

Рис. 1. Панель композитов в системе топологического проектирования CLTT-2

### Список литературы

1. Романов, В.И. Иерархический подход к топологическому проектированию микросхем // Информатика. 2012. – № 4. – С.100–107.
2. Романов, В.И. Редактор топологии заказных цифровых СБИС EdTop-2 // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013): материалы международной научной конференции, БГУИР, МИНСК, Беларусь, 23 октября 2013. – Минск: БГУИР, 2013. – С. 314–315.
3. Черемисинова, Л.Д., Базилевич Р.П., Логина И.П. и др. Минимизация площади заказных СБИС на этапе топологического проектирования цифровых схем // Управляющие системы и машины. – УСиМ, 2011. – № 4. – С. 42–50.

УДК 004.72: 004.3

## САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ НА БАЗЕ МОДУЛЕЙ СПЕЦИФИКАЦИИ BLUETOOTH 4.0

А.В. СТАНКЕВИЧ<sup>1</sup>, Ал.А. ПЕТРОВСКИЙ<sup>2</sup>

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь

<sup>1</sup>stankevich@bsuir.by, <sup>2</sup>petrovsky@bsuir.by

Рассматривается архитектура самоорганизующейся однородной беспроводной сети на базе модулей спецификации Bluetooth 4.0 Single-mode. Предложенная сеть позволяет обеспечить произвольное направление передачи сообщений с учетом ретрансляции на значительные расстояния при условии перекрытия пределов досягаемости отдельных подсетей.

*Ключевые слова:* беспроводная сеть, спецификация Bluetooth 4.0, ретрансляция сообщений.

Спецификация Bluetooth была разработана группой Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG). В 2010 году в спецификацию ядра Bluetooth 4.0 была интегрирована технология с низким энергопотреблением (Bluetooth LE) [1]. Спецификация

Bluetooth 4.0 ориентирована на различные мобильные устройства, требующие беспроводного обмена данными.

В докладе рассматривается возможность использования модулей Bluetooth LE в однородной сети для обмена сообщений между ее отдельными узлами с произвольным направлением потока передаваемой информации по сети.

Спецификация Bluetooth 4.0 имеет жесткое ограничение по топологии сети: единственно возможной топологией является звезда. Такая сеть называется пикосетью (piconet). Одно из устройств в пикосети работает как ведущее, а остальные – подчиненные. Подчиненное устройство может быть одновременно подключено только к одному ведущему устройству. Ведущее устройство инициирует соединение в пикосети. В отличие от спецификации Bluetooth 3.0 для спецификации Bluetooth 4.0 отсутствует возможность организации распределенной сети (scatternet), когда ведущее устройство одной пикосети может являться подчиненным в другой.

При организации сети модуль Bluetooth LE может также выполнять роли запрашивающего устройства (advertiser) или сканера (scanner). Поскольку имеется возможность программного изменения ролей Bluetooth LE устройства в сети, то появляется возможность ретрансляции сообщения от узла к узлу до достижения требуемого узла в сети. Такой подход реализуется в беспроводной сети датчиков [2,3], причем чаще всего направление передачи сообщений в такой сети фиксировано от датчиков к некоторому центральному устройству, накапливающему и анализирующему данные.

В настоящее время наблюдается тенденция к добавлению дополнительных «интеллектуальных» функций различным датчикам и использование технологии Bluetooth для разнообразных мобильных устройств. Возникает задача построения сети для обмена сообщениями между ее отдельными Bluetooth LE узлами, причем все узлы в сети должны быть равноценны (однородная сеть).

Рассмотрим архитектуру самоорганизующейся однородной беспроводной сети на базе модулей спецификации Bluetooth 4.0. Сеть Bluetooth LE устройств должна состоять из нескольких подсетей. В подсеть объединяются устройства, находящиеся в пределах досягаемости, и имеющие одинаковый идентификатор (номер) подсети. Номер подсети назначается для каждого устройства заранее, исходя из предполагаемого территориального размещения конкретного узла.

После включения электропитания Bluetooth LE устройство должно зарегистрироваться в подсети. Для этого устройство должно переключиться в роль запрашивающего устройства и сформировать широковещательный запрос. Находящиеся в пределах досягаемости сканирующие узлы сети принимают пакет от запрашивающего устройства и заносят сведения о нем в таблицу доступных устройств. Тип запроса, номер подсети запрашивающего устройства и его адрес (номер устройства в подсети) определяются по информационной части пакета запроса. После регистрации в подсети устройство переходит в состояние сканирования.

Базовым состоянием любого Bluetooth LE устройства в рассматриваемой сети является состояние сканирования. Последовательность действий для обмена данными между парой Bluetooth LE устройств и смена их ролей представлена на рис. 1.

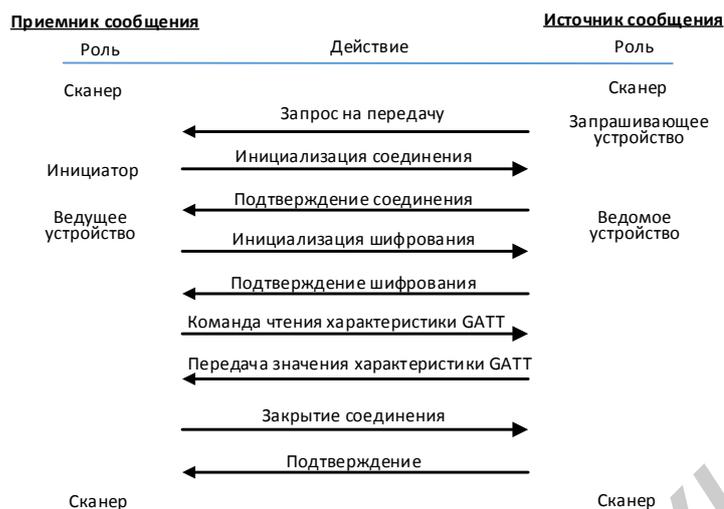


Рис. 1. Последовательность действий для обмена данными между парой Bluetooth LE устройств

Внутри подсети сообщение может быть передано непосредственно адресату, либо при плохом уровне RSSI (Receiver Signal Strength Indication) с адресатом – через ретранслятор. Между подсетями сообщения передаются через ретранслятор.

Возможность организации предложенной сети проверена на базе модулей BLE 112 Bluegiga. Проведены исследования максимальной пропускной способности сети, в результате которых установлено, что максимальная пропускная способность составляет 12 Кбит/с, что недостаточно для передачи голосовых сообщений без компрессии речи. Рассмотрены ограничения при создании приложений для беспроводной сети на базе модулей BLE 112.

#### Список литературы

1. Bluetooth specification Version 4.0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bluetooth.org/en-us/specification/adopted-specifications>. Дата доступа: 10.01.2014.
2. Dargie W., Poellabauer C. Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice. Chichester, John Wiley and Sons, 2010.
3. Buratti C., Conti A., Dardari D., Verdone R. // Sensors. 2009. № 9. С. 6869-6896.