

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НОСИТЕЛЯ РАДИОЧАСТОТНОЙ МЕТКИ

Москва – 2013

Введение.....	3
1 Техническое решения задачи определения местоположения.....	7
1.1 Устройство радиоидентификатора.....	9
1.2 Радиомикросхема.....	14
1.3 Идентификационный радиопакет.....	17
1.4 Структурная схема системы радиоидентификации.....	17
1.5 Объект идентификации.....	19
1.5.1 Блок БКД-МЕ.....	20
1.5.2 Блок БРК-Э.....	22
1.6 Выводы.....	22
2 Исследование возможности определения координат объекта по показателям RSSI.....	24
2.1 Анализ и синтез вероятностного метода определения координат объекта по показателям RSSI.....	24
2.1.1 Постановка задачи.....	24
2.1.2 Описание оборудования системы. Постановка задачи для выполнения экспериментов.....	25
2.1.3 Проведение измерений.....	28

Введение

Задачей данной работы является разработка системы определения местоположения и физического состояния человека в закрытом помещении, более конкретно на рабочем месте. Система будет применяться с целью улучшения трудовой дисциплины, увеличения производительности и обеспечения безопасности.

В настоящее время наиболее широкой популярностью пользуются автоматизированные системы контроля и управления доступом, основанные на применении карт или ключей, прикладываемых к считывателю, располагающемуся около входа в помещение или в контролируемую зону. Считыватель передает информацию о приложенной карте или ключе в базу данных, после чего программное обеспечение принимает решение, о, например, открытии или блокировки двери или турникета, и передает его на исполнительный механизм.

Такие системы, однако, обладают рядом существенных недостатков. Наиболее важно, не предоставляется четкая система контроля: по одной карте может пройти несколько человек. Этот недостаток частично устраняется системой видеонаблюдения, но это связано с дополнительными расходами, и, помимо этого, создаёт психологический дискомфорт у сотрудников.

Система, позволяющая в режиме реального времени определять координаты сотрудника в помещении делает возможным создание намного более гибкой системы контроля: помещение может разбиваться на множество виртуальных зон, и для определения попадания в них контролируемых объектов не требуется преграждающих устройств.

Одной из возможных областей применения этой системы является определение уровня качества работы сотрудников - возможность в любой момент получить отчёт за определённый период о количестве времени, проведённом конкретным сотрудником за своим рабочим местом. Также есть возможность решить проблему обеспечения безопасности при работе в производственных или иных помещениях с автоматизированными процессами, например, в ситуации, когда при случайном попадании человека в опасную зону, в которой не должно быть людей во время технологического процесса, должна производиться экстренная остановка работы оборудования.

В настоящее время существует множество видов систем позиционирования, основанные на технологии GPS (GlobalPositioningSystem) или на использовании возможностей сетей GSM. Принцип работы таких систем заключается в определении местоположения путём измерения расстояний до объекта от точек с известными координатами — спутников (или базовых станций). Расстояние вычисляется по времени задержки распространения сигнала от послышки его спутником (или базовой станцией) до приёма антенной приёмника. То есть, для определения трёхмерных координат приёмнику нужно знать расстояние до трёх спутников и время прихода сигнала. Также существует метод позиционирования по разности моментов времени прихода сигналов, основанный на точном определении времени приема сигналов источника (например, сотового телефона) в 3 (или более) базовых станциях сети. На основе вычисления разницы значений времен поступления сигналов вычисляются гиперболические линии положения передатчика. Источник сигнала будет находиться в точке пересечения двух гипербол.

Как правило, подобного рода системы используются для определения местоположения в пределах больших территорий (городов, областей) и не имеют возможности определять координаты объекта с высокой точностью. Кроме того,

если применять данные алгоритмы для позиционирования в пределах помещений то в этом случае в силу малой удалённости источников от приёмников разница в приходе сигнала будет настолько мала, что определить её практически невозможно. Поэтому принципы работы таких систем не могут использоваться для решения нашей задачи - определения местоположения объекта в помещении.

