

Технология ZigBee LightLink – просто, удобно, эффективно

Александр Калачёв (г. Барнаул)

Внедрение осветительных устройств, поддерживающих стандарт ZigBee LightLink, позволяет более рационально использовать электроэнергию и не требует специальных навыков в установке, конфигурировании и программировании устройств.

ВВЕДЕНИЕ

В области технологий производства светильников и систем освещения можно выделить две основные тенденции:

- переход на энергосберегающие светильники (светодиодные, электролюминесцентные);
- развитие и внедрение систем управления освещением.

Энергосберегающие светильники являются технологически сложными устройствами, имеющими собственные схемы электронных балластов или источников питания. Это, безусловно, повышает стоимость светильников. Однако наличие электронных балластов или источников питания существенно улучшает эксплуатационные характеристики. Так, корректор коэффициента мощности снижает влияние светильника на питающую сеть, способствует снижению общего уровня электромагнитных помех, позволяет работать светильнику в широком диапазоне питающих напряжений без ухудшения качества света (без уменьшения светового потока и повышения уровня пульсаций светового потока).

Наличие собственного источника питания часто даёт возможность управления светильником (регулировать яркость, включать и выключать) при помощи слаботочных управляющих сигналов и без применения механических выключателей. Управление светильниками в пределах помещения или здания позволяет оптимизировать режим энергопотребления, что в итоге сокращает расходы на освещение без снижения уровня комфорта и нарушения гигиенических норм, несмотря на относительно высокую стоимость светильников.

Системы управления освещением могут быть реализованы на базе проводных систем управления и переда-

чи данных (например, шин RS-485, сетей CAN, Ethernet и др.) и на базе беспроводных технологий (802.15.4, ZigBee, 6LoWPAN, RF4CE и др.). Возможна также комбинация различных решений.

Сети ZigBee

Одними из наиболее распространённых беспроводных сетей управления являются сети, построенные на базе стандартов альянса ZigBee. На сегодняшний день альянсом представлены десять профилей, регламентирующих состав, функции и способы взаимодействия узлов сетей различного назначения, – ZigBee Smart Energy, ZigBee Home Automation, ZigBee Remote Control, ZigBee Health Care, ZigBee Telecom Services, ZigBee Building Automation, ZigBee Retail Services, ZigBee 3D Sync, ZigBee Input Device, ZigBee Light Link [1].

Стандарты ZigBee Smart Energy, ZigBee Home Automation, ZigBee Building Automation предлагают комплексный подход к автоматизации управления различными системами и приборами жилых, коммерческих и промышленных помещений и включают в себя функции управления осветительными приборами (в частности, профиль ZigBee Home Automation). Стремительное развитие и совершенствование производства светодиодов и светильников на их основе позволило в полной мере реализовать функции управления освещением, поставив, тем не менее, ряд новых задач.

Снижение стоимости светодиодных светильников способствует их широкому распространению и постепенному вытеснению устаревающих светильников (ламп дневного света, ламп накаливания). Немаловажным фактором при замене светильников на светодиодные является простота их интеграции в существующие системы управления освещением и системы ав-

томатизации зданий. Большинство из перечисленных выше стандартов сетей при их развёртывании требуют комплексного подхода, часто с участием квалифицированных специалистов. Вместе с тем потенциальный рынок устройств и систем, не требующих профессиональной установки и настройки (типа включил – работает), достаточно велик.

В конце апреля 2012 г. альянс ZigBee объявил о завершении разработки и ратификации стандарта ZigBee Light Link [2], предназначенного для реализации беспроводных систем управления осветительным оборудованием. Инициаторами разработки стандарта выступили такие известные производители осветительного оборудования, как Philips, Osram, GreenWave, Sylvania и GE в содружестве с фирмами – производителями программного обеспечения и электронных компонентов, в том числе, STMicroelectronics, Atmel, Texas Instruments, Ember и NXP.

