

## АНАЛИЗ НА МЕТОДИ ЗА ВХОД/ИЗХОД И ПРОТОКОЛИ ЗА ОБМЕН В МРЕЖИ ОТ БИО-СЕНЗОРИ И ПЕРСОНАЛНИ МОНИТОРИ

Митко Шопов<sup>1</sup>, Николай Каканаков<sup>2</sup>, Галидия Петрова<sup>1</sup>,  
Гриша Спасов<sup>2</sup>

Технически Университет – София, филиал Пловдив, <sup>1</sup>Катедра  
“Електроника”, <sup>2</sup>Катедра “Компютърни Системи и Технологии”,  
Пловдив 4000, бул.”С. Петербург” 61, тел. 032/659758, e-mail: {mshopov,  
kakanak, gip, gvs}@tu-plovdiv.bg

### ANALYSIS OF INPUT/OUTPUT METHODS AND PROTOCOLS FOR DATA COMMUNICATIONS IN BODY SENSOR NETWORKS

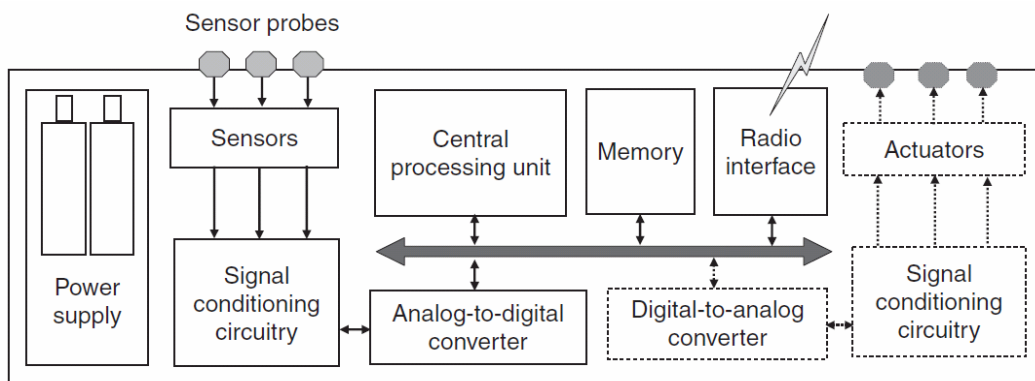
Mitko Shopov<sup>1</sup>, Nikolay Kakanakov<sup>2</sup>, Galidia Petrova<sup>1</sup>, Grisha Spasov<sup>2</sup>

**Abstract:** The paper presents an analysis on data input/output methods, scenarios and standards for radio-communication in body sensor networks (BSN). A comparison of the characteristics of different wireless communication standards, applicable to BSN, in terms of energy consumption is shown. In the second part a use-case scenario for remote monitoring of oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), ECG and pulse rate is presented. To demonstrate the use of intelligent wireless sensors in BSN an Onyx II 9560 Bluetooth fingertip oxymeter is employed in described scenario.

#### Увод.

През последните години се наблюдава значително увеличение на броя на преносимите устройства за следене на медицински показатели, движения и активност, портативни холтер системи и имплантируеми сензори. Пречка за по-широкото им приложение се явяват фактори като обработката на данните в реално време – повечето съществуващи устройства натрупват данни, които в последствие се извличат и обработват; свобода на движение – често връзката между отделните сензори включва кабели; взаимодействието между сензорите – устройства на различни производители често са несъвместими; и не на последно място цената на подобни системи [1], [2], [3].

Последните достижения в областта на микроелектрониката позволяват реализирането и интегрирането на сензори, микроконтролери и безжични радио-интерфейси в един чип. Това дава възможност за изграждане на нов тип сензорни мрежи каквито са мрежите от био-сензори. Основната концепция залегнала при този тип мрежи е изграждането на мрежа от интелигентни, миниатюрни, евтини и безжични био-сензори, която да позволи непрекъснато следене на физиологичните параметри на пациентите и бързата реакция при критични промени в техните стойности [1], [2], [3]. Типичната архитектура на един такъв сензор е показана на фигура 1.