Одним из параметров, которые позволяют определять расстояние от источника до приемника радиосигнала, является амплитуда сигнала в месте приёма (показатель RSSI). Измерять его имеет возможность даже самые простые и недорогие современные устройства-приёмники радиосигнала. Данный параметр не используют в системах глобального позиционирования для измерения удалённости от объекта в силу сильной зависимости мощности дошедшего сигнала от множества внешних факторов (отражение от зданий, сооружений, изменение температуры, влажности, давления и др.). Но в задаче позиционирования объекта в помещении, где расстояния между приёмником и источником сравнительно малы, небольшое количество преграждающих элементов и стабильные климатические условия, этой параметр может дать вполне адекватную оценку расстояния до объекта.

Таким образом, основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что решением задачи определения местоположения объекта в помещении может являться создание внутриобъектовой системы локального позиционирования, вычисляющей координаты объекта исходя из определяемых сетью радиоприёмников значений мощности радиосигналов (уровней RSSI), пришедших от связанного с объектом источника.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что в ней поставлены и решены следующие задачи:

1. Представлена простая в реализации модель определения местоположения носителя радиоидентификационной метки по силе сигнала в приемниках.
2. Представлены алгоритмы реализации определения местоположения радиометки на объектах различной пространственной конфигурации.
3. Представлен способ идентификации физического состояния носителя идентификационной метки при помощи встроенного в метку трёхстепенного акселерометра.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что используя разработанную систему, работодатель получает возможность с приемлемой точностью поучать расположение сотрудников в рабочих помещениях, определять их физическое состояние, а также строить системы на её основе, позволяющие предоставлять доступ определенным сотрудникам к ограниченным зонам или обеспечить безопасность сотрудников в производственных помещениях.

1 Техническое решения задачи определения местоположения

Несмотря на то, что готовые решения, позволяющие идентифицировать персонал в рамках какого-либо протяжённого объекта практически отсутствуют, задача идентификации местоположения персонала становится всё более актуальной. В целом ряде областей человеческой деятельности существует множество задач, в которых использование автоматической идентификации персонала и определение его двигательной активности позволило бы резко повысить безопасность людей, уменьшить число травматических случаев, решило бы целый ряд проблем. Отметим некоторые наиболее очевидные задачи:

- в горнодобывающей отрасли определение положение шахтёров в шахте и определение положение тела и двигательной активности могли бы помочь решить задачи оперативной помощи и поиска в экстренных ситуациях
- на производстве определение положения персонала может быть связано с работой электрооборудования, в том числе высоковольтного – в случае появления персонала без соответствующих прав доступа может выполняться снятие питания
- на производстве отдельные станки, электроинструменты могут быть «привязаны» к владельцам индивидуальных радиоиентификаторов и автоматически блокировать свою работу
- в области охранных систем объектов применение идентификаторов персонала позволяет отказаться от понятия постановки на охрану – так называемая технология «Свой-Чужой». В случае срабатывания охранных датчиков проверяется наличие «своего» в зоне срабатывания датчика и если таковой имеется, то срабатывание блокируется. Если же «свой» не найден, то имеет место проникновение «чужого»

- в области эксплуатации подземных коллекторов существует целый ряд причин для природных и техногенных катастроф, где результатом могут быть человеческие жертвы. Например, в коллекторах г. Москвы возможны и случаются выбросы метана в опасных концентрациях. Здесь контроль местоположения персонала и контроль его двигательной активности будут весьма востребованной задачей

Отметим основные требования к системе, реализующей функцию контроля местоположения и физического состояния носителя радиоиентификатора:

1. Определение положения носителя радиоиентификатора на карте объекта в реальном масштабе
2. Определение физического состояния носителя радиоиентификатора, а именно:
 - контроль двигательной активности
 - контроль положения тела
3. Реализация решения по технологии «Сервер – Клиенты», позволяющей интегрировать данные положения и двигательной активности персонала с существующими информационными системами предприятия
4. Минимизация точек питания считывателей
5. Минимизация кабельных проводок в объектовой реализации системы
6. Конструктивное исполнение радиоиентификатора в удобном для ношения виде:
 - носимого бейджика - идентификатора для офисных работников
 - брелка – идентификатор для ношения в кармане
 - для промышленных объектов в виде идентификатора, встраиваемого в индивидуальную защитную каску
7. Кнопка(и) дистанционного управления на радиоиентификаторе
8. Дополнительные элементы индикации на радиоиентификаторе

9. Длительная работа от встроенного аккумулятора (до трех месяцев)
10. Идентификация на расстоянии 20-30 м
11. Точности определения местоположения радиоидентификатора 2-3 м
12. Быстрый заряд аккумулятора при помощи бесконтактного индукционного устройства

1.1 Устройство радиоидентификатора

Для решения сформулированных требований была разработана активная радиометка в различных конструктивных исполнениях.

