

# ОРГАНИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СТАНДАРТА ZIGBEE\*

*Д.А. Шнайдер, Е.И. Крахмалев, А.В. Кинаш*

## DISTRIBUTED STREET LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON ZIGBEE WIRELESS NETWORK STANDARD

*D.A Shnaider, E.I. Krakhmalev, A.V. Kinash*

В статье рассмотрены принципы организации систем связи, а также основные особенности технологии беспроводной связи стандарта ZigBee. Предложена структура распределенной автоматизированной системы управления уличным освещением на основе модулей связи стандарта ZigBee.

*Ключевые слова: управление уличным освещением, ZigBee.*

The article describes the principles of organization of communication systems, as well as the basic features of ZigBee wireless technology standard. The structure of a distributed automatic control system of street lighting based on the ZigBee standard communication modules is presented.

*Keywords: street lighting control, ZigBee.*

### Введение

В настоящее время активно развиваются энергосберегающие системы светодиодного уличного освещения. Отличительной особенностью современных светодиодных светильников является наличие регулируемого источника питания, обеспечивающего плавное изменение мощности светового потока в зависимости от внешнего управляющего сигнала. Применение подобных светильников позволяет учитывать фактический уровень естественной освещенности, время суток и за счет регулирования яркости достигать максимального качества освещения при минимальных затратах электроэнергии. При этом актуальной является создание распределенных автоматизированных систем управления уличным освещением, обеспечивающих индивидуальное регули-

рование и контроль параметров каждого светильника. Решение данной задачи может основываться на использовании стандарта беспроводной связи ZigBee.

Стандарт беспроводной передачи ZigBee является относительно новой технологией, которая, главным образом, предназначена для организации связи между автономными приборами и клиентским оборудованием. Спецификация ZigBee разработана для создания дешевых беспроводных сетей с низким энергопотреблением используемых для передачи небольших объемов данных. Указанные особенности определяют перспективность стандарта ZigBee и дают возможности его использования в автоматизированных системах управления уличным освещением.

---

\* Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

---

Шнайдер Дмитрий Александрович - канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и управления ЮУрГУ, [shnayder@ait.susu.ac.ru](mailto:shnayder@ait.susu.ac.ru)

Крахмалев Евгений Игоревич - аспирант кафедры автоматики и управления ЮУрГУ, [mail@ait.susu.ac.ru](mailto:mail@ait.susu.ac.ru)

Кинаш Александр Викторович - аспирант кафедры автоматики и управления ЮУрГУ, ведущий специалист ЦЭС ОАО «ММК»; [kinash@mmk.ru](mailto:kinash@mmk.ru)

---

Shnaider Dmitry Aleksandrovich - PhD, associate professor of Automation and control department of SUSU; [shnayder@ait.susu.ac.ru](mailto:shnayder@ait.susu.ac.ru)

Krakhmalev Evgeny Igorevich - postgraduate student of Automation and control department of SUSU; [mail@ait.susu.ac.ru](mailto:mail@ait.susu.ac.ru)

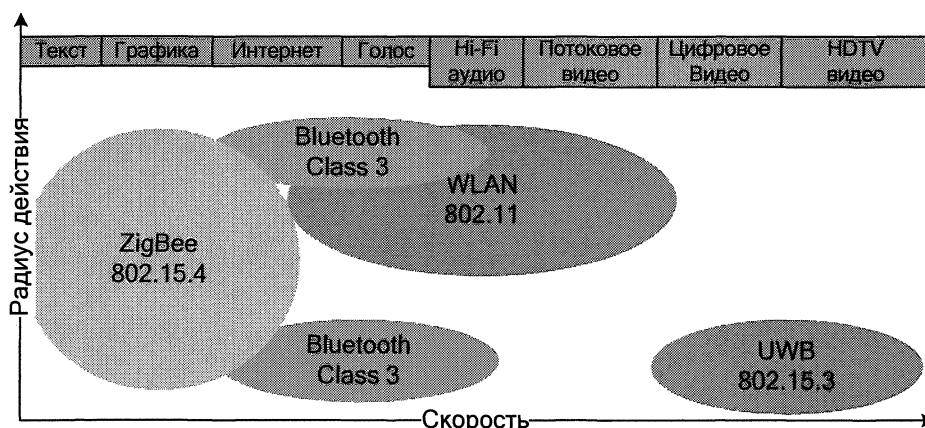
Kinash Alexander Viktorovich - postgraduate student of Automation and control department of SUSU, leading expert on automation of Central power station of «Magnitogorsk metallurgical industrial complex» (open joint stock company); [kinash@mmk.ru](mailto:kinash@mmk.ru)

