

УДК 004

https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/21

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ НА ОСНОВЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ХАОТИЧЕСКИХ РАДИОИМПУЛЬСОВ

©*Ольберг П. А., Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара, Россия, polinaolberg@gmail.com*

MULTIMEDIA SENSOR NETWORKS BASED ON ULTRA-WIDEBAND CHAOTIC RADIO PULSES

©*Olberg P., Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia, polinaolberg@gmail.com*

Аннотация. Обсуждается быстрое направление в информационно-коммуникационных системах беспроводной сенсорной сети. Особое внимание было уделено сверхширокополосным беспроводным сенсорным сетям, которые используют хаотические радиоимпульсы в качестве носителей информации для связи между сенсорными узлами. Создание таких систем стало возможным после многих лет исследований по созданию и управлению хаосом в электронных системах. Рассмотрены требования к трансиверам для передачи мультимедийных данных в беспроводных сенсорных сетях и характеристики существующих систем. Анализируются перспективы использования сверхширокополосных беспроводных систем на основе прямой хаотической передачи данных в мультимедийных сенсорных сетях.

Abstract. The fast direction in information and communication systems of the wireless sensor network is discussed. Special attention was paid to ultra-wideband wireless sensor networks, which use chaotic radio pulses as information carriers for communication between sensor nodes. The creation of such systems became possible after many years of research on the creation and management of chaos in electronic systems. The requirements for transceivers for transmitting multimedia data in wireless sensor networks and the characteristics of existing systems are considered. The prospects of using ultra-wideband wireless systems based on direct chaotic data transmission in multimedia sensor networks are analyzed.

Ключевые слова: передача данных, сенсорные сети, беспроводная система, датчики.

Keywords: data transmission, sensor networks, wireless system, sensors.

Введение

Беспроводные сенсорные сети (VNN) можно рассматривать как часть парадигмы, называемой Интернетом вещей (IoT) [1]. Основная идея этой парадигмы состоит в том, что объекты или вещи общаются и взаимодействуют друг с другом посредством адресной беспроводной связи для достижения общих целей. Этими объектами могут быть радиоопознавательные знаки, датчики, исполнительные устройства, мобильные телефоны. Беспроводные мультимедийные сенсорные сети (VMSN) — это класс VMSN, узлы которых оснащены мультимедийными сенсорными устройствами, такими как видеокамеры и микрофоны, и способны извлекать видео- и акустические потоки из окружающей среды, а

также изображения вместе со скалярными данными сенсоров, разделенными обычными BSS. Возможности BMSS привлекают значительное внимание как исследователей, так и представителей отрасли [2]. У них есть широкая потенциальная область гражданского и военного применения, где требуется аудио- и видеоинформация. Примеры включают сети сенсорного наблюдения, промышленное наблюдение и наблюдение за окружающей средой, интеллектуальное управление движением, персональные медицинские сенсорные устройства и мультимедийные цифровые развлечения. В этих приложениях мультимедийный контент может повысить качество собираемой информации, измеряя только скалярные данные. Во время разработки и использования BMSS возникают проблемы в дополнение к проблемам, обнаруженным в обычных BMS. Они связаны с природой мультимедийных данных: необходимостью передачи данных в реальном времени, требованиями к высокой пропускной способности каналов связи, допустимым временем задержки и потерей качества передаваемой информации от источника к потребителю. Эти проблемы должны решаться строгими ограничениями на энергопотребление, объем памяти и возможности обработки данных. В этой статье анализируется самый нижний уровень протокола стека связи - физический уровень. Физический уровень очень важен, особенно для мультимедийных сенсорных сетей, поскольку объем принимаемых и передаваемых данных в них может значительно превышать объем данных, циркулирующих в обычных странах бывшего СССР. Однако это обычно не обсуждается подробно, поскольку большая часть разработок основана на беспроводной технологии ZigBee, которая доминирует на рынке сенсорных сетей. Например, осенью 2013 г. компании предложили более 50 моделей беспроводных сенсорных узлов, в основном использующих беспроводную связь на основе стандарта IEEE 802.15.4.1. Скорость передачи/приема данных с таких узлов в режиме точка-точка не превышает 250 Кбит/с (в сетевых условиях она в несколько раз ниже), что существенно ограничивает возможности мультимедийных сетей, создаваемых на их основе. Другие распространенные радиотехнологии (WiFi, Bluetooth) имеют свои основные ограничения, которые препятствуют их использованию в BMSS. Для решения проблемы создания эффективного радиоканала со значительно большей пропускной способностью, чем ZigBee, в данной статье предлагается использование средств прямой хаотической сверхширокополосной связи [3–7].