Исполнение в виде носимого бейджика - идентификатора показано на рисунке 1.



Рисунок 1 - Фотография радиометки в виде носимого бейджика

Справа показан собственно бейджик, а слева — магнит для крепления к одежде. Внешне радиометка ничем не отличается от обычного бейджика и постороннему трудно распознать в ней радиоидентификатор. Это достигнуто за счёт применения тонкого стеклотекстолита, сверхминиатюрных комплектующих

и плоского аккумулятора в мягком корпусе. Габариты устройства соответствуют стандартной визитной карточке.

Радиоидентификатор представляет собой микропроцессорную систему, состоящую из следующих модулей (рисунок 2):

- микроконтроллер MicroChip;
- радиоприемо-передатчик диапазона 433МГц;
- встроенная антенна диапазона 433МГц;
- трёхосевой акселерометр;
- малогабаритный литий-полимерный аккумулятор;
- блок питания;
- индукционная катушка заряда аккумулятора в виде печатных проводников;
- схема управления зарядом аккумулятора;
- индикаторный светодиод;
- звукоизлучатель.

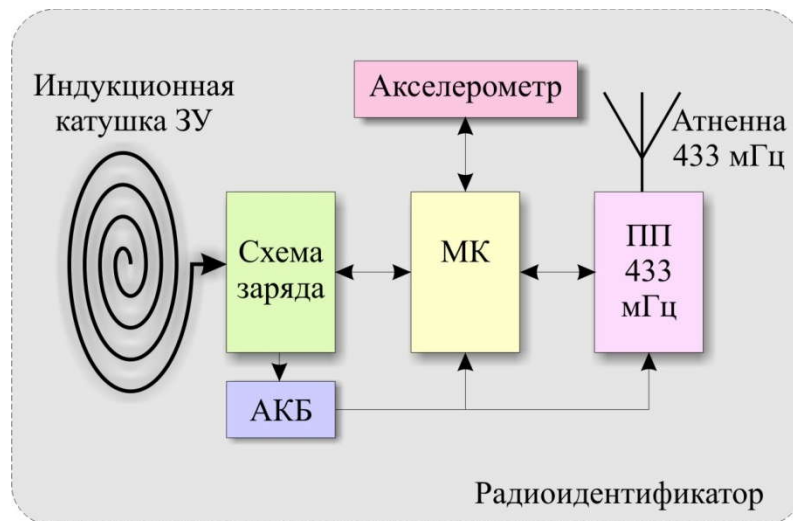


Рисунок 2 - Структурная схема радиоидентификатора

На рисунке ниже показана печатная плата радиометки, и выносками показано расположение основных модулей.

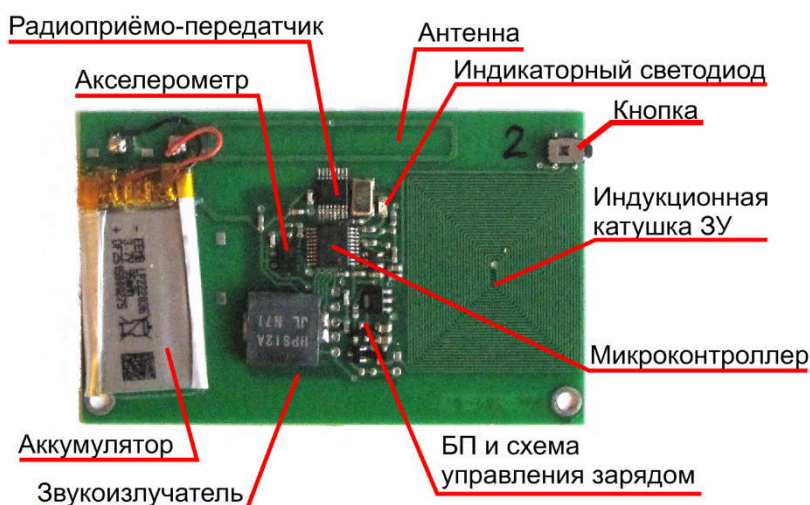


Рисунок 3 - Основные модули на плате радиоидентификатора

Радиометка может работать в одном из двух режимов:

1. Режим **ПЕРЕДАТЧИК**. В этом режиме радиометка постоянно находится в режиме сна (Sleep) с током низким потребления 2 мка, и через установленный интервал времени «просыпается» для передачи радиопакета - идентификатора. Типовой интервал передачи радиопакета 4-5 секунд, однако он может быть изменен на произвольное значение. Время передачи радиопакета – 4,5 мс, ток потребления во время передачи – 25 ма.

После нажатия управляющей кнопки на радиометке, находящейся в режиме ПЕРЕДАТЧИК в течение последующих 10 секунд, включается режим программирования метки, и в этот момент времени возможна запись новых параметров (изменение текущих). Возможна запись следующих параметров

- идентификационный номер
- период послыки (в том числе отключение периодической послыки)
- изменение режима работы
- ключ аутентификации
- запуск процедуры калибровки встроенного акселерометра.

Схема работы радиометки в режиме передатчик изображена на рисунке 4.



Рисунок 4 - Режим ПЕРЕДАТЧИК радиометки

2. Режим **ПРИЁМО-ПЕРЕДАТЧИК**. В этом режиме радиометка так же постоянно находится в режиме сна (Sleep) с током потребления 2 мка и через установленный интервал времени «просыпается» для проверки наличия радиозапроса от считывателя – выполняется включение приёмника на время 2 мс с током 9 ма. Считыватель в произвольные моменты времени посылает запрос чтения радиометок (всех или с определённым идентификатором), а следующие 4 секунды принимает ответы. Радиометка, после обнаружения обращения считывателя, выдерживает типовой интервал 4 секунды и выполняет однократную передачу радиоидентификационного пакета. Время передачи радиопакета – 4,5 мс, ток потребления во время передачи – 25 ма.

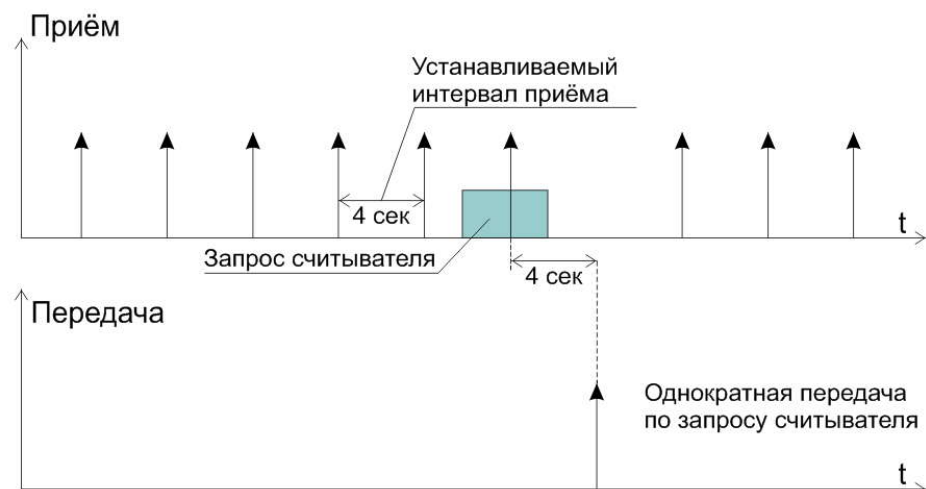


Рисунок 5 - Режим ПРЁМО-ПЕРЕДАТЧИК радиометки

Каждый из двух режимов обладает собственными преимуществами и недостатками. Прежде всего, это относится к потребляемой мощности и соответственно времени работы от одного заряда аккумулятора.

