

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ СЕТЕЙ BLUETOOTH, WIFI И ZIGBEE

Кузьменко А.А., студ.; Молоковский И.А., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Совершенствование беспроводных технологий открывает новые возможности в позиционировании объектов. Каждая используемая технология обладает своими особенностями и, тем самым, влияет на эффективность позиционирования. В данной статье предлагается использовать существующие решения на базе ZigBee, WiFi и Bluetooth для анализа и сравнения эффективности их использования. Беспроводные сети передачи данных используют электромагнитные волны радио, ультракороткого и светового диапазона для передачи данных. Беспроводные сети передают данные от передатчиков и приёмников, подключенных к компьютеру к фиксированным приёмникам и передатчикам, подключенным к кабельной сетевой инфраструктуре через устройства, известные как беспроводные точки доступа. Точки доступа располагаются в соответствии с нуждами конечных пользователей и в соответствии с требованиями используемой технологией. Существуют разные технологии передачи данных в беспроводных сетях. Одни призваны передавать данные от устройства к устройству, другие обеспечивают общее покрытие выделенной площади. Преимущества беспроводной сети очевидны. Пользователи беспроводной сети не привязаны к определённому месту, оборудованному информационной розеткой, т.е. ни что не ограничивает работу в сети.

За последнее десятилетие беспроводные сети получили широчайшее распространение. Их использование открывает новые горизонты во многих областях и одно из них – позиционирование. Отказываясь от проводных технологий, мы увеличиваем мобильность узлов, ускоряем развертывание сети, а также можем использовать датчики в труднодоступных районах. За последние несколько лет проделана большая работа по увеличению срока службы датчиков, путем уменьшения его энергопотребления.

В данной работе будут использоваться сети ZigBee, WiFi и Bluetooth для позиционирования объекта внутри помещения [4,5]. ZigBee является наиболее молодой и перспективной технологией для построения беспроводных сетей с небольшими объемами передаваемой информации. Протокол ZigBee изначально разрабатывался для объединения в сеть большого количества автономных устройств, например датчиков и выключателей с батарейным питанием. Стандарт ZigBee опирается на Стандарт 802.15.4, который описывает физическую среду передачи сигнала (PHY уровень) и способы доступа к ней (MAC уровень). Другими словами, стандарт 802.15.4. оговаривает следующие параметры радиосети - диапазон частот, тип модуляции, структуру пакетов, правила формирования контрольной суммы, способы предотвращения коллизий и т.д. Все эти характеристики, в большей или меньшей степени, реализуются в микросхеме приемопередатчика (трансивера). Трансиверы, отвечающие стандарту 802.15.4, могут использоваться самостоятельные устройства, если необходимо организовать связь точка-точка или звезда. Для организации полноценной сети ZigBee необходимо добавить микроконтроллер, в который должен быть загружен набор управляющих программ, так называемый стек протоколов ZigBee. Последовательная ретрансляция пакетов от узла источника до узла адресата. Существует несколько альтернативных алгоритмов маршрутизации и их автоматический выбор. ZigBee дает возможность использования каналов в нескольких частотных диапазонах. Максимальная скорость передачи и лучшая помехозащищенность достигаются в диапазоне от 2,4 до 2,48 ГГц (предусмотрено 16 каналов по 5 МГц).

Сети ZigBee строятся из трех основных типов базовых станций: координаторов, маршрутизаторов и конечных устройств.

Координатор запускает сеть и управляет ею. Он формирует сеть, выполняет функции центра управления сетью и доверительного центра – устанавливает политику безопасности.

Маршрутизатор транслирует пакеты, осуществляет динамическую маршрутизацию, восстанавливает маршруты при перегрузках в сети или отказе какого-либо устройства. Маршрутизаторы работают в непрерывном режиме, имеют стационарное питание и могут обслуживать до 32 спящих устройств.

Конечное устройство может принимать и отправлять пакеты, но не занимается их трансляцией и маршрутизацией. Конечные устройства могут переводиться в спящий режим для экономии заряда аккумуляторов.