Цель и методы исследования. В первом разделе кратко обсуждается состояние дел в разработке и использовании BMSS, во втором - о существующих платформах для узлов BMSS. В третьем разделе анализируются требования к MSS, обсуждаются топологии MSC, актуальные для приложений, оцениваются требования к потоку каналов связи, их стабильность в условиях, типичных для использования MSS. В четвертом разделе рассматриваются сверхширокополосные объекты прямого хаоса и возможности их применения в VMSS.

Мультимедийные сенсорные сети и их назначение

Таким образом, по определению, FSS представляют собой класс FSS, узлы которого оснащены мультимедийными сенсорными устройствами, такими как видеокамеры и микрофоны, и способны извлекать видео- и акустические потоки из окружающей среды, а также изображения вместе с данными скалярных датчиков, извлеченные FSS. Кроме того, BMSS должна иметь возможность записывать, обрабатывать в реальном времени, подключать и комбинировать мультимедийные данные, происходящие из разнородных источников. BMSS не только распространяется на существующие сетевые сенсорные приложения, такие как мониторинг, домашняя автоматизация и мониторинг окружающей

среды, но также создает условия для появления новых приложений: Сенсорные сети для мультимедийного мониторинга. Видео- и аудиодатчики могут использоваться для усиления и дополнения существующих систем наблюдения, используемых против преступных и террористических атак. Крупные сети видеодатчиков расширят возможности правоохранительных органов по контролю территорий, массовых мероприятий, частной собственности и границ. Системы управления транспортными заторами. Такие системы предназначены для мониторинга автомобильного движения в крупных городах или на автомагистралях и предоставления услуг, которые позволят дать рекомендации, как избежать пробок. Автоматическая помощь при парковке — еще одно возможное применение BMSS в этой области. Расширение сферы оказания медицинских услуг. Сенсорные сети телемедицины могут быть интегрированы с мультимедийными сетями для предоставления повсеместных медицинских услуг. Пациенты будут носить медицинские датчики для контроля таких параметров, как температура тела, давление, пульс, ЭЭГ и дыхательная активность. Точно так же Инструменты мониторинга помогут обеспечить своевременную и необходимую поддержку пожилым людям и семьям с детьми. Управление производственными процессами. Мультимедийный контент, такой как изображения, температура и давление, может использоваться для критичного по времени управления процессом. Интеграция систем машинного зрения с BMSS может упростить и сделать больше систем визуального контроля и автоматизированных операций там, где требуются высокие скорости, высокое разрешение и непрерывная работа.

Состояние проблемы

Типичный узел BMSS состоит из датчика (D) (например, видео, аудио), блока процессора (BP), блока управления (CU) и приемопередатчика (PP). Платформа узла обычно означает узел без датчика. Условно существующие платформы для узлов BMSS можно разделить на три класса:

1. платформы легкого класса: устройства этой категории изначально создавались для приема скалярных данных, таких как температура, свет, влажность; и основным требованием к ним было потребление как можно меньше энергии. Следовательно, эти устройства имеют низкую вычислительную мощность и мало памяти. Большинство из них используют трансиверы в полосе частот 2,40–2,48 ГГц с физическим уровнем стандарта IEEE802.15.4, примененным к микросхеме CC2420 [8] и ее модификациям. Микросхема CC2420 потребляет 17,4 мА во время передачи и 19,7 мА во время приема. Трансиверы имеют максимальную мощность излучения 0 дБмВт при скорости передачи данных 250 Кбит/с. В таблице приведены характеристики типовых узлов мультимедийных датчиков. Легкие беспроводные узлы включают узлы MicaZ и FireFly;