Предполагается, что устройства на базе нового стандарта будут так же просты в использовании, как и обычные домашние регуляторы освещения. Энергосберегающие лампы, светодиодные светильники, датчики, таймеры и пульты управления, выполненные с использованием ZigBee Light Link, будут включаться в единую сеть без применения каких-либо специальных координирующих устройств, что позволит потребителям легко дополнять свои сети освещения новыми приборами. При этом от потребителя не требуется каких-либо навыков установки, конфигурирования и программирования сетевых устройств.

Как и все устройства, использующие стандарты ZigBee, световые приборы ZigBee Light Link могут управляться через компьютеры, планшеты и смартфоны, подключённые к сети Интернет. Благодаря новому стандарту, потребители получают преимущества беспроводного управления освещением, а также возможность комбинировать в одной системе устройства разных производителей.

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-------------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----|-------------------------------|---|------------------------------|
| Типы сетей | RF4CE | | | ZigBee PRO | | | | | | | IP | |
| Профили приложений | ZRC | ZID | Z3S | ZLL | ZHA | ZBA | ZTS | ZRS | ZHC | ZSE 1.x | ZSE 2.0 | |
| Сетевые протоколы | ZigBee RF4CE | | ZGP | ZigBee PRO | | | | | | ZigBee IP (на базе IETF) | | Альтернативные реализации IP |
| MAC подуровень | IEEE 802.15.4 MAC | | | | | | | | | | Альтернативные реализации MAC подуровня | |
| Подуровень PHY | IEEE 802.15.4 для частот менее 1 ГГц | | | | IEEE 802.15.4 для диапазона 2.4 ГГц | | | | | | Альтернативные реализации PHY подуровня | |
| | ZGP – ZigBee Green Power | | | Z3S – ZigBee 3D Sync | | | ZHA – ZigBee Home Automation | | | ZTS – ZigBee Telecom Services | | |
| | ZRC – ZigBee Remote Control | | | ZSE – ZigBee Smart Energy | | | ZLL – ZigBee Light Link | | | ZRS – ZigBee Retail Services | | |
| | ZID – ZigBee Interface Device | | | ZIP – ZigBee Internet Protocol | | | ZBA – ZigBee Building Automation | | | ZHC – ZigBee Health Care | | |

Рис. 1. Семейство стандартов альянса ZigBee

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ZIGBEE LIGHT LINK

Стандарт ZigBee Light Link регламентирует функции и взаимодействие управляемых светильников, регуляторов света и устройств управления, обеспечивая совместимость устройств различных производителей, а также легкую интеграцию устройств в существующие или вновь развёртываемые сети. Стандарт позволяет удалённо управлять освещением помещений или зданий в зависимости от времени суток, освещённости, времени года, обеспечивая приемлемый уровень комфорта в сочетании с экономией электроэнергии.

В сети стандарта ZigBee Light Link не предусмотрено специально выделенных устройств, управляющих сетью (координаторов). В результате этого предельно упростилось использование таких сетей и устройств в повседневной жизни. Поскольку ZigBee Light Link является одним из стандартов ZigBee, устройства с его поддержкой являются совместимыми с устройствами родственных стандартов, включая ZigBee Home Automation, ZigBee Input Device, ZigBee Remote Control, ZigBee 3D Sync и ZigBee Health Care [2–4].

СТРУКТУРА ПРОФИЛЯ ZIGBEE LIGHT LINK

Так же как и другие профили ZigBee, профиль Light Link работает поверх стека протоколов ZigBee PRO (см. рис. 1) [4, 5]. Приложение в данном случае обеспечивает выполнение команд профиля на конкретной аппаратуре. Профиль предусматривает не только стандартизованные функции управления светильником, но и механизм подключения новых устройств к сети, называемый Touchlink, без координа-

тора сети и с достаточным уровнем безопасности.