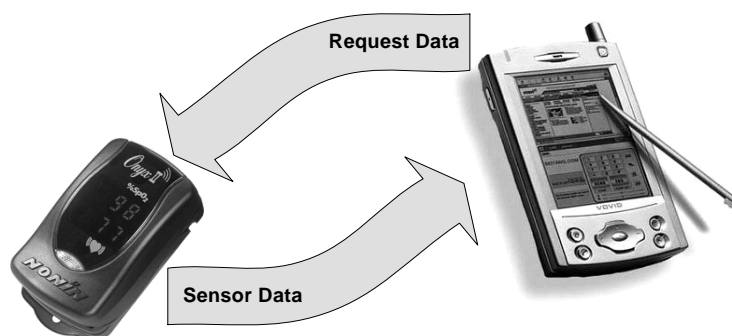


Фиг. 1: Архитектура на интелигентен безжичен биосензор ([4])

**Методи за вход/изход и сценарии на обмен.**

В мрежите от био-сензори най-често се използва йерархична структура, в която имаме ясно изразена комуникация от типа “главен-подчинен”. Това се прави с цел опростяване на функциите на подчинените устройства за да се намалят размерите и консумираната от тях енергия. Ролята на главно устройство се изпълнява най-често от мобилно устройство наричано персонален монитор, а ролята на подчинените – от сензорите. В литературата се различават най-общо три типа сценарии на обмен на данни между персоналния монитор и сензора (фигура 2, 3, 4).

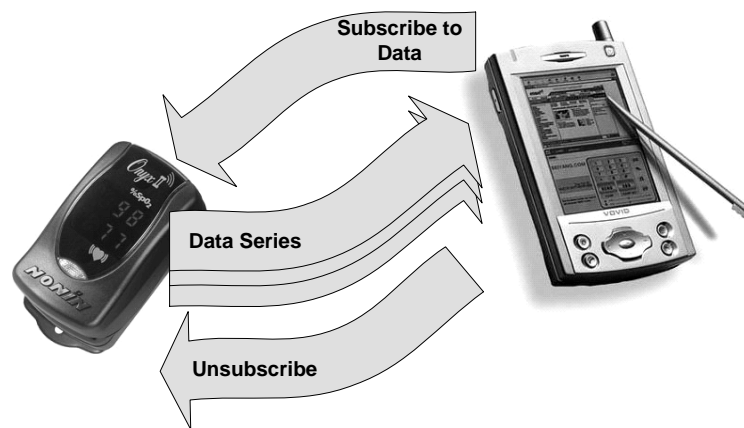
При сценарият на сканирането (фигура 2), персоналният монитор последователно изпраща заявка до различните сензори в мрежата за получаване на данни от измерването. В резултат сензорът отговаря с показанията на следената величина. Възможни са два варианта за получаване на тези показания, при което различаваме два метода за вход/изход между сензорното устройство и физическия сензор. При първият, измерените стойности се снемат периодично като се съхранява последната измерена във вътрешната памет на сензорното устройство. При получена заявка от персоналния монитор се изпраща веднага отговор с последната измерена стойност.



Фиг. 2: Сканиране (polling)

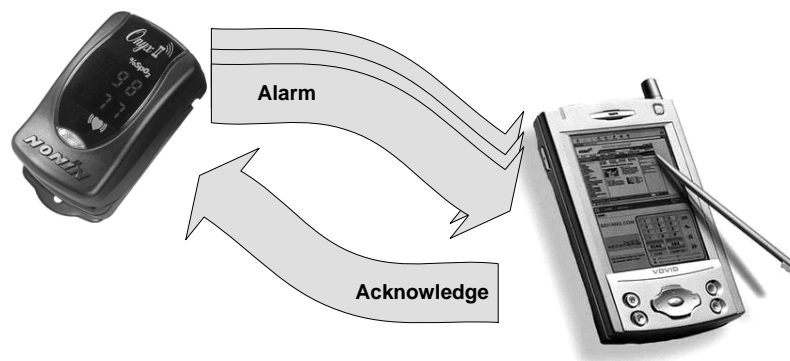
Вторият метод е да се снемат показанията в момента на получаване на заявка. Предимството на първият метод е, че отговорът се получава веднага. Недостатък е, че измерената стойност може да не е съвсем актуална. Актуалността и ще зависи от периода на снемане. Изборът на период на снемане трябва да се подбере внимателно в зависимост от характеристиките на следената величина. Ако тя се променя плавно периодът може да е по-