WiFi разработан NCR Corporation/AT&T [1]. Технология беспроводной передачи данных WiFi, основана на стандарте IEEE 802.11. Стандарт IEEE 802.11, определяет протоколы, необходимые для организации локальных беспроводных сетей (WLAN). Основные из них - протокол управления доступом к среде MAC (Medium Access Control) и протокол передачи сигналов в физической среде PHY. В качестве основного метода доступа к среде, стандартом 802.11, определен механизм CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - множественный доступ с обнаружением несущей и предотвращением коллизий). В основу стандарта 802.11 положена сотовая архитектура, причем сеть может состоять как из одной, так и нескольких ячеек. Каждая сота управляется базовой станцией, которая вместе с находящимися в пределах радиуса ее действия рабочими станциями пользователей образует базовую зону обслуживания. Точки доступа многосотовой сети взаимодействуют между собой через распределительную систему представляющую собой эквивалент магистрального сегмента кабельных ЛВС. Поскольку оборудование, работающее на максимальной скорости имеет меньший радиус действия, чем на более низких скоростях, то стандартом 802.11b предусмотрено автоматическое понижение скорости при ухудшении качества сигнала. WiFi ориентирован на передачу относительно больших объемов информации, – это может быть потоковое видео, HiFi аудио, голос, ЛВС.

Сеть содержит не менее одной точки доступа и одного клиента. Возможно подключение 2 клиентов в режиме точка-точка (точка доступа не используется, и пользователи соединяются «напрямую»). Точка доступа передаёт свой идентификатор сети с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Зная SSID сети, клиент может выяснить возможность подключения к данной точке доступа. По способу объединения точек доступа в единую систему можно выделить: автономные точки доступа, точки доступа, работающие под управлением контроллера, бесконтроллерные, но не автономные.

По способу организации и управления радиоканалами можно выделить: со статическими настройками радиоканалов, с динамическими (адаптивными) настройками радиоканалов, со «слоистой» или многослойной структурой радиоканалов. Bluetooth разработан компаниями Toshiba, Nokia, Intel, IBM и Ericsson. Организован в виде "пикосетей", в которых одно ведущее устройство осуществляет взаимодействие не более чем с семью ведомыми [2]. Ведомые устройства могут взаимодействовать друг с другом только через ведущее. Каждое устройство может быть членом четырех пикосетей одновременно, но главным может быть только в одной из них. Это устройство выполняет роль моста между пикосетями. Несколько взаимодействующих пикосетей образуют так называемую scatternet ("разбросанную сеть").

Трафик в сети организован с временным разделением каналов и дуплексной передачей. Временное разделение осуществляется интервалами (временными слотами) длиной в 625 мкс. Ведущие устройства могут начинать передачу только в течение интервалов с нечетными номерами, ведомые отвечать в течение четных интервалов. В течение каждого интервала можно передать 366 бит.

В Bluetooth используется широкополосная модуляция типа FHSS. Переход с одной частоты на другую выполняется по случайному закону, который устанавливается для каждого соединения индивидуально. Это повышает степень защиты информации. Несущая частота изменяется 1600 раз в секунду.

Для позиционирования в сетях IEEE 802.11 был выбран Ekahau [2]. Работает с 802.11b/g WLAN. Тэги осуществляют передачу информации, как и другие WiFi клиенты, а AP WLAN работают в режиме прослушивания. Последние оценивают уровень сигнала тэгов. Контроллер передает полученные данные приложению, которое проводит расчеты и выводит результат на экран. Перед началом работы, необходима калибровка. Мы получаем подробную статистику прохождения сигнала в текущем помещении. Для использования достаточно иметь WiFi сеть и наш тэг.

NanoPAN 5375 Development Kit [3] работает с IEEE 802.15.4a. В комплект входит 4 анкера, 1 метка и 1 база. Анкоры размещаются в точках с известными координатами. Метка, координаты которой требуется найти, свободно перемещается в помещении. Информация о силе сигнала между меткой и каждым анкором передается через базу – приложению. Результат можно корректировать, используя фильтры. Locate Beacon Mobile App [4] использовался с IEEE 802.15.1. Это приложение разработано компанией Radius Networks.

Модуль Bluetooth является меткой и перемещается по помещению, в то время как мобильный телефон с установленным приложением будет поочередно находиться на месте анкоров. На экране будет отображаться расстояние между устройствами. После чего рассчитываются координаты устройства. Для исследования, необходимо выбрать помещение, отвечающее целому списку требований: наличие открытых участков. Это зоны, свободные от различных преград, которые способны изменить силу сигнала или же время его прохождения. Это самые «легкие» участки для позиционирования внутри помещений, наличие участков с преградами. Сложность заключается в том, что сигнал, проходя через препятствие, будет меняться. Возможно изменения силы сигнала (как усиление, так и ослабление), направления (изменяется угол приходящего сигнала), и полная его потеря, возможность изолировать помещение от внешних факторов. Воздействие человека на показания приборов, другого оборудования, сигналов и т. п., создание большого количества внешних факторов. Проверка эффективности позиционирования в сложных повседневных ситуациях, разнородность границ помещения позволят оценить изменение качества позиционирования вблизи различных предметов.