**1. Принципы организации систем беспроводной связи стандарта ZigBee**

Технология ZigBee заняла нишу радиointерфейсов для низкоскоростных приложений с крайне малым энергопотреблением, где использовались технологии с более высокими эксплуатационными характеристиками и с высоким энергопотреблением. Приведенные на рис. 1 стандарты (Bluetooth, WLAN) отлично подходят для передачи больших объемов информации (голоса, данных, видео) с высокой скоростью (от 1 до 200 Мбит/с) и с дальностью передачи от 10 до 100 метров. Устройства на их основе способны работать в автономном режиме (от батарей и аккумуляторов). Все это позволяет заменить проводные соединения в таких системах, как компьютерные и развлекательные системы, вычислительные сети. Однако существует огромное множество систем (разнообразные датчики, системы контроля и сбора информации и т. д.), в том числе системы автоматизированного управления и диспетчеризации уличным освещением, обладающих особой спецификой (небольшие объемы передаваемой информации, малое энергопотребление, простота установки и обслуживания, большое количество узлов сети и т. п.), вследствие чего в такого рода приложениях невозможно со 100%-ной эффективностью использовать упомянутые технологии. Именно на реализацию подоб-

ных задач нацелен стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) для низкоскоростных WPAN-сетей (рис. 1).

Технология ZigBee описана в одноименной спецификации, в которую включен стандарт IEEE 802.15.4. Этот стандарт содержит описание радиочастотной части сети ZigBee: типы модуляции (BPSK и O-QFSK), частотные диапазоны (868, 902 и 2400 МГц), и соответствующая им скорость передачи 20, 40 или 250 кбит/с. Также этот стандарт выдвигает требования к безопасности передачи данных - обязательное использование шифрования 128-битным ключом по стандарту AES на уровне «Звена Данных» (Data link layer). Стандарт 802.15.4 предполагает наличие уникального 64-битного адреса на MAC уровне, а также наличия дополнительного 16-битного сетевого адреса (PAN-ID) для определения принадлежности данного устройства к той или иной WPAN (Wireless Personal Area Network). Существуют следующие режимы передачи: от конечного устройства к координатору; от координатора к конечному устройству; между двумя конечными устройствами без посредника. В соответствии с этим в 802.15.4 возможны только два типа топологий: «точка-точка» или «точка-многоточие». В версии ZigBee V1.0 могут быть реализованы топологии «кластерное дерево» и «ячейка». Топологии представлены на рис. 2. Сообщение может передаваться от одного устройства



**Рис. 1. Беспроводные стандарты**



**Рис. 2. Топологии сети ZigBee**

к другому через промежуточные маршрутизаторы - роутеры (см. рис. 2).

Роль роутера может выполнять любое законченное устройство ZigBee, в программе которого реализованы функции выполнения маршрутизации сообщений. Также с роутерами связаны функции авторизации доступа нового устройства в сеть. Если какое-либо устройство после включения не имеет флагов о наличии регистрации в своей памяти, оно попытается найти сеть путем пассивного, а затем и активного сканирования. При положительном результате сканирования (найден роутер или координатор в зоне действия устройства) начинается активный обмен пакетами с целью идентификации и определения полномочий нового устройства в сети. После этого на координаторе сети и соседних роутерах создаются идентификационные записи.

Описанный алгоритм является частью технологии самоформирования и самолечения сети. В случае выпадения роутера из сети включается поиск альтернативных маршрутов (топология mesh) передачи сообщения, что повышает отказоустойчивость системы. Обязательным условием для работы механизмов самоформирования и самолечения сети является наличие устройства выполняющего функции координатора. Координатор - это полнофункциональное ZigBee устройство, в памяти которого хранится основная часть информации о сети и ее участниках. Координатор действует как надсмотрщик сети, принимает решения о допуске новых участников и рассылает сообщение "beacon" для общесетевой синхронизации.

Конечные устройства организуют интерфейс между периферийным оборудованием и сетью ZigBee. Поскольку к одному конечному устройству сети ZigBee может быть подключено множество объектов, в спецификации предусмотрена дополнительная 8-битная адресация потребителей информации.

Временное разделение ZigBee базируется на использовании режима синхронизации, при котором подчиненные сетевые устройства, большую часть времени находящиеся в «спящем» состоянии, периодически «просыпаются» для приема сигнала синхронизации от сетевого координатора, что позволяет устройствам внутри локальной сетевой ячейки знать, в какой момент времени осуществлять передачу данных. Данный механизм, основанный на определении состояния канала связи перед началом передачи, позволяет существенно сократить (но не устранить) столкновения, вызванные передачей данных одновременно несколькими устройствами.

Все описанные достоинства стандарта ZigBee дают возможность применения технологии для организации распределенной системы автоматизированной системы управления уличным освещением.

## 2. Структура распределенной системы автоматизированной системы управления уличным освещением

В современных системах освещения можно выделить несколько групп объектов автоматизации малой и средней сложности: управляемые светильники, автоматизированные пункты питания, локальные пульта управления и удаленные автоматизированные места. При этом дальность расположения светильников по любому из трех измерений редко превышает 100 м. Вести сигнальный провод к каждому из них неэффективно, поэтому целесообразнее использовать беспроводную вычислительную сеть малого радиуса действия (ZigBee). Малая удаленность составных частей системы делает возможным связь между модулями без использования ретрансляции, а значит, не требует дополнительной аппаратуры и повышает надежность системы. Гибкость архитектуры построения беспроводных систем позволяет впоследствии легко и с небольшими затратами производить наращивание системы.