2. узловые платформы среднего класса: устройства из этой группы обладают большими возможностями обработки информации и большим объемом памяти по сравнению с устройствами легкого класса. Однако они также оснащены модулями низкоскоростных приемопередатчиков с низкой пропускной способностью, т. е. использовать тот же физический уровень, что и устройства легкого класса. Примеры платформ среднего класса: Tmote Ski и TelosB;

3. платформы тяжелого класса: устройства этого класса являются наиболее мощными с точки зрения производительности и вычислительных возможностей и предназначены для быстрой и эффективной обработки мультимедийной информации. Они могут использовать разные операционные системы (например, Linux, TiniOs, запускать приложения Java и

микрокадры .NET) и радио с различными технологиями физического уровня (например, IEEE 802.15.4, IEEE 802.11 и Bluetooth). Однако такие платформы потребляют относительно большую мощность ($> 0,5$ В). Примеры тяжелых платформ: Stargate и Imote2. Процессорный блок Stargate использует мощный процессор с большим объемом памяти, работает под управлением операционной системы Linux и может работать в паре с узлами Mica2 или MicaZ для беспроводной связи IEEE 802.15.4, а также с беспроводными модулями IEEE 802.11 или Bluetooth. Устройство Imote2 представляет собой платформу, состоящую из процессора и трансивера. На платформе могут использоваться разные операционные системы. В работе использовали платформу Imote2 для передачи изображений через BSS. В активном режиме он потребляет 66 мА с включенным трансивером и тактовой частотой процессора 104 МГц. Размеры бортика платформы $36 \times 48 \times 9$ мм. Анализ состояния развития и различных прототипов беспроводных сенсорных узлов и сетей на их основе показывает, что они используют два подхода:

а) основная обработка полученных сенсорных данных происходит в сенсорном узле, а ее результаты в виде коротких сообщений передаются по сети в корневой узел,

б) узел выполняет первичную обработку информации, например сжатие, и передает по сети значительно меньшие объемы информации, чем те, которые изначально были получены от датчика.

Однако эти суммы больше (возможно, намного больше), чем потоки, типичные для сенсорных сетей, передающих скалярные данные. В первом случае, если общий поток данных, который узлы передают в сеть, не превышает нескольких десятков Кбит/с, беспроводные трансиверы на основе технологии ZigBee могут использоваться достаточно эффективно. Во втором случае, когда потоки данных составляют сотни Кбит/с и более, необходимы другие беспроводные решения. Этот вывод сделан по принципу — решают ли коммуникационные технологии проблему или нет [9].

Но есть еще одна проблема — какова цена решения? существует узел беспроводного датчика, который потребляет энергию для сжатия, обработки и передачи данных по каналу беспроводной связи. Здесь уже ставится вопрос: как эффективно использовать энергию, имеющуюся в батареях узла, для достижения максимальной автономности распределения между процессором, обрабатывающим данные, и приемопередатчиком, который передает обработанные данные? Чем глубже обработка данных, тем больше единиц энергии потребляется. В то же время, чем больше информации сжимается, тем меньше передается данных и, как следствие, энергия, потребляемая трансивером.

Требования к сети мультимедиа сенсора

Основная особенность BMSS по сравнению с классической BSS — это большой объем входных данных, которые сетевые узлы получают через датчики. Это также относится к видео и аудио датчикам. При использовании видеодатчика объем входных данных может варьироваться от десятков килобайт в секунду для периодических изображений низкого разрешения до сотен мегабайт в секунду для видеорежимов высокого разрешения с частотой 60 кадров в секунду и более. Для акустических датчиков скорость ввода оцифрованных данных может варьироваться от 10 КБ/с (человеческий голос) до 100 КБ/с (высококачественный музыкальный звук). Данные, полученные от датчика, требуют обработки непосредственно в узле датчика, чтобы значительно уменьшить объем информации, которая информационные сети, скорость $C > 1$ Мбит / с.

