



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

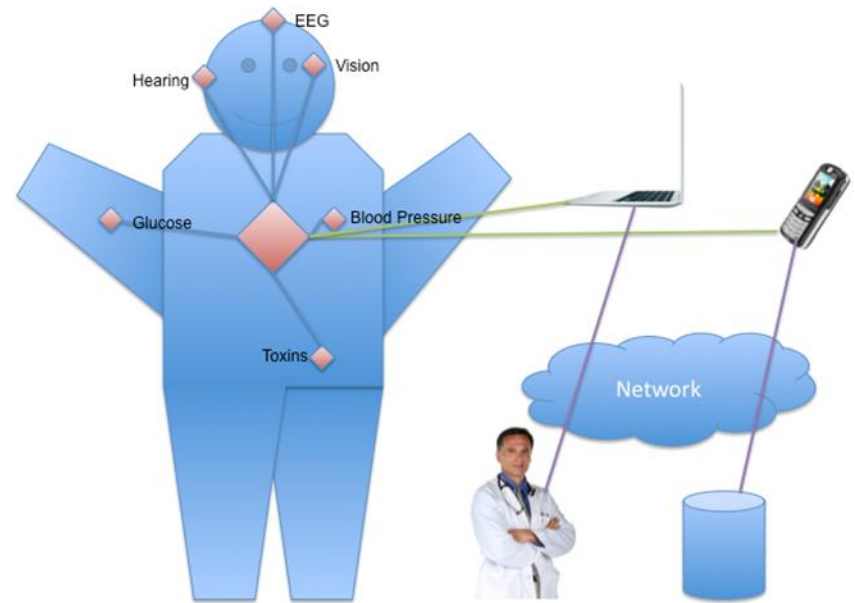
# Исследование нательных сетей Нательные сети и Интернет вещей

Автор: Хромов Игорь Александрович  
Департамент компьютерной инженерии

Научно-учебная группа «Интернет вещей»  
17.04.2017

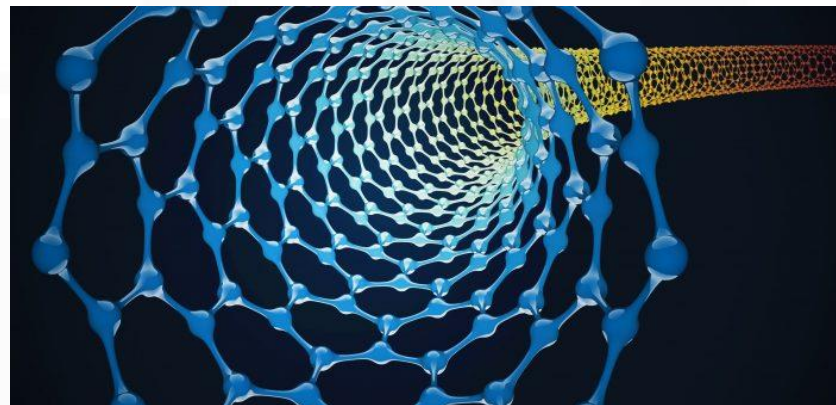
**Нательные сети** – класс современных цифровых персональных сетей, работающих вблизи, либо непосредственно через тело человека.

В основном, это беспроводные сети из маленьких портативных устройств с автономным питанием. Технологические достижения в настоящее время позволяют реализовывать их по низкой цене с высокой эффективностью. Основные сферы применения: медицина, спорт, военные технологии, обеспечение безопасности, индустрия развлечений.



Координация и обмен информацией между несколькими наномашинами расширят потенциальные возможности применения отдельных устройств, как с точки зрения сложности, так и сферы действия. Взаимосвязь наноразмерных устройств с классическими сетями и Интернетом определяет новую сетевую парадигму – «**Интернет nano-вещей**» (IoNT).

Национальная инициатива в области нанотехнологий США запросила **\$ 1,5 млрд.** федерального финансирования в 2016 году и с 2001 года было выделено более **\$ 22 млрд.**



### Методы связи:

- **Молекулярная.** Она определяется как передача и прием информации, закодированной в молекулах. Приемопередатчики способны реагировать на конкретные молекулы и высвободить другие в качестве реакции на внутреннюю команду или после выполнения какой-либо обработки.
- **Нано-электромагнитная.** Она определяется как передача и прием электромагнитного излучения от компонентов, основанных на новых наноматериалах.

