

Application of wireless sensor network in precision agriculture

Nadezhda Paskova, Tsvetelina Georgieva, Plamen Daskalov

Приложение на безжични сензорни мрежи в прецизното земеделие

Надежда Паскова, Цветелина Георгиева, Пламен Даскалов

Abstract: *This article presents wireless sensor networks possibilities for application in precision agriculture. This work provides an overview of the various standards for the implementation of wireless sensor networks, topologies, types of sensors, receiver / transmitter modules for communication with a view to their application in precision farming. An analysis of the applicability of different standards for wireless sensor networks according to their basic characteristics and parameters are compared.*

Key words: *Wireless sensor networks, precision agriculture, wireless network topology.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Прецизното земеделие, наричано още земеделие според спецификата на обекта, е нова технология, която позволява на производителите да управляват адекватно обработваемите площи в зависимост от пространствено диференцирана информация [9]. То е иновативен, технологично и информационно базиран, интелигентен подход за идентифициране, анализ и управление на променливите за получаване на рентабилно производство с оптимална продукция и опазване на ресурсите. Прецизното земеделие има голям потенциал в развиването на икономически и екологични ползи, които се изразяват в намаляване на употребата на вода, торове, препарати, труд и оборудване [4]. За това допринася използването на иновативни технологии, позволяващи изграждането на мрежа от интелигентни, миниатюрни, евтини и безжични сензори, която да измерва и следи промените в стойностите на основни качествени параметри.

С напредъка на технологиите, безжичните сензори и безжичните сензорни мрежи намират все по-широко приложение в прецизното земеделие за [1]:

- събиране и обработка на информация за промяна в климата (температура и влажност на въздуха);
- събиране и обработка на информация за добива;
- събиране и обработка на данни за почвата (температура, влажност, електропроводимост, киселинност, наличие на основни химични елементи);
- създаване на система за безжичен мониторинг на обработваема земеделска площ;
- осъществяване на мониторинг на растенията по отношение на необходимите им за растежа вода, торове и др.

Посочените по-горе изисквания са свързани с паралелно и разпределено измерване и обработка на информация, получена от различни сензори.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Безжичните сензорни мрежи (БСМ) могат да се използват като инфраструктура за измерване, мониторинг и управление в прецизното земеделие [7]. Притежават множество предимства - по-достъпни са за потребителите, покриват сравнително широка област поради безжичната комуникация, която реализират, имат малки размери, задоволителен обхват и степен на достоверност на предаваните съобщения [10]. Основните компоненти на БСМ са интелигентни устройства (наречени „възли“), които се използват за събиране на необходимите, за съответния технологичен процес, данни [3]. Те включват един или няколко сензора, приемопредавател и управляващ изчислителен блок.

Безжичните сензорни мрежи изпълняват три основни функции: измерване, обработка на получените данни и комуникация, чрез използване на подходящ хардуер, софтуер и алгоритъм на работа. Изборът на БСМ се основава на основни характеристики като стандарт за реализация, сензори, топология и маршрутизиращи протоколи, консумация на енергия, възможност за хранване на възлите чрез батерия, мобилност на възлите, възможност за разрастване, лесен начин на употреба и др.

В табл. 1 са представени основни стандарти, реализиращи БСМ и са сравнени основните им технически и функционални характеристики.

Таблица.1 Основни технически и функционални характеристики на основни стандарти, реализиращи БСМ

№	Технически и функционални характеристики	Основни стандарти, реализиращи безжични сензорни мрежи		
		ZigBee (IEEE 802.15.4)	Bluetooth (IEEE 802.15.4)	WiFi (IEEE 802.11)
1	Честотна лента	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
2	Обхват	30м –1600м	9м – 90м	30м – 45м
3	Пропускателна способност	250 kbps	1 Mbps	11–54 Mbps
4	Метод за достъп до средата	DSSS, CSMA/CA	FHSS	DSSS/CCK, OFDM
5	Консумирана мощност	30mA	40mA	400mA

От представените в таблицата се вижда, че по отношение на честотната лента и трите стандарта са приложими. Когато обаче размера на предаваните данни е малък, има изисквания за по-ниска консумация и по-голям обхват на действие, то стандарта Zigbee е по-подходящ избор за безжична комуникация в сравнение с Bluetooth (IEEE 802.15.4) и WiFi (IEEE 802.11).