голям и обратно, ако е динамична периодът трябва да е минимален. Предимството на втория метод е, че данните винаги са актуални. Недостатък е необходимото време за снемане, дискретизиране, филтриране и предобработка преди да бъде изпратен отговор. Този метод позволява да се премине в енергоспестяващ режим на работа на сензорното устройство, когато нямаме постъпване на нови заявки, но ако времето за формиране на данните отнема значителен период от време няма да позволи на радио-частта на устройството да премине в енергоспестяващ режим на работа. Възможно е, при използване на ниско-консумативни микроконтролери, енергията необходима за безжичната комуникация да е няколко пъти по-голяма от енергията за извършване на допълнителните обработки в био-сензорите [7]. Това обосновава необходимостта от по-задълбочени изследвания за определяне на най-подходящите модел и сценарии на комуникация за различните следени физиологични величини.



Фиг. 3: Абониране (Publish/Subscribe)

При сценарият с абонирането (фигура 3), персоналният монитор изпраща заявка за абониране за данните от даден сензор. В заявката се включват параметри, които описват периода на снемане на данните и вида на самите данни. След получаване на заявката за абониране, сензорът добавя персоналният монитор в списъка с абонати и започва да изпраща периодично серии от сметите данни без допълнително поискване. Краят на този процес е при изпращане на команда за прекратяване на абонамента. Предимството на този подход е, че сензорът може да превключва своят радио-интерфейс между периодите на предаване, с което да удължава времеви ресурс на батериите. Този подход е подходящ при продължително във времето следене на промяната на измерваната величина.



Фиг. 4: Обработка на алармени събития (Event-driven)

Третият сценарий на обмен на данните е свързан с обработката на алармени събития (фигура 4). При тях сензорният елемент е инициатор на комуникацията, в следствие на регистрирането на определено събитие. Такова събитие може да е излизането на следения сигнал от определени граници или откриване на определен модел в данните, указващ възникването на опасно за здравето състояние. След регистрирането на събитието сензорният елемент генерира съобщение към персоналният монитор. Съобщението се изпраща отново през определен интервал (интервалът зависи от критичността на възникналото събитие) до получаване на потвърждение.

Изборът на поддържаните сценарии на комуникация в мрежите от био-сензори и персонален монитор зависи от характеристиките на следената величина, от реализацията на сензорния елемент, от избрания радиоканал и от приложението работещо в персоналният монитор.

#### **Безжични интерфейси приложими при мрежите от био-сензори.**

Мрежите от био-сензори се отличават със специфични изисквания към безжичната комуникация. От една страна, те трябва да са с минимална консумация на енергия, поради факта, че много често сензорните модули се захранват от батерии. От друга страна, някои от безжичните био-сензори генерират по-голям поток от данни (пр. ЕКГ – 12-16 бита всяка милисекунда) и е необходимо радиоканала да има достатъчна пропускателна способност. В допълнение се поставят и високи изисквания към сигурността на предаваните данни поради техния конфиденциален характер. В таблица 1 е представен сравнителен анализ на типичните параметри за три от популярните безжични технологии. Изборът е направен въз основа на няколко критерия като: наличие на стандарт, утвърденост сред производители и потребители, наличието на голям брой стандартни устройства, обхват на работа, енергийни параметри и размер на протоколния стек.

Таблица 1

<i>Стандарт</i>	<i>Пропускателна способност</i>	<i>Консумирана енергия</i>	<i>Размер на протоколния стек</i>	<i>Основни предимства</i>
Wi-Fi (IEEE 802.11)	до 54Mbps	400+mA TX, standby 20mA	100+KB	Висока скорост на предаване
Bluetooth (IEEE 802.15.1)	1Mbps	40mA TX, standby 0.2mA	~100+KB	Съвместимост между устройствата, замества кабелите
ZigBee (IEEE 802.15.4)	250kbps	30mA TX, standby 3μA	4 – 32KB	Дълъг живот на батерията, ниска цена