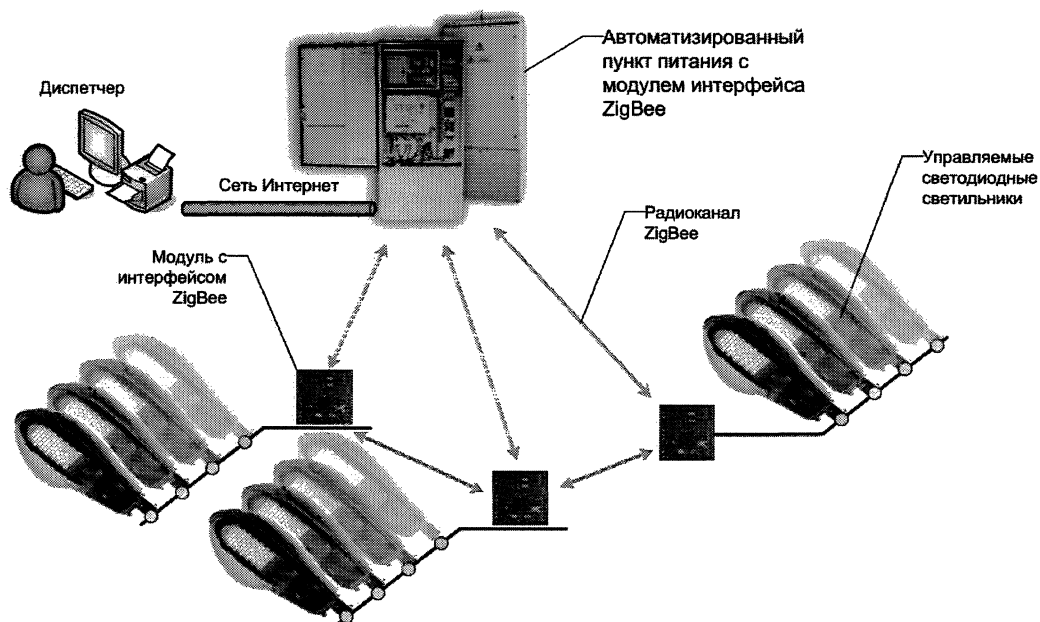
Управляющие модули устанавливаются на корпусе светильников или в непосредственной близости от них. Связь с центральным контроллером осуществляется по радиоканалу ZigBee, что автоматически обеспечивает гальваническую изоляцию между модулями. При этом длина кабельных линий минимальна. Другим немаловажным преимуществом распределенной системы является высокая живучесть, так как при выходе из строя одного из управляющих модулей возможно использование резервных маршрутов. При подобной организации системы центральный процессор может обладать меньшими вычислительными мощностями, а следовательно, быть доступнее, дешевле и иметь меньшие массогабаритные размеры (рис. 3).

Одним из основных преимуществ стандарта ZigBee является простота установки и обслуживания подобных систем. Особенности спецификации ZigBee позволяют с легкостью развертывать беспроводные персональные сети. Таким образом происходит объединение двух устройств в сеть либо привязка, например, мобильного пульта управления и отладки к определенному светильнику. В результате появляется возможность создания единой сети совместимых устройств от различных производителей.

Главным достоинством технологии ZigBee является цена. Стоимость готового модуля, базирующегося на стандарте 802.15.4/ZigBee, сейчас составляет около 40 \$ и будет постепенно снижаться в течение нескольких лет.

Таким образом, применение технологии ZigBee позволяет построить распределенную беспроводную сеть уличного освещения, обладающую рядом достоинств:

1) возможностью получения всех данных о процессе освещения, а именно: текущих значений



**Рис. 3. Структура распределенной системы автоматизированной системы управления уличным освещением**

потребления электроэнергии, уровня яркости, наработки светильника;

2) простотой установки, наладки и ремонта оборудования;

3) низкой стоимостью внедрения беспроводной сети.

#### **Выводы**

1. Перспективным направлением развития систем уличного освещения является применение распределенных автоматизированных систем, обеспечивающих диспетчерское управление, индивидуальное регулирование и контроль параметров светодиодных светильников. Решение данной задачи может основываться на использовании стандарта беспроводной связи ZigBee.

2. В статье рассмотрены принципы организации систем связи, а так же основные особенности технологии беспроводной связи стандарта ZigBee.

3. Предложена структура распределенной автоматизированной системы управления уличным освещением на основе модулей беспроводной связи стандарта ZigBee.

#### **Литература**

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
2. <http://www.zigbee.org>
3. Применение радиомодемов стандарта IEEE802.15.4 (ZigBee) в системах промышленной автоматизации. Алексей Николаев, Владимир Чумыкин. -<http://www.compeljournal.ru>
4. Особенности построения беспроводных сетей на базе технологии ZigBee. Виктор Захарьев. - <http://www.compeljournal.ru>
5. Реализация беспроводных сетей на основе технологии ZigBee стандарта 802.15.4. Михаил Соколов, Олег Воробьев, -[http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05\\_02/stat\\_160.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_02/stat_160.htm)

*Поступила в редакцию 28 декабря 2009 г.*