В таблицах 1 и 2 приведён расчёт времени работы от аккумулятора в режиме ПЕРЕДАТЧИК.

Действие	Ток потр., мА	Время с/сутки	Потребление, мА*ч/сутки
Сон	0,002	86400	0,048
Передача	25,0	97,2	0,675
ИТОГО:			0,723

Таблица 1 - Потребление энергии в режиме ПЕРЕДАТЧИК за сутки

Режим	Емкость, мА*ч	Полезная ёмкость, мА*ч	Потребление, мА*ч/сутки	Время работы
Передача	95,0	85,5	0,723	118,3 сут

Таблица 2 - Расчёт времени работы от LiPol аккумулятора 95 ма*ч

В таблицах 3 и 4 приведён расчёт времени работы от аккумулятора в режиме ПРИЁМО-ПЕРЕДАТЧИК с нахождением в зоне считывателей 8 часов в сутки.

Действие	Ток потр., мА	Время, с/сутки	Потребление, мА*ч/сутки
----------	---------------	----------------	-------------------------

Сон	0,002	86400	0,048
Приём	9,0	7,2	0,018
Передача	25,0	16,2	0,113
ИТОГО:			0,179

Таблица 3 - Потребление энергии в режиме ПРИЁМО-ПЕРЕДАТЧИК за сутки

Режим	Емкость, мА*ч	Полезная ёмкость, мА*ч	Потребление, мА*ч/сутки	Время работы
Приёмо- Передатчик	95,0	85,5	0,179	479,0 сут

Таблица 4 - Расчёт времени работы от LiPol аккумулятора 95 мА*ч

Таким образом, в режиме ПЕРЕДАТЧИК радиоиентификатор от одного заряда аккумулятора работает более 3 месяцев, а в режиме ПРИЁМО-ПЕРЕДАТЧИК потенциально более года.

Режим ПРИЁМО-ПЕРЕДАТЧИК характеризуется большим занятием радиоэфира и требует дополнительных мер по синхронизации работы считывателей, т.е. более сложен в реализации.

1.2 Радиомикросхема

В радиометке и в считывателе используются одинаковыерадиомикросхемы, выполняющие функции приёмопередатчика на частоте 433 МГц. В качестве такого чипа была выбрана микросхема TRC101 производителя «RFMMonolithicsInc.» (США).

TRC101 - это однокристалльная микросхема высокой степени интеграции, работающая с нулевой промежуточной частотой (zero-IF), многоканальная, содержащая в своем составе радиопередатчик невысокой мощности. Эта микросхема идеально подходит для низкостоимостных, двунаправленных, беспроводных приложений, работающих в нелицензированном частотном

диапазоне 300-1000 МГц. Все функции по радиоприему и передаче полностью интегрированы в микросхему, что минимизирует количество внешних компонентов и упрощает и ускоряет процесс разработки. Для создания полноценного устройства связи необходимо просто добавить недорогой микропроцессор и кварц 10 МГц общего применения. В состав микросхемы также встроены различные режимы пониженного энергопотребления для снижения тока потребления и увеличения срока службы батареи. Микросхема выполнена в малогабаритном корпусе, что в сочетании с низким потреблением делает ее идеальным решением для различных радиоприменений - устройств, работающих на небольшом расстоянии.

Одной из интересных для задачи позиционирования особенностей микросхемы является наличие специального выходного аналогового сигнала измерения мощности сигнала радиочастоты на входе приёмника. Этот выходной сигнал принято называть уровнем RSSI (англ, `ReceiveSignalStrengthIndicator` - индикатор мощности принимаемого сигнала). Уровень RSSI — линейный по входному сигналу между -100 dBm и -55 dBm. В целом производитель микросхемы регламентирует соответствие уровня мощности входного сигнала приёмника (`InputPowerdBm`) и аналогового напряжения (`RSSIV`) на выходной ножке микросхемы в виде графика, показанного на рисунке 6.