Технология прямо-хаотической передачи данных

Схема прямой хаотической связи, использующая хаотические импульсы в качестве носителя информации, была предложена в ИРЭ РАН в 2000 г. По предложению ИРЭ В. А. Котельникова РАН и Samsung в 2007 г. технология была включена в качестве дополнительного решения в стандарт беспроводной персональной связи IEEE 802.15.4a [10].

В начале 2012 г. был опубликован новый стандарт IEEE 802.15.6 для телесных беспроводных сетей. Он также использует прямую беспроводную хаотическую связь, теперь как одно из основных решений. Для организации беспроводных сверхширокополосных мультимедийных сетей технология прямой хаотической связи имеет следующие преимущества:

1. использование нового нелицензируемого частотного ресурса (частоты от 3,1 до 10,6 ГГц, в России от 2,85 до 10,6 ГГц),
2. большая пропускная способность канала связи для BSS. Существующие в настоящее время приемопередатчики прямого хаоса имеют физическую скорость передачи данных между узлами до 6 Мбит / с. Его можно увеличить до 24 Мбит / с,
3. высокая энергоэффективность,
4. устойчивость к замиранию в многолучевых каналах связи.

Для изучения практических вопросов использования приемопередатчиков прямого хаоса в мультимедийных сенсорных сетях и количественной оценки их эффективности был разработан и исследован экспериментальный узел беспроводного видеосенсора в составе сетей простейших конфигураций.

Обсуждение и выводы

По сравнению с традиционными беспроводными сенсорными сетями мультимедийные сети работают с сенсорами, которые собирают значительно большие объемы информации из окружающей среды. По своим возможностям платформы для узлов мультимедийных (видео) сенсоров можно условно разделить на три группы: платформы легкого класса, платформы среднего класса и платформы тяжелого класса. Легкие платформы обладают минимальной вычислительной мощностью и скоростью передачи данных. Они оснащены датчиками до нескольких десятков Кбит/с, которые передаются без обработки по низкоскоростным радиоканалам. Стандартным радиоканалом для них можно считать канал на основе ZigBee с максимальной физической скоростью передачи 250 Кбит/с в топологии «точка-точка». Эти платформы отличаются низким энергопотреблением (до 50-100 мВт). Платформы среднего класса имеют более мощные вычислительные устройства и память, чем платформы легкого класса, которые используются для локальной обработки данных, собираемых датчиками, но, как и платформы легкого класса, используют низкоскоростные радиоканалы. Энергопотребление узлов датчиков среднего класса выше, чем узлов датчиков легкого класса (несколько сотен мВ). Сверхмощные платформы обладают большими вычислительными возможностями и способны работать с каналами класса Wi-Fi (энергопотребление около 1 В и более). Серьезной проблемой при построении мультимедийных сетей с длительным временем автономной работы (платформы легкого и среднего классов) является низкая пропускная способность радиоканалов при приемлемом энергопотреблении. Для решения этой проблемы в данной статье предлагается использование беспроводных сенсорных узлов на основе сверхширокополосных приемопередатчиков прямого хаотического типа. Физическая скорость передачи между такими узлами составляет несколько Мбит/с, что значительно превышает минимальные требования для скорости передачи 1 Мбит/с.

Предварительные оценки показали, что использование трансиверов на основе сверхшироких хаотических радиоимпульсов позволяет передавать мультимедийную информацию в беспроводных сенсорных сетях с различной топологией и со значительно меньшим энергопотреблением по сравнению с существующими решениями на основе узкополосных систем.

Список литературы:

1. Rosário D. et al. Mobile Multimedia - User and Technology Perspective.
2. Almalkawi I. T., Raed J., Alghaeb N., Zapata M. G. An Efficient Location Privacy Scheme for Wireless Multimedia Sensor Networks // 2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). IEEE, 2019. P. 1615-1618. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2019.8869338>
3. Дмитриев А. С., Мохсени Т. И., Сьерра-Теран К. М. Относительная передача информации на основе хаотических радиоимпульсов // Радиотехника и электроника. 2018. Т. 63. №10. С. 1074-1082. <https://doi.org/10.1134/S0033849418100078>
4. Дмитриев А. С., Панас А. И. Динамический хаос: новые носители информ. для систем связи. М.: Физматлит, 2002. 251 с.
5. Дмитриев А. С., Ефремова Е. В., Ицков В. В., Петросян М. М. Радиосвет: концепция и научно-технические решения // Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн. 2018. С. 22-34.
6. Дмитриев А. С., Ефремова Е. В., Лазарев В. А., Герасимов М. Ю. Сверхширокополосная беспроводная самоорганизующаяся прямохаотическая сенсорная сеть // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. № 3. С. 19-29.
7. Sharif A., Potdar V., Chang E. Wireless multimedia sensor network technology: A survey // 2009 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics. IEEE, 2009. P. 606-613. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2009.5195872>
8. Le K. T. Designing a ZigBee-ready IEEE 802.15. 4-compliant radio transceiver // RFDesign Magazine. 2004. P. 42-50. <http://rfdesign.com>
9. Бобков Е. О., Балашова Е. А., Панин Д. Н. Обеспечение информационной безопасности критической информационной инфраструктуры с ИОТ-технологиями // Экономика и общество: перспективы развития: Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции. Киров, 2020. С. 221-225.
10. IEEE Computer Society. Technical Committee on Operating Systems, IEEE Standards Board. IEEE Standard for Information Technology: Test Methods for Measuring Conformance to POSIX. New York, NY, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1991. V. 1003.

References:

1. Rosário, D., Machado, K., & Abelém, A. Mobile Multimedia - User and Technology Perspective.
2. Almalkawi, I. T., Raed, J., Alghaeb, N., & Zapata, M. G. (2019). An Efficient Location Privacy Scheme for Wireless Multimedia Sensor Networks. *2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*. IEEE, 1615-1618. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2019.8869338>
3. Dmitriev, A. S., Mokhseni, T. I., & Teran, K. M. S. (2018). Differentially coherent information transmission based on chaotic radio pulses. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 63(10), 1183-1190. (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0033849418100078>

4. Dmitriev, A. S., & Panas, A. I. (2002). Dinamicheskii khaos: novye nositeli inform. dlya sistem svyazi. Moscow. (in Russian).
5. Dmitriev, A. S., Efremova, E. V., Itskov, V. V., & Petrosyan, M. M. (2018). Radiosvet: kontseptsiya i nauchno tekhnicheskie resheniya. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya, radiolokatsii, rasprostraneniya i difraktsii voln*, 22-34. (in Russian).
6. Dmitriev, A. S., Efremova, E. V., Lazarev, V. A., & Gerasimov, M. Yu. (2013). Sverkhshirokopolosnaya besprovodnaya samoorganizuyushchayasya pryamokhaoticheskaya sensornaya set. *Uspekhi sovremennoi radioelektroniki*, (3), 19-29. (in Russian).
7. Sharif, A., Potdar, V., & Chang, E. (2009, June). Wireless multimedia sensor network technology: A survey. *2009 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics. IEEE*, 606-613. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2009.5195872>
8. Le, K. T. (2004). Designing a ZigBee-ready IEEE 802.15. 4-compliant radio transceiver. *RFDesign Magazine*, 42-50. <http://rfdesign.com>
9. Bobkov, E. O., Balashova, E. A., & Panin, D. N. (2020). Obespechenie informatsionnoi bezopasnosti kriticheskoi informatsionnoi infrastruktury s IOT-tekhnologiyami. *Ekonomika i obshchestvo: perspektivy razvitiya: Sbornik materialov IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Kirov*, 221-225. (in Russian).
10. (1991). IEEE Computer Society. Technical Committee on Operating Systems, & IEEE Standards Board. *IEEE Standard for Information Technology: Test Methods for Measuring Conformance to POSIX. Vol. 1003. New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers*.

Работа поступила
в редакцию 28.12.2020 г.

Принята к публикации
10.01.2021 г.

Ссылка для цитирования:

Ольберг П. А. Мультимедийные сенсорные сети на основе сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №2. С. 220-226. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/21>

Cite as (APA):

Olberg, P. (2021). Multimedia Sensor Networks Based on Ultra-wideband Chaotic Radio Pulses. *Bulletin of Science and Practice*, 7(2), 220-226. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/21>