Структура профиля ZigBee Light Link представлена на рисунке 2. Для поддержки межсетевое взаимодействия совместно со стеком протоколов ZigBee PRO действует компонент APS/NWK. Сам профиль реализует три основные функции:

- поддержку подключения и работы устройств в сети без координатора;
 - обеспечение безопасности;
 - библиотеку функций управления – кластер Light Link (основанный на функциях ZigBee Cluster Library с добавлением специализированных функций управления).
- В сеть профиля ZigBee Light Link входит только два типа устройств – устройства освещения (светильники) и устройства управления (пульты управления, контроллеры устройств).
- Основные устройства освещения:
- светильник с функциями включения/выключения;
 - выключатель;
 - светильник с регулируемым уровнем яркости;
 - регулятор света;
 - RGB-светильник (цветная подсветка);
 - подсветка интерьера и внешняя подсветка зданий;

- светильник с регулируемой цветовой температурой.
- Устройства управления освещением:
- RGB-контроллеры;
- RGB-контроллеры подсветки сцен;
- контроллеры управления освещением;
- выключатели;
- мосты и шлюзы для передачи управляющих команд.

Список кластеров функций, поддерживаемых в ZigBee Light Link, представлен в таблице.

Для рынка готовых устройств или приборов, предназначенных для самостоятельной установки, простота использования или запуска в работу является ключевым фактором популярности и успеха. Приборы освещения, безусловно, относятся к данному классу приборов, – не так часто потребитель вызывает мастера для смены лампочки дома или настройки телевизионных каналов.

Лёгкость развёртывания сети или интеграции в существующую сеть Light Link нового прибора обеспечивает механизм Touchlink, не требующий наличия в сети координатора. Touchlink использует механизм межсетевого взаимодействия (inter-PAN) для интеграции устройства в сеть. Передаваемые Touchlink сообщения со-