### Применение:

- сети внутри тела для мониторинга крови, болезней и дыхания в режиме реального времени;
- подключение к переносным медицинским и экологическим трекерам.

**Цель работы:** исследование нательных сетей.

В данной работе были решены следующие задачи:

- рассмотрены беспроводные нательные сети;
- сделан обзор и проведен анализ стандарта IEEE 802.15.6;
- изучена связь по телу человека (Intrabody Communication);
- исследована технология BodyCom;
- Сформулированы направления будущих исследований.



## Сравнение методов подключения

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

	Проводное	Беспроводное	Нательная связь
Высокая скорость	+	+	-
Простота установки и настройки	+	-	+
Отсутствие кабелей	-	+	+
Низкое энергопотребление	-	-	+
Отсутствие потерь при передаче	+	-	+

В рамках IEEE 802.15, рабочая группа TG6 разработала стандарт связи ориентированный на связь между энергосберегающими устройствами, которые работают рядом или внутри тела человека.

Стандарт поддерживает три физических уровня:

- узкополосный (narrowband) NB-PHY;
- сверхширокополосный (ultra wideband) UWB-PHY;
- связь по телу человека HBC-PHY.



**Связь по телу** (Intrabody Communication, IBC) впервые была предложена Циммерманом в 1996 году в качестве новой технологии связи для обмена данными между электронными устройствами в нательных сетях. Ее применение не ограничивается передачей данных и распространяется на передачу электроэнергии. Электронные устройства принимают энергию, необходимую для работы одновременно с данными.

Также она может быть использована для связи между предметами одежды и устройствами в окружающей среде. Связь по телу является новым методом для подключения мобильных устройств снаружи и внутри тела человека.

Данный метод использующий тело человека в качестве среды передачи сигнала имеет много преимуществ по сравнению с традиционными подходами радиосвязи.



## Исследование IBC:

### скорость передачи данных

T. Kang, I. Lim, J. Hwang, C. Hyung, H. Park, and S. Kang, “A method of increasing data rate for human body communication system for body area network applications,” in IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC Fall), Sep. 2012, pp. 1–5.

### шум и помехи связи, электромагнитное излучение

R. Xu, N. W. Chiu, H. Zhu, S. Hengying, and J. Yuan, “Equation environment coupling and interference on the electric-field intrabody communication channel,” IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 59, no. 7, pp. 2051–2059, Jul. 2012.

M. Shinagawa, J. Katsuyama, K. Matsumoto, S. m. a. Hasegawa, T. Yanase, R. Sugiyama, and Y. Kado, “Noise analysis for near-field intra-body communication systems,” in IEEE Int. Instrum. Meas. Technol. Conf. (I2MTC), May. 2013, pp. 902–907.

### влияние различных положений тела на передачу данных

M. A. Callejon, D. Naranjo-Hernandez, J. Reina-Tosina, and L. M. Roa, “A comprehensive study into intrabody communication measurements,” IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 62, no. 9, pp. 2446–2455, Sep. 2013.

## Сравнение спецификаций IBC с NB и UWB в IEEE 802.15.6

	<b>IBC</b>	<b>NB, UWB</b>
<b>Среда передачи</b>	Тело человека	Воздух
<b>Диапазон частоты</b>	Сосредоточен на 21 МГц ( $f_{BW} = 5,25\text{МГц}$ )	Разные диапазоны (402 МГц – 10 ГГц)
<b>Скорость передачи данных</b>	меньше 2 Мбит/с	меньше 13 Мбит/с
<b>Расстояние передачи</b>	меньше 2 м	10 м
<b>Затухание сигнала</b>	Низкое	Высокое (Затенение тела)
<b>Нательная антенна</b>	Нет	Да
<b>Энергоэффективность</b>	Высокая (Высокая проводимость тела человека)	Низкая (Низкая проводимость воздуха)

**Безопасность.** Система IBC представляет собой защищенную и конфиденциальную сеть связи, которая обеспечивает естественную безопасность и помехоустойчивую связь.