Для того чтобы сравнить данные сети, нужно выбрать помещение. Это помещение должно подходить следующим условиям: в центре помещения большая часть «открыта», наличие десяти столбов и стены между анкерами будут влиять на эффективность позиционирования. Область помещения, где будет происходить позиционирование, поделено на квадратные сектора со стороной 10 метров. Метка поочередно будет помещается в эти точки и определяются координаты с помощью программных средств. Истинные координаты будут вычисляться относительно анкоров. Таблицы истинных и полученных значений сравниваются и оцениваются.

$$Q = \sqrt{(x_i - x_p) * (x_i - x_p) + (y_i - y_p) * (y_i - y_p)},$$

где Q – отклонение от истинного значения;
 x_i, y_i – истинные координаты;
 x_p, y_p – полученные координаты.

В каждой области необходимо провести 4 измерения. Происходить имитация поворота искомого объекта вокруг своей оси. Полученные координаты будут соответствовать метке, повернутой на 0, 90, 180 и 270 градусов. Истинные значения координат для этого сектора остаются неизменными, ведь объект не перемещался. В результате получается 5 результатов (1 с истинными координатами и 4 с разными положениями объекта). Таблицы поворотов сравниваются с таблицей истинных значений так же, как и в первом случае. Таблицы поворотов сравниваются с таблицей истинных значений так же, как и в первом случае. Задерживаясь на каждом участке, можно определить постоянство показаний. Получаемые координаты будут изменяться с течением времени и необходимо рассчитать границы этих перепадов.

Определить координаты движущегося объекта можно будет следующим образом: следует использовать два маршрута: «змейкой» и по диагонали. В первом случае равномерное движение между точками и остановкой в них на 30 секунд. Во втором случае равномерное движение по диагоналям помещения без остановок. Все опыты будут проводится в двух режимах и в разное время. В первом режиме необходимо максимально минимизировать внешние воздействия. Во втором необходимо поочередно воздействовать на анкоры, метку, базу, и все вместе. Надеемся получить следующие результаты. Возможные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1- Результаты экспериментов

	<i>IEEE 802.11</i>	<i>IEEE 802.15.4a</i>	<i>IEEE 802.15.1</i>
ср. ошибка, м	1,26	1,07	2,11
min ошибка, м	0,3	0,22	0,2
max ошибка, м	2,4	2,26	4,9
ср. разброс, м	0,07	0,13	0,28
min разброс, м	0	0,07	0,04
max разброс, м	0,32	0,2	0,57
повороты, м	0,77	0,52	0,6
лучшие зоны	рельеф	центр	центр
внешнее влияние, м	0,2	1,2	0,7

Проанализировав возможные данные о точности позиционирования трех систем, приходим к выводу, что: вблизи стен, столбов, лифтов и прочих препятствий, лучше всего себя показал WiFi, на открытых областях выигрывает ZigBee, стабильнее всего результаты у ZigBee. WiFi устойчив к внешним факторам. Теоретически, чтобы получить еще более точную и универсальную систему, необходимо объединить WiFi и ZigBee. В таком случае влияние препятствий будет усредняться и в результате получится равномерная по точности область позиционирования.

Перечень ссылок

1. Боронин П. Н. Интернет Вещей как новая концепция развития сетей связи / П.Н. Боронин, А. Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 3. – С. 7–30.
2. Гольдштейн Б. С. Сети связи пост-NGN / Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 160 с.
3. Ометов А. Я. О роли беспроводных технологий связи в развитии Интернета Вещей / А. Я. Ометов, Е. А. Кучерявый, С. Д. Андреев // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 3. – С. 31–40.
4. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
5. Кучерявый А. Е. Летающие сенсорные сети / А. Е. Кучерявый, А. Г. Владыко, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, И. А. Богданов, А. А. Дорт-Гольц // Электросвязь. – 2014. – № 9. – С. 2–5.
6. Турупалов В.В. Исследование процесса распространения радиоволн в телекоммуникационных сетях специального назначения / В.В. Турупалов, И.А. Молоковский, Р.Ш. Абрамов // Сборник научных трудов Донецкого национального технического университета, серия: Вычислительная техника и автоматизация – Донецк, 2013. – Выпуск 2(25). – С. 144-151.