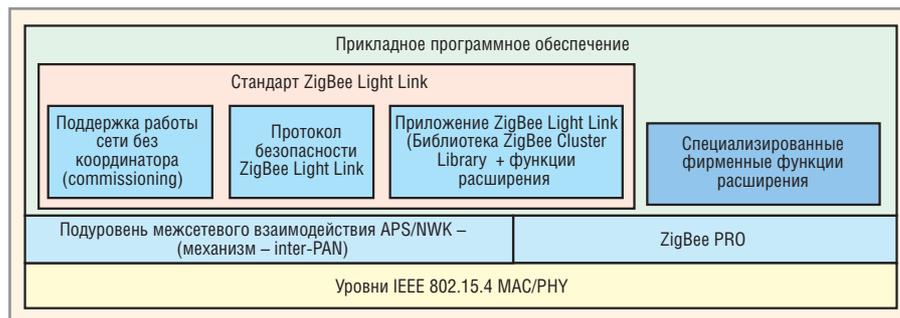


Рис. 2. Структура профиля ZigBee Light Link

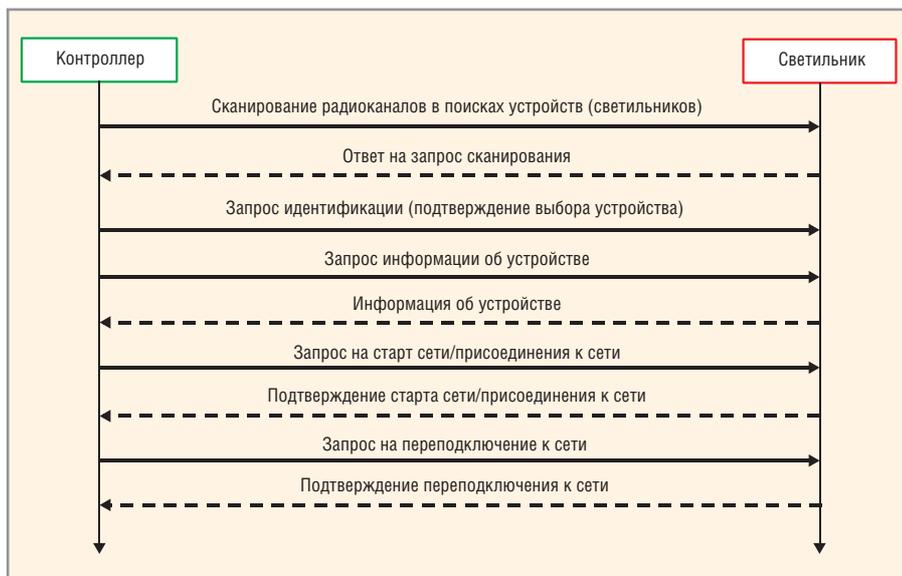


Рис. 3. Последовательность процедуры подключения Touchlink

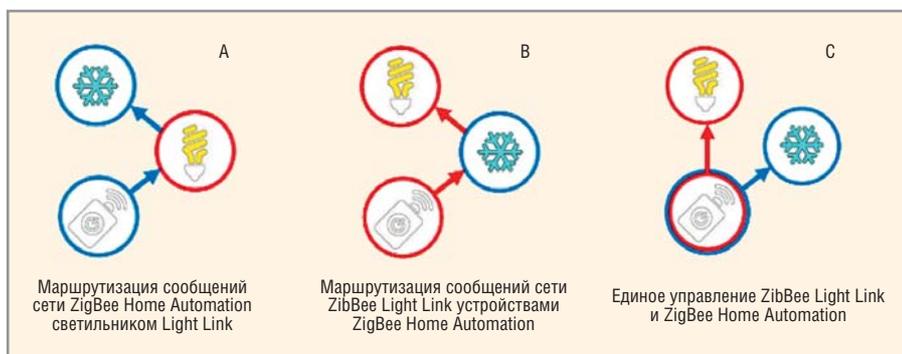


Рис. 4. Пример взаимодействия устройств ZigBee Light Link с устройствами других профилей

держат команды кластера ZigBee Light Link (ZLL) [4, 5]. После первого подключения устройства к сети, оно продолжает работу под управлением стека протоколов ZigBee PRO.

Процесс подключения устройства выглядит следующим образом:

- пользователь приобретает светильник и контроллер;
- включив питание светильника, пользователь на контроллере нажимает кнопку, инициирующую процедуру подключения Touchlink (см. рис. 3);

- по завершении процедуры пользователь получает возможность управлять светильником с данного контроллера.

Поскольку при работе устройств ZigBee Light Link после подключения используется стек ZigBee PRO, они могут взаимодействовать с устройствами других профилей ZigBee. Например, светильник может маршрутизировать и пересылать сообщения для системы кондиционирования; пакеты, предназначенные приборам освещения, могут быть переданы другими устройст-

вами автоматизации; один и тот же пульт управления может быть использован для всех устройств в доме или помещении (см. рис. 4).

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТИ ZigBee LIGHT LINK

Поскольку сети ZigBee Light Link функционируют без координатора и, следовательно, без доверительного центра, в них нет возможности использовать традиционный для сетей ZigBee механизм обеспечения безопасности. Поэтому ZigBee Light Link использует механизм безопасности сетевого уровня, когда стороны, участвующие в обмене данными, предварительно должны обменяться сетевым ключом.

Инициатор процедуры Touchlink отвечает за генерацию ключа и передачу его второму устройству при установлении соединения. Для того чтобы ключ не передавался в открытом виде, он шифруется мастер-ключом ZigBee Light Link, который присваивается устройству при подтверждении соответствия спецификации.

Устройства обнаруживают друг друга посредством Touchlink. Инициатор генерирует случайный ключ, шифрует его мастер-ключом и передаёт на сетевой уровень, одновременно запрашивая подключение к сети и передавая зашифрованный ключ. Устройство расшифровывает ключ мастер-ключом и передаёт его на сетевой уровень. Полученный ключ в дальнейшем будет использован при сетевом обмене между устройствами (см. рис. 5).

ПРЕИМУЩЕСТВА СЕТЕЙ ZigBee LIGHT LINK

Сети ZigBee LightLink могут быть использованы для повышения уровня комфорта за счёт возможности удалённого управления устройствами освещения, регулировки уровня яркости,