R. Xu, N. W. Chiu, H. Zhu, S. Hengying, and J. Yuan, "Equation environment coupling and interference on the electric-field intrabody communication channel," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 59, no. 7, pp. 2051–2059, Jul. 2012.

IBC требуется рабочая частота значительно ниже по сравнению с системами RF. Это означает, что сигналы ограничены близостью человека, поэтому считывание данных требует контакта с телом.

T. Falck, H. Baldus, J. Espina, and K. Klabunde, "Plug'n play simplicity for wireless medical body sensors," *Mobile Netw. and Appl.*, vol. 12, pp. 143–153, Jul. 2007.

**Энергоэффективность.** Результаты недавних исследований показали, что IBC потребляет на порядок меньше энергии при скорости передачи данных до 10 Мбит/с, это делает ее привлекательным методом связи для применения в БНС.

J. Bae, K. Song, H. Lee, H. Cho, and H.-J. Yoo, "A low-energy crystal-less double-FSK sensor node transceiver for wireless body-area network," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 47, no. 11, pp. 2678–2692, Nov. 2012.

**Повторное использование частоты.** IBC образует сеть связи малого радиуса действия внутри и вокруг тела человека. Следовательно, позволяет повторно использовать тот же частотный диапазон БНС для других пользователей.

**BodyCom** - новая беспроводная технология связи, которая использует способность передачи данных по телу человека.

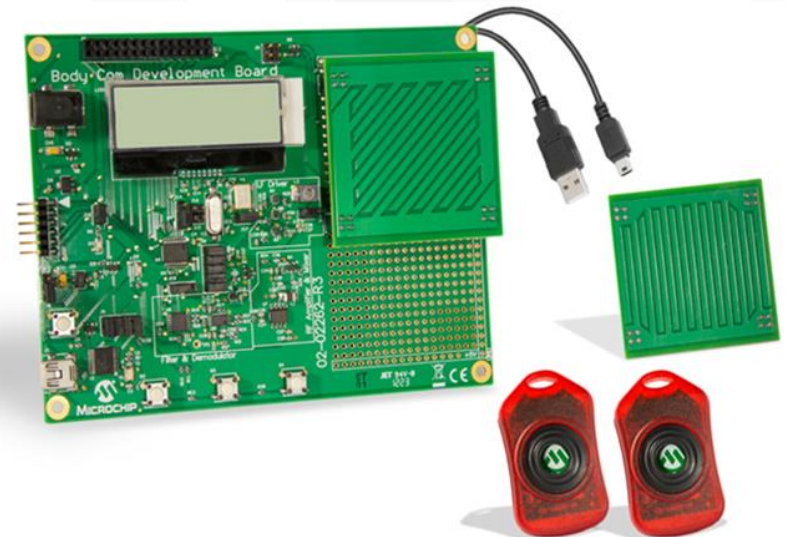
Технология BodyCom разрабатывалась с учетом следующих приоритетов:

- очень низкое энергопотребление элементов системы;
- быстрая реакция системы;
- относительно стабильная и надежная связь;
- ограниченное поле действия (несколько сантиметров), чтобы идентифицировать прикосновение того, кто носит мобильный модуль;
- низкая стоимость и сложность.

Данные передаются между базовым и мобильным модулями через тело пользователя, когда пользователь и базовый модуль вступают в контакт друг с другом.

Основные отличия этой технологии:

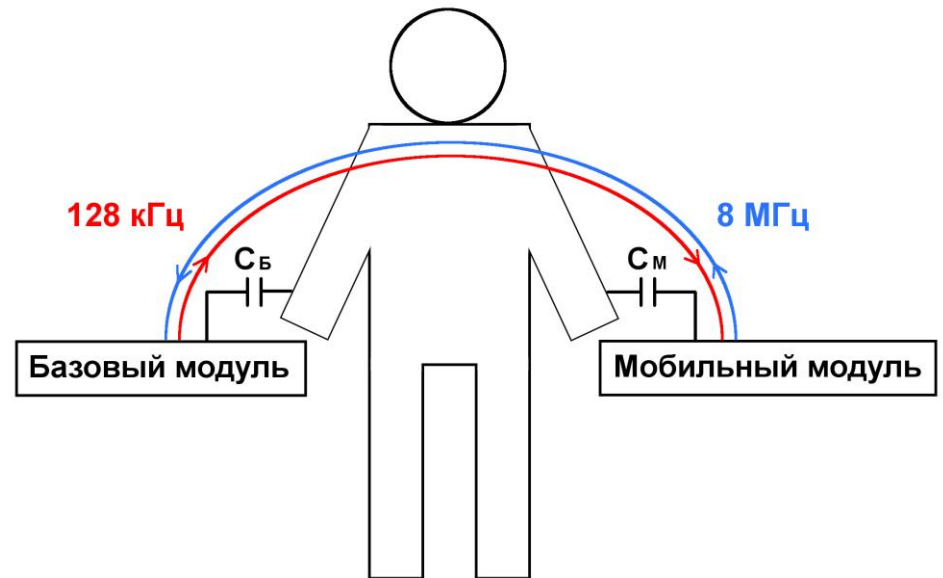
- передача осуществляется только в момент касания;
- потенциальная возможность использования уникальных характеристик тела человека.



**BodyCom™ Development Kit  
(Part # DM160213)**

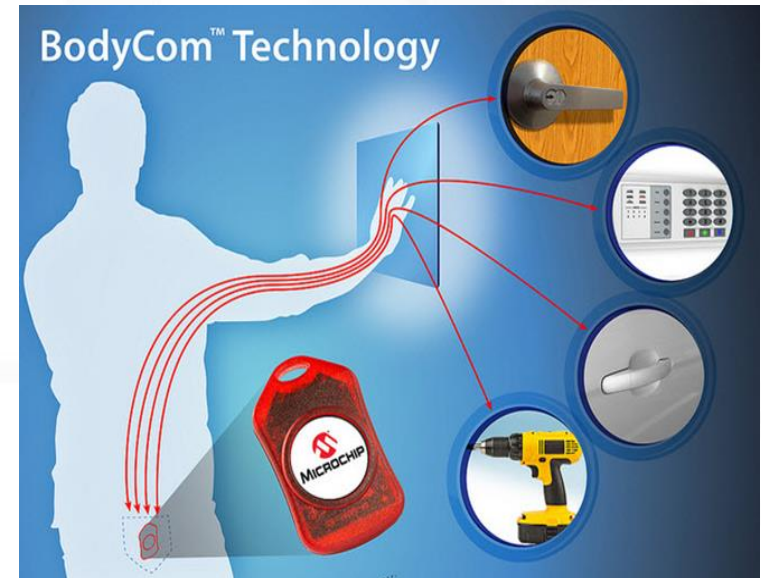
Передача сигнала использует **емкостную связь** между телом человека, базовым модулем и мобильным модулем.

Частота **128 кГц** была выбрана для канала передачи от базового модуля к мобильному модулю. Частота **8 МГц** была выбрана для канала передачи от мобильного модуля к базовому модулю.



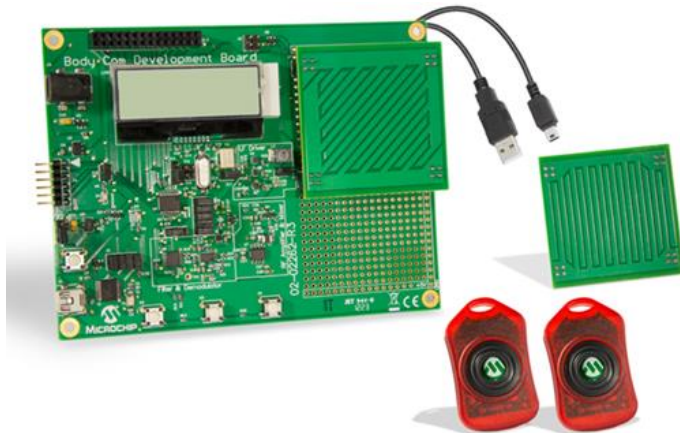
Устройства, разработанные на базе технологии BodyCom могут быть использованы в следующих областях:

- пассивный вход без ключа (PKE);
- системы безопасности;
- домашние и производственные дверные замки;
- двери для животных;
- доступ к оборудованию или его отключение;
- электроинструмент;
- оружие;
- мониторинг пациентов в больнице.