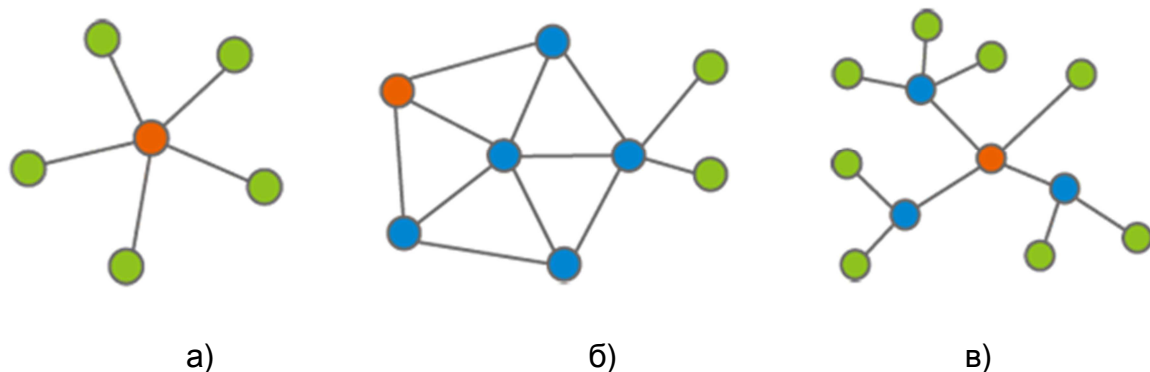
Изборът на сензор се извършва в зависимост от това какъв качествен параметър ще се измерва и наблюдава [6]. Сензорите могат да бъдат за измерване на различни физични величини като температура, влажност на въздуха, инфрачервена светлина, вибрации, налягане, химически сензори и други [1].

В областта на прецизното земеделие основно приложение намират сензори за измерване на основни параметри на почвата (влажност, електропроводимост, pH, качествен и количествен анализ на основни химични елементи и др.) и на климатичните условия (температура и влажност) [1]. Има голямо разнообразие от сензори за почвен анализ като тензометрични датчици, влагомери, сензори за киселинност и електропроводимост, но при реализирането на безжични сензорни мрежи има изискване за съвместимост на изходния сигнал на датчика с входовете на предавателния модул [2]. Подходящи подобни сензори са представени на фиг. 1. Техните изходни сигнали са съвместими с аналогови и/или цифрови входове на предавателния модул.



Фиг.1. Безжични сензори за измерване на основни параметри на почва: а) електропроводимост, б) влажност, в) киселинност.

Друг основен показател за реализиране на БСМ е топологията на свързване на „възлите“ в мрежата. Основната цел за управление на топологията в една безжична сензорна мрежа е да се постигне устойчиво покритие с минимална консумация на енергия [8]. Съществуват три основни топологии: star, mesh и hybrid. Топологията тип "star" е еднотактна (Single-Hop), което означава, че данните от предавателя се прехвърлят в приемника в един такт. Структурата им е от типа "един възел към много възли" (Point-to-Multipoint). Тази топология е приложима основно при стандарта Bluetooth. Основното предимство на тези мрежи е, че имат най-малката постояннотокова консумация от всички БСМ. Mesh топологиите имат предимството да покриват значително по-голяма площ от тези тип "star". Друго предимство е улеснената проверка на функционирането на възли и на мрежата като цяло с помощта на специализиран диагностичен прибор или на компютър. Hybrid топологията представлява комбинация от двата, посочени по-горе, вида и съчетава в едно техните предимства. При тях към всеки маршрутизатор са свързани крайни възли в тип "звезда", а маршрутизаторите и управляващият възел образуват мрежова структура. При това всеки краен възел има връзка с повече от един маршрутизатор, което осигурява търсенето на различни маршрути за данните [5].



Фиг. 2. Топологии на безжични сензорни мрежи:
а) звезда(star), б) смесена(mesh), в) комбинирана (star-mesh).