Список кластеров функций, поддерживаемых в ZigBee Light Link

| Идентификатор кластера | Кластер | Библиотека | Атрибуты | Команды | Таблица сцен (при наличии её поддержки) |
|------------------------|--|------------|----------------|----------------|---|
| 0x0000 | Базовые функции – формирование атрибутов идентификатора | ZLC | Дополнительные | – | – |
| 0x0003 | Идентификация состояния – механизм переключения эффектов | | | | |
| 0x0004 | Группы | ZCL | – | – | – |
| 0x0005 | Сцены – поддержка смен состояния с градациями до 1/10 с, поддержка механизма копирования сцен | ZCL | – | Дополнительные | Дополнительные |
| 0x0006 | Включение/выключение – механизмы управления сценой (возврат к предыдущему состоянию освещённости), задание режимов выключения, включение света на определённое время | ZCL | Дополнительные | Дополнительные | |
| 0x0008 | Управление уровнем освещённости – 16-битные градации уровня | ZCL | Расширенные | – | – |
| 0x0300 | Управление цветом – 16-битные градации уровня, управление цветовой температурой, задание последовательности циклического изменения цвета | ZCL | Дополнительные | Дополнительные | Дополнительные |
| 0x1000 | Подключение к сети ZLL | ZLL | – | Новые | – |

наличия функций управления освещением по таймеру.

Внедрение устройств ZigBee LightLink позволяет более рационально использовать энергию за счёт регулировки освещения в зависимости от уровня освещённости, мониторинга энергопотребления, включения/выключения света в зависимости от присутствия человека в помещении.

Типичный радиус сети Light Link может составлять до нескольких десятков или даже сотен метров (с учётом маршрутизации сообщений узлами сети). При помощи шлюза в Интернете пользователь ZigBee Light Link получает возможность контролировать свою сеть светильников через глобальную сеть.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт ZigBee Light Link ориентирован на применение в экономичных, энергоэффективных светильниках, прежде всего, в светодиодных светильниках основного освещения и декоративной подсветки. В отличие от сетей других профилей, сети Light Link рассчитаны на развёртывание самим потребителем.

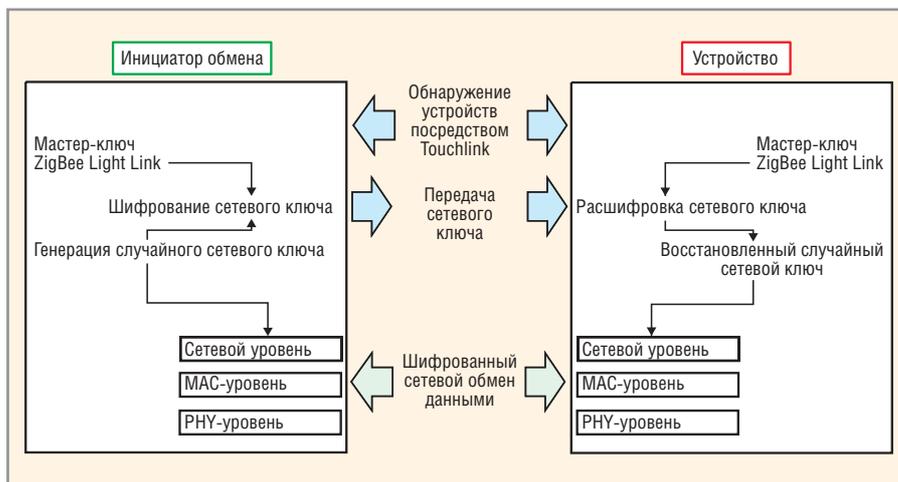


Рис. 5. Процедура установления безопасного соединения между устройствами Light Link

Интернет-шлюзы ZigBee позволяют управлять домашними осветительными приборами удалённо, используя достаточно простые программы – приложения, установленные на смартфонах, коммуникаторах и планшетных компьютерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Understanding ZigBee. <http://www.zigbee.org/About/UnderstandingZigBee.aspx>.
2. ZigBee Light Link Overview. <http://www.zigbee.org/Standards/ZigBeeLightLink/Overview.aspx>.

3. ZigBee Light Link Certified Products. <http://www.zigbee.org/Products/ByStandard/ZigBeeLightLink.aspx>.
4. Exploring New Lighting Opportunities with ZigBee Light Link Webinar. <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/12/docs-12-0255-01-0mwg-exploring-new-opportunities-with-zigbee-light-link.pdf>.
5. Bob Heile. ZigBee Light Link – The consumer friendly intelligent lighting solution. http://www.zigbee.org/portals/0/documents/events/2012_04_26_ZLL-Green%20Lighting-Heile.pdf.