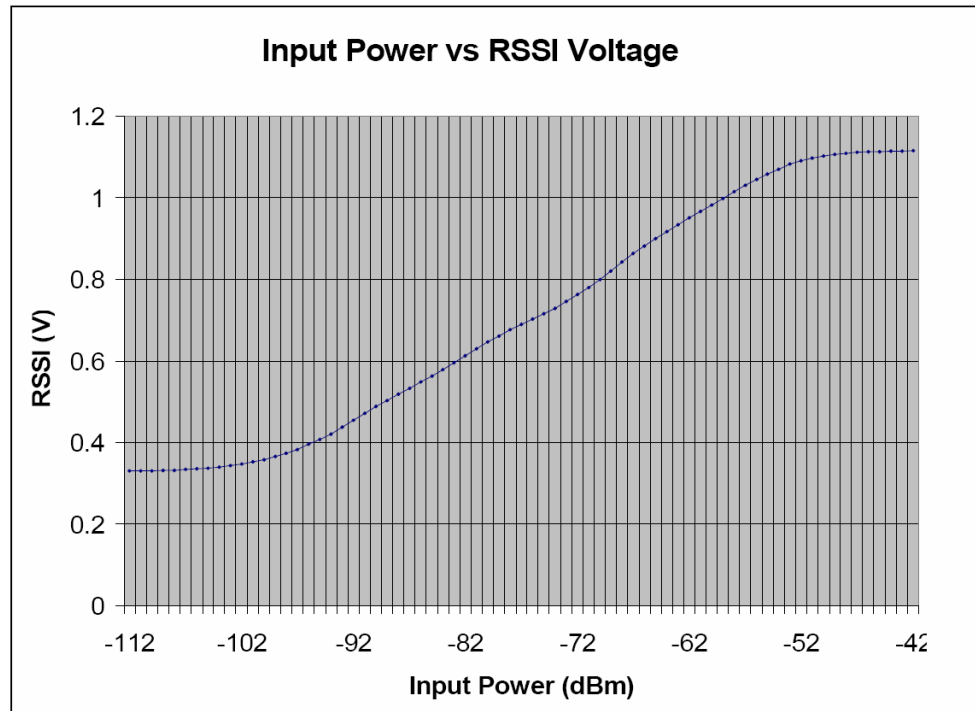


Рисунок 6 - Зависимость выходного напряжения на выводе RSSI от мощности радиосигнала на входе приёмника

В радиометке, и в считывателе используется микроконтроллер со встроенным аналого-цифровым преобразователем. опорное напряжение АЦП подобрано таким образом, что практически все значения RSSI, т.е. от +0,3 вольт до напряжения +1,2 вольта укладываются в значения кода 32...127. Таким образом, имеется существенная дискретность в измерении уровня мощности радиосигнала – весь диапазон значений мощности представляется примерно 100 возможными значениями.

1.3 Идентификационный радиопакет

Радиометка периодически передаёт радиопакет – идентификатор, который содержит следующую информацию:

- идентификационный номер (устанавливается);
- порядковый номер радиопакета;
- электронная подпись;
- координата X акселерометра;
- координата Y акселерометра;
- координата Z акселерометра;
- состояние кнопки (кнопок).

Возможно задание следующих настроечных параметров радиометки:

- идентификационный номер;
- период послылки (в том числе отключение периодической послылки);
- изменение режима работы
- ключ аутентификации

1.4 Структурная схема системы радиоидентификации

Система определения местоположения радиочастотных идентификаторов построена по распространённой схеме «Сервер - Клиенты».

Сервер системы принимает данные от объектов идентификации, анализирует их, выполняет все необходимые расчёты местоположения носителей радиометок и определения физического состояния носителей, и предоставляет полученные данные клиентам. В качестве клиента может выступать любая СКАДА система,

совместимая с протоколом передачи данных верхнего уровня. Сервер связывается с клиентом посредством протокола TCP/IP поверх любого подходящего клиенту канального и физического уровня.

Под объектом идентификации понимается одно или несколько помещений с необходимым оборудованием, которое требуется в услуге определения местоположения радиометок. Количество объектов идентификации с которыми может вести работу один сервер ограничено только ресурсами системы.

На рисунке 7 изображена схема работы типичной системы с обработкой нескольких объектов идентификации и предоставлением результатов нескольким клиентам.