Стандартът IEEE 802.11 е предвиден за изграждане на безжични локални мрежи. Той е един от първите появили се стандарти за безжични мрежи и поради това е най-популярен като наличност в съществуващите мобилни и стационарни компютърни устройства. Предимство е високата скорост на комуникация, но тя се постига с цената на висока консумация на енергия, което го прави неподходящ за реализация на системи с батериинно захранване. Подходящ е за асоцииране на съществуващата медицинска апаратура към безжичните мрежи от био-сензори посредством допълнителни адаптери ([6], [8]). По отношение на консумираната енергия, като най-подходящи за изграждане на мрежата от био-сензори се оформят стандартите от фамилията IEEE 802.15 — персонални мрежи. В стандарта обикновено се дефинира максимална скорост на предаване. Реалната скорост на предаване е значително по-малка и зависи от размера на пакетите, използваната схема на адресиране, зашумеността на средата. Сравнителна характеристика по отношение на консумираната енергия за предаване на един бит при максимална скорост на предаване за Bluetooth и Zigbee е представена в таблица 2 [5], [9], [10].

От таблицата се вижда, че макар ZigBee да притежава по-добри показатели, благодарение на преминаването към енерго-ефективни режими на работа и по-ниската консумация на радиочастта, енергията за изпращането на един бит при достигането на максимална скорост на предаване при Bluetooth стандарта е по-малка. На това се основава извода, че ако имаме непрекъснато предаване и значителен обем на данните (каквото е случая с ЕКГ сигналите), то по-ефективно е да се използва Bluetooth технологията. Когато обаче размера на предаваните данни е малък, а интервала на изпращане голям, то ZigBee е по-подходящ избор за комуникация.

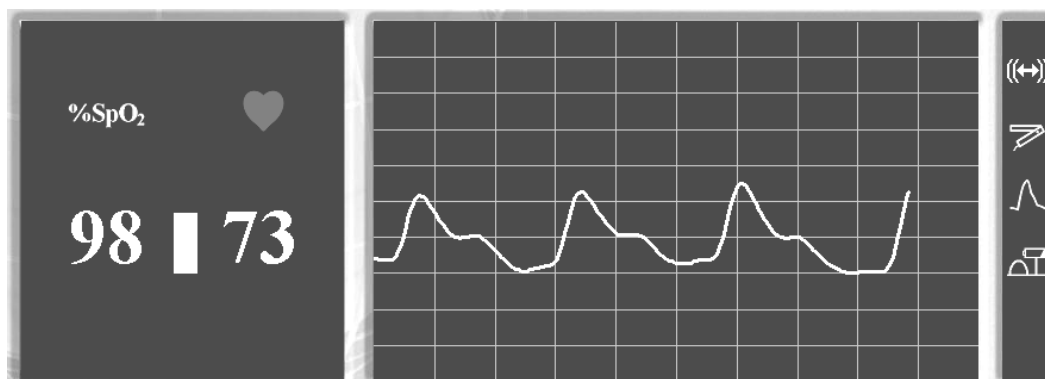
Таблица 2

	<i>Maximum Data Rate</i>	<i>Effective Data Rate</i>	<i>Power [sleep/active/radio]</i>	<i>Energy (nJ/bit)</i>
ZigBee (IEEE 802.15.4)	250 kbps	≤127 kbps	<0.3μW / ~10mW / ~60mW	~240
Bluetooth (IEEE 802.15.1)	1 Mbps	≤723kbps	- / - / ~120mW	~120

Към настоящият момент се подготвя нов стандарт IEEE 802.15.6 (Body Area Network), който ще отчита по-точно спецификите на мрежите от био-сензори и ще позволява още по-ефективно управление на консумираната енергия.