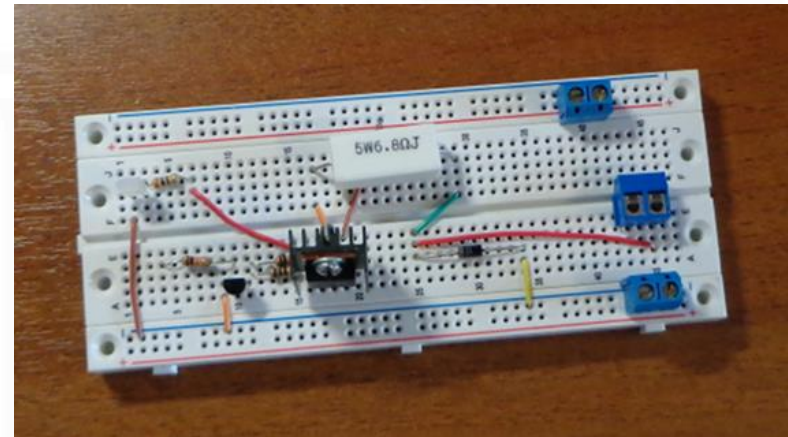


Система контроля и управления доступом включает:

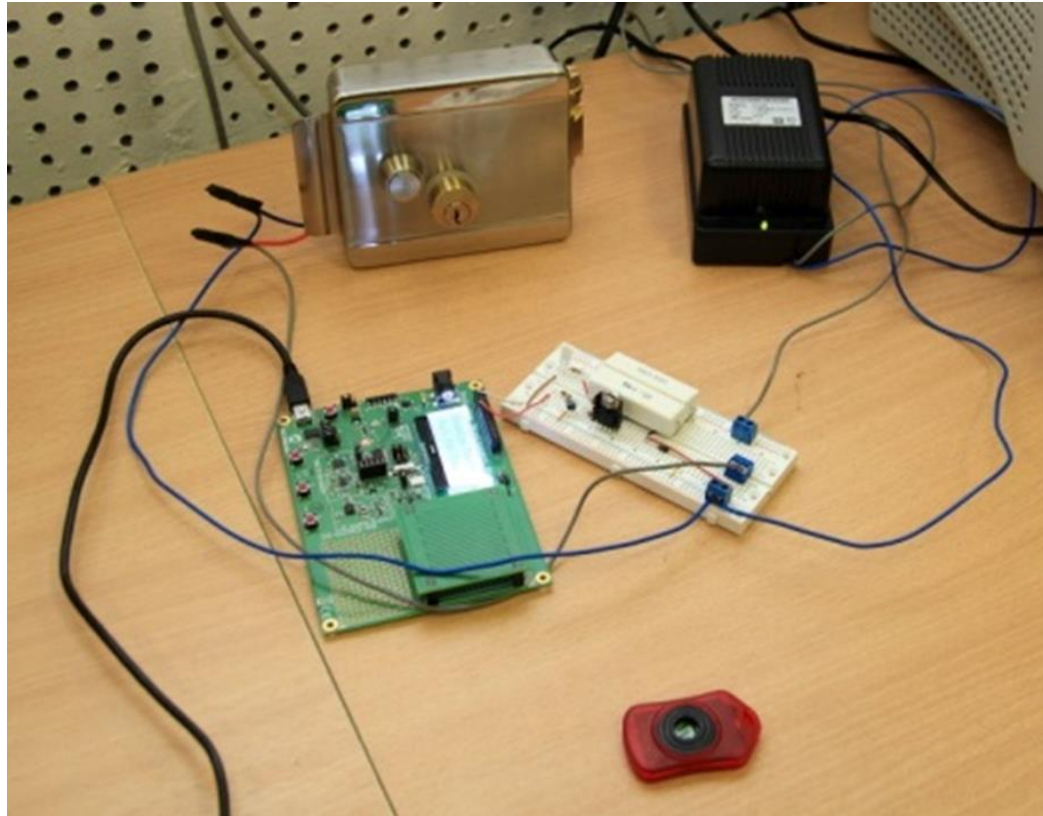
- комплект для разработки устройств на базе технологии BodyCom (BodyCom Development Kit) компании Microchip;
- блок управления электромеханическим замком;
- электромеханический замок.



