решения за адаптиране на технологията на Интернет на нещата (IoT) за изграждане структури за мониторинг на различни видове храни. Проследяването на качеството се превърна в правен инструмент през 2005 г. в Европа, който се прилага към всички хранителни продукти, които са търгуеми, с цел гарантиране на тяхната безопасност на храните съгласно член 18 от Регламент на ЕС 178/2002. При тези обстоятелства стана задължително да се реализират системи за проследяване, за да се сведе до минимум производството и разпространението на опасни или храни с лошо качество. Освен това новите системи за проследимост на храни трябва да събират обективна машинна информация без участие на човека, за да може да се осъществява превантивен контрол за избягване на инциденти с храни. Авторите предлагат един подход за извличане, прехвърляне, съхраняване и обработка на сензорна информация за храни. Предложената функционална структура може да се изгради чрез различни програмно-технически средства. На база на натрупан опит в областта на използване LoRa и Zigbee е предложено да се интегрират безжични хетерогенни сензорни мрежи, за да се даде възможност на крайни възли от различен комуникационен тип да предоставят актуална информация за мониторинг на различни видове храни. Отчетени са особеностите на отдалеченост на хранителните

обекти от съществуващи мрежови инфраструктури при разработване на функционалната структура.

Материали и методи

Най-важният въпрос в хранителната промишленост е как да се измерят основни параметри (температура, влажност, цвят, pH и др.) в хранителни зони без голяма инвестиция.

Има ли решение да се реализира система за предаване на технологична информация в реално време? Да, това е възможно, като се използват нови технологии за комуникация и изгради сензорна мрежа, предаваща информация за храните в Интернет. Едно сравнение на широко разпространени безжични технологии е дадено в **табл. 1**.

Табл. 1. Основни характеристики на разпространени безжични технологии

Характеристика	ZigBee	LoRa	Wi-Fi
Работна честота	2.4GHz, 868/915MHz	868/915MHz	2.4GHz
Възли на мрежата [max]	65536	65536	32
Време за събуждане	30ms	30ms	3s
Скорост на данни [max]	250Kbps	22Kbps	11Mbps
Топология	star, tree, mesh	star	tree
Начин на разширяване	автоматичен	автоматичен	автоматичен
Обхват	0.2~2.5 km	5-15km	0.1km
Време на батерийно захранване	години	години	часове
Ток в режим на готовност, А	3×10^{-6}	3×10^{-6}	20×10^{-3}
Режим на ниска консумация	поддържа	поддържа	Не поддържа

Технологията ZigBee принадлежи към групата на персоналните безжични мрежи (WPAN) с група стандарти IEEE 802.15, LoRa принадлежи към групата на енергоефективните глобални мрежи тип LPWAN, а Wi-Fi - към локалните безжични мрежи (WLAN) със стандарти IEEE 802.11 (Hanes et al, 2017).

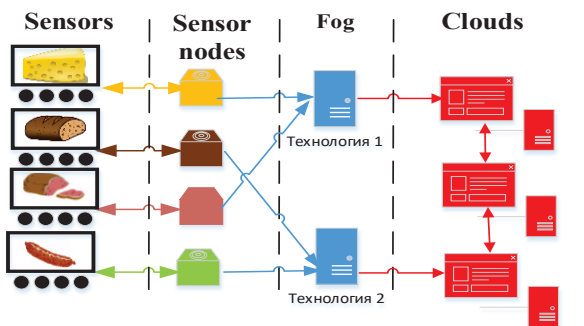
Крайните хостове на сензорните мрежи за храни се състоят от множество сензорни възли, разположени в близост до хранителни продукти, намиращи се в различни териториални локации. Тези сензорни възли трябва да притежават специфична функционалност, а именно:

- да имат възможност за безжична мрежова свързаност по-голяма от 1 км;
- да имат възможност за малка консумация с цел батерийно захранване;
- да снемат и дискредитират съответните технологични сигнали, описващи състоянието на хранителните продукти;
- да имат възможност за локално буфериране на получените данни;
- да имат възможност за измерване параметрите на съхраняващата среда;
- да имат ниска цена;
- да имат малки размери за интеграция във всякакви хранителни продукти.

От представените технологии най-подходящи до момента за реализиране на активна система за проследяемост на храни са ZigBee IEEE 802.15.4 и LoRa. Тези технологии поддържат голям брой устройства, устройствата имат ниска консумация на енергия и са подходящи за батерийно захранване, най-голям обхват от предлаганите технологии, малко време на преминаване в активен режим и възможност за изграждане на разширяеми мрежи. На пръв поглед по-ниската скорост за предаване на данни спрямо Wi-Fi не е недостатък, тъй като сензорните мрежи не предават големи блокове от данни и мултимедийно съдържание, а технологични данни (обикновено температура, влажност, налягане), които не изискват големи скорости за предаване. Безжичните мрежови възли на база на мобилните 3G/4G/5G мрежи също не са подходящи за масово използване за проследимост на храни поради

високата цена на хардуера, месечен план на мрежова поддръжка и висока енергийна неефективност.

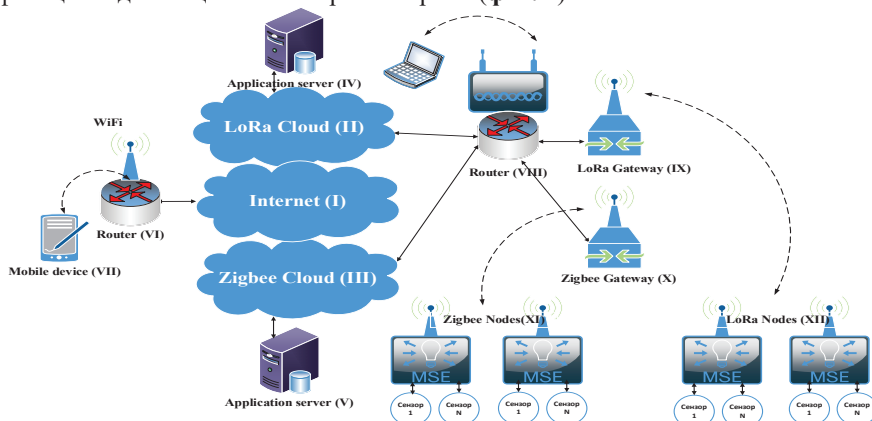
Един подход за изграждане на функционална структура за сензорна система е да се адаптира йерархичния модел на мрежова инфраструктура Edge/Fog Computing (Oma et al, 2018) за обработка на данни (фиг. 1), като се отчитат възможностите на съвременните вградени микропроцесорни системи за изграждане на отделни информационни канали.



Фиг. 1 Йерархичен модел на мрежова инфраструктура

Резултати и обсъждане

На база на предложената мрежова инфраструктура е разработена функционална структура на компютърна smart сензорна система за храни посредством интегриране на вградени микропроцесорни модули за изграждане на инфраструктура за проследимост, идентификация и дистанционен контрол на храни (фиг. 2).



Фиг. 2 Функционална структура на компютърна smart сензорна система за храни

Основните елементи в предложената структура са разделени по групи облаци (LoRa II, Zigbee III, заемащи различни области от Internet I), маршрутизатори (router VI, VIII), шлюзове (gateway IX, X), крайни устройства (nodes XI, XII) и сензори.

За хардуерната реализация са избрани съвременни модули. За маршрутизатори са избрани тип Cisco RV340W, за LoRa шлюз LAIRD RG186 (поддържа Wi-Fi/Bluetooth/Ethernet), за Zigbee шлюз CC2531EM-IOT-HOME-GATEWAY или Raspberry Pi3+CC2530, крайни възли B-L072Z-LRWAN1 и LAIRD 455-0002, CC2530+CC2591. Сензорните модули към хранителните продукти са тип интегрален за даден вид параметър. Входящият интерфейс на крайните възли поддържа цифрови и аналогови сензорни входове, така че сензорите могат да бъдат с различни изходни интерфейсни сигнали. Изборът на сензор за мониторинг на червени вина може да е:

- за температура: LM35D (аналогов изход) или DS18B20 (цифров изход);

- за цвят: TCS34725;
- комбиниран за температура, влажност и налягане: BME280;
- за киселинност pH: MA920;

Един от основните проблеми е как да се преминат границите на защитните стени. За тази цел използваме брокер на съобщения посредством протокол за телеметрична транспортна опашка (MQTT).

Предложената функционална структура е в състояние да изпълнява интелигентни функции (като наблюдение на определен обект, събиране и анализ на данни за храни и др.)

Интелигентността се дължи основно на две основни характеристики на системата:

- контекстно събиране по избор. По заявка на потребителя се събират специфични физични параметри и се изобразяват в подходяща форма.

- анализ на данни и изобразяване в подходяща форма за даден продукт.

Поради тези особености предложената система ще е по-ефективна от традиционните информационни услуги за храни посредством само на етикетиране на продукти. Приложенията за услуги могат да работят в облак от изчислителна инфраструктура и да бъдат внедрени чрез мобилно устройство, за да могат да си взаимодействат с потребителя, както е показано в наша публикация за LoRaWINE Application (**Maksimova et al, 2020**) посредством интеграции за изпращане и получаване на данни по HTTP протокол; публикуване на данни за връзка към брокери за обмен на данни в реално време; интеграции за съхранение на постоянни данни в бази данни за няколко дни, извличане на данните, използване на API, наличен през HTTPS и обслужване в JSON формат; обобщаване и анализ на потоци от данни на живо и др.

Функционалните възможности на разработената структура на компютърна smart сензорна система за храни се определят от съвместната работа на всички компоненти – сензори, крайни възли, шлюзове (gateways) и системен и приложен софтуер. Цената на отделните възли за многократна употреба на предложената система при четири различни типови сензори (температура и влажност, цвят, pH, налягане) не надвишава 200 EUR. Цената на шлюзовете, ако се използва архитектура с отворен код, не надвишава 300 EUR.

Заклучение

Разработването на функционална структура на компютърна smart сензорна система за храни спомага да се усъвършенстват методите за получаване на обективна информация от хетерогенни сензорни мрежи. Приносът от това предложение е, че на негова база могат да се подберат подходящи технически средства на устройства, работещи за различни хранителни продукти, притежаващи разнообразни характеристики за качество при различни параметри на обкръжаващата среда. При разработването на функционална структура на компютърна smart сензорна система за храни са избрани новопоявилите се безжични технологии, както и стандарти, насочени по-тясно към облачните технологии за събиране и обработка на данни.

Библиография

1. Hanes D., G. Salgueiro, P. Grossetete, IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things, Cisco Press, 2017.
2. Maksimova R. and K. Kolev, LoRaWAN applications - "Leonardo tasting LoRaWINE" IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 878 012032, 2020.
3. Oma R., S. Nakamura, D. Duolikun, T. Enokido, M. Takizawa, An energy-efficient model for fog computing in the internet of things (IoT). Internet of Things, 1-2, p14-26, Elsevier B.V., 2018.
4. Yang S. H., Wireless Sensor Networks: Principles, Design and Applications, SpringerVerlag, 2014.