#### Тестова постановка.

За да се изследват различните сценарии на обмен на данни в мрежи от биосензори е изградена опитна постановка, включваща медицински сензор за измерване на кислородно насищане и пулс тип Опух II 9560 на фирмата Nonin [11], сензор за измерване на ЕКГ и мобилен компютър. Сензорът за измерване на кислородно насищане е снабден с Bluetooth интерфейс за връзка с персоналния монитор, памет за временно съхранение на измерванията и поддържа няколко формата на обменяне на данни. Сензорът е съвместим и сертифициран от здравния алианс “Continua” [12]. Формат 13 сменя едно измерване (4 байта) всяка секунда и го изпраща към персоналния монитор. При липса на връзка измерените стойности се съхраняват в локалната памет на сензора и се изпращат наведнъж с показател за времето на снемането им. Формат 2 се използва за непрекъснато снемане на измерваните стойности (75 пъти в секунда). Формат 7 се различава от формат 2 само по разрешаващата способност на АЦП – 16 бита. Сензорът за измерване на ЕКГ е 12 канален и е снабден с Bluetooth интерфейс. При изграждане на връзка с персоналния монитор той започва непрекъснатото предаване на измерените стойности с честота на дискретизация 1msec. На фигура 5 е представено визуалното представяне на снетите био-сигнали върху екрана на мобилната станция.



Фиг. 5: Визуално представяне на снетите физиологични параметри

### **Изводи и бъдещо развитие.**

Целта на настоящата работа бе да се направи обзор на различните методи, сценарии и протоколи за комуникация между сензорите и персоналният монитор в мрежи от био-сензори. Направен е анализ на приложимостта на различните сценарии на комуникация в зависимост от характеристиките на различните физиологични параметри, които се проследяват. Представени са актуалните стандарти за безжична комуникация и е направен анализ на приложимостта им в мрежите от био-сензори.

Възможностите за бъдещо развитие включват по-задълбочени изследвания на енергийните параметри на стандартите за безжична комуникация Bluetooth и Zigbee, включващи разработването на реалистичен аналитичен и симулационен модел. Непосредствена цел за бъдещо развитие е разработването на специализирано устройство изпълняващо функциите на персонален монитор и притежаващо средства за комуникация със сензори по различни безжични стандарти, интерфейс за потребителя, двупосочна връзка към медицинските центрове и сървъри.

### **Благодарности.**

Настоящата работа е спонсорирана от НИС към Технически Университет - София, договор "091ni060-17/2009" на тема "Разработване на експериментален пациентен монитор за събиране на данни от мрежа от сензори за измерване на физиологични параметри".

### **Библиография**

- [1] **Lo, B., Yang, G.**, *Body Sensor Networks – Research Challenges and Opportunities*, Antennas and Propagation for Body-Centric Wireless Communications, pp. 26-32, 2007.
- [2] **Yang, G.**, *Body Sensor Networks*, Springer, 2006, ISBN 1-84628-272-1.
- [3] **Milenkovic, A., C. Otto, E. Jovanov**, *Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation*, Journal of Computer Communications (Special issue: Wireless Sensor Networks: Performance, Reliability, Security and Beyond), Elsevier, 2006.
- [4] **Raghunathan, V., C. Schurgers, S. Park, M. Srivastava, B. Shaw**, *Energy-aware wireless microsensor networks*, IEEE Signal Processing Magazine, pp. 40-50, 2002.
- [5] **Au, L., W. Wu, M. Batalin, D. McIntire, W. Kaiser**, *MicroLEAP: Energy-aware wireless sensor platform for biomedical sensing applications*, Biomedical Circuits and Systems Conference, IEEE, pp. 58-162, 2007.
- [6] **O'Donoghue, N., S. Kulkarni, D. Marzella**, *Design and implementation of a framework for monitoring patients in hospitals using wireless sensors in ad hoc configuration*, Proceedings of IEEE EMBS Conference, Aug 30-Sept 3, 2006.
- [7] **Jovanov, E.**, *Wireless Body Area Networks Based Medical Devices: Issues and Applications*, Conf. Design of medical devices (DMD), Oslo, Norway, April 2009.
- [8] [www.ni.com](http://www.ni.com) – NI WLS-9215 модул за Wi-Fi и Ethernet извличане на данни.
- [9] [www.sena.com](http://www.sena.com) – IEEE 802.15.1 съвместим безжичен модул Parani SD100.
- [10] [www.digi.com](http://www.digi.com) – IEEE 802.15.4 съвместим безжичен модул XBee Pro.
- [11] <http://www.nonin.com/> – Безжичен сензор за снемане на кислородно насищане и пулс Onyx II 9560.
- [12] <http://www.continuaalliance.org/> – Здравен алианс "Continua".