**BodyCom™ Development Kit  
(Part # DM160213)**







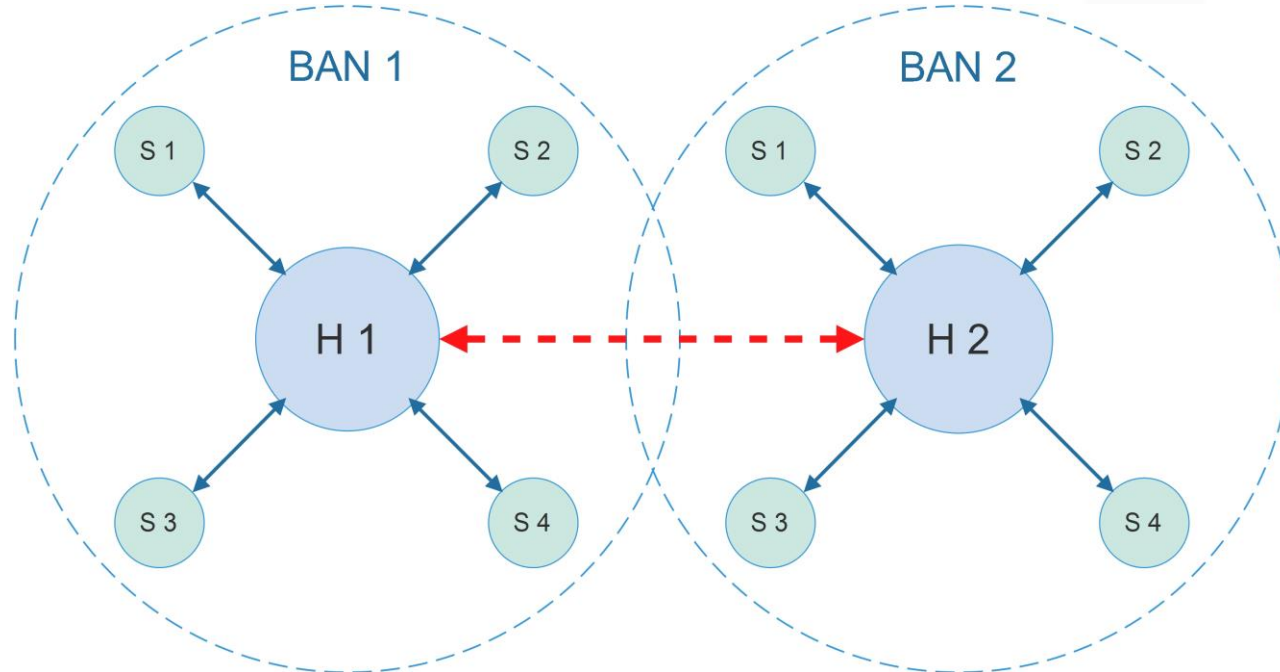
Khromov I.A., Dvornikov A. A. Wireless access monitoring and control system based on intrabody communication, in: Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS-2016). St. Petersburg : IEEE, 2016. P. 82-85.



## Конкуренты

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

	Parsec SC-TP19	PERCo-CL05	Keri Systems PXL-500	ZKTECO L7000-U	Разрабатываемая система
Идентификация пользователя	RFID	RFID	RFID	Биометрия	BodyCom
Криптографический алгоритм	-	-	-	-	AES-128
Защита от электромагнитных помех	-	-	-	-	+
Стоимость	6 500	9 000	36 500	10 000 – 20 000	10 000



Направления исследования:

- Сетевые проблемы в новой среде передачи сигнала;
- Практическое применение Intrabody Communication.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Спасибо за внимание!

Контакты: [ignx@yandex.ru](mailto:ignx@yandex.ru)