Все по-често се реализират безжични сензорни мрежи и се използват сензорни възли базирани на платформата Arduino. Изборът на тази микроконтролерна платформа е базиран на следните ѝ основни характеристики:

- относително ниска цена, сравнена с други микроконтролерни платформи;
- възможност за кросплатформена разработка;
- относително проста програмна среда;
- софтуер с отворен код с възможности за разширение с библиотеки на C++;
- хардуер с отворен код с възможности за разширение, позволяващ

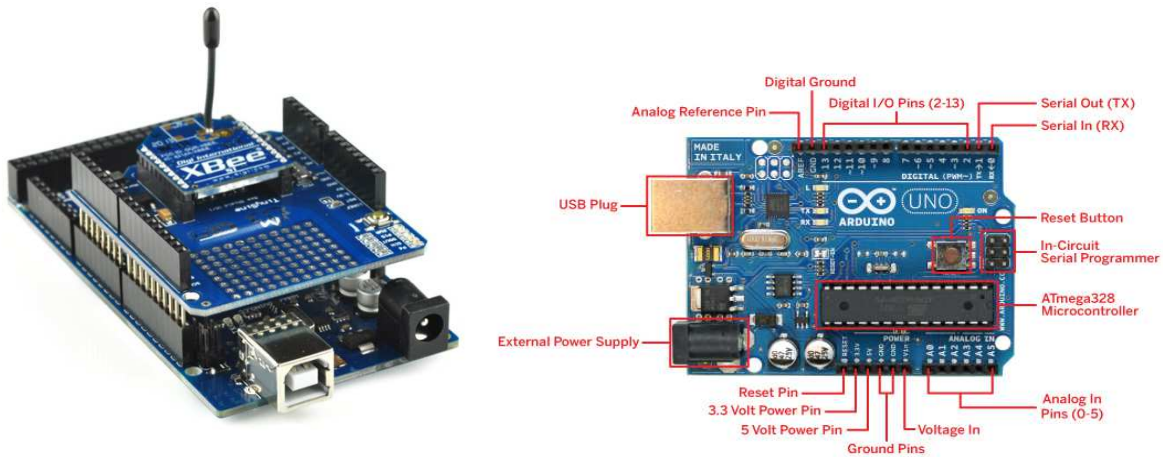
изграждане на собствена версия на модула, разширяване и подобряването му.

Базовата станция (приемащ модул), както и предавателния модул се състоят от следните елементи (фиг. 3.): Ардуино Uno, Arduino Xbee Wireless Proto shield и радио модул XBee 60mW с PCB антена – Серия 1. Тази архитектура предоставя малки физически размери, както и възможност за разширяване на системните възможности чрез добавяне на допълнителни елементи като GPRS модул, GSM модул и други. Модулът е енергоефективен, позволяващ захранване от батерии.

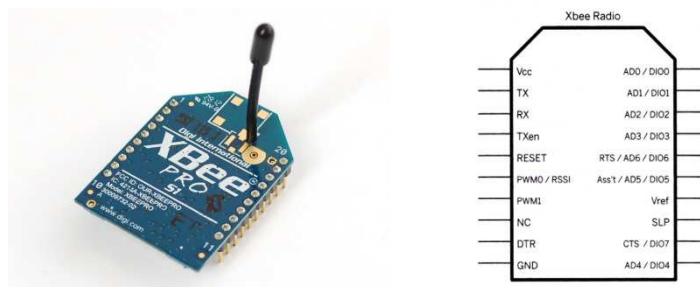
Ардуино Uno е микроконтролерна развойна платка с ATmega328P AVR микроконтролер. Има 14 цифрови входно-изходни (I/O) порта, 6 аналогови входа, 16 MHz кварцов резонатор, четири светодиода (един потребителски, свързан на 13-ти цифров I/O порт и три, които индикират работата на платката: ON, Tx и Rx), USB конектор, захранващ куплунг, бутон за рестартиране и ICSP конектор. Шест от цифровите I/O порта могат да се използват като PWM (ШИМ) изходи. Свързването с

компютър се осъществява чрез USB кабел USB A - USB B. Може да се захранва през USB порта на компютъра или от външен източник, като превключването между различните начини за захранване е автоматично. Външният източник на захранване може да е DC адаптер 7-12V или батерия.

Радио модулът XBee е 2.4GHz модул с антена, който използва 802.15.4 протокола, и се програмира с набор от серийни команди. Този модул прави комуникацията между микроконтролери, компютри и други устройства със серийен порт достъпна. Поддържа мрежи, състоящи се от два или повече модула (фиг. 4.).



Фиг. 3. Базова станция на система



Фиг. 4. Радио модул XBee 60mW с PCB антена - Серия 1 (802.15.4)

Основно XBee приемо-предавателите се разделят според хардуера на: *XBee серия 1* и *XBee серия 2*. Това разделение е най-оптимално от гледна точка на големия брой комбинации от компонентна база, използвано микропрограмно обезпечаване, излъчвана мощност и типа на използваната антена. Модулите от тип Серия 1 XBee са подходящи за системи със сравнително малък размер, за разлика от модулите от Серия 2, които поддържат целия ZigBee протоколен стек. Освен това хардуерът от Серия 2 освен по-добър обхват има и по-ниска консумация.

XBee модулите могат да работят в два режима: *команден* и *прозрачен*. По подразбиране XBee / XBee-PRO модулите, работят в прозрачен режим. В този режим модулите препредават информацията във вида, в който я получат. Когато модулът не може незабавно да изпрати информацията, тя се съхранява в буфер. За промяна или четене на параметрите на модула, той трябва да се приведе в команден режим – състояние, при което постъпващите символи се интерпретират като команди.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е представен обзор на различните стандарти за реализация на безжични сензорни мрежи, топология, видове сензори,

приемо/предавателни модули за комуникация с оглед на приложението им в прецизното земеделие. Направен е анализ на приложимостта на различните стандарти за безжични сензорни мрежи в зависимост от основните им характеристики и параметри. Предвижда се да се изследват основни параметри на стандартите за безжична комуникация, както и методите за маршрутизация на данните чрез разработване на подходящи симулационни модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abbasi A. P. A. Z., N. Islam, A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture, *Computer Standards & Interfaces*, 36, 2014, pp. 263–270
2. Atanasov S., An Overview of Wireless Communication Technologies Used in Wireless Sensor Networks. Conference: International Scientific Conference eRA-8, At TEI Piraeus, Athens, Greece, 2013
3. Garcia-Sanchez A., F. Garcia-Sanchez, J. Garcia-Haro, Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75, 2011, pp. 288–303
4. Mesas-Carrascosa F.J., D. V. antano, J.E. Merono, M. S. Orden, A. Garcí'a-Ferrer, Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture. *Biosystems engineering*, 137, 2015, pp. 73-83
5. Ndzi D., A. Harun, F. M. Ramli, M. Kamarudin, A. Zakaria, Wireless sensor network coverage measurement and planning in mixed crop farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 105, 2014, pp. 83–94
6. Srbínovska M., C. Gavrovski, V. Dimcev, A. Krkoleva, V. Borozan, Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*, 88, 2015, pp. 297-307
7. Suprem A., N. Mahalik, K. Kim, A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector. *Computer Standards & Interfaces*, 35, 2013, pp. 355–364
8. Younisa M., I. F. Senturkb, K. Akkayab, S. Leec, F. Seneld, Topology management techniques for tolerating node failures in wireless sensor networks: A survey., *Computer Networks*, Volume 58, 2014, pp. 254–283
9. Даскалов, П.И. Моделиране и автоматизация на информационни процеси в прецизното земеделие. Русе, Издателски център на Русенския университет, 2012, стр. 241, ISBN 978-954-8467-55-1.
10. Захариев П., Г. Христов, М. Илиев, Анализ на модели за определяне продължителността на периода на устойчиво състояние в безжични сензорни мрежи, *Научни трудове на Русенския Университет*, 2009, том 48, серия 3.2

За контакти:

маг. инж. Надежда Паскова, Катедра „Автоматика и Мехатроника“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 668, e-mail: npaskova@uni-ruse.bg

доц. д-р Цветелина Георгиева, Катедра „Автоматика и Мехатроника“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 668, e-mail: cgeorgieva@uni-ruse.bg

проф. д-р Пламен Даскалов, Катедра „Автоматика и Мехатроника“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 377, e-mail: daskalov@uni-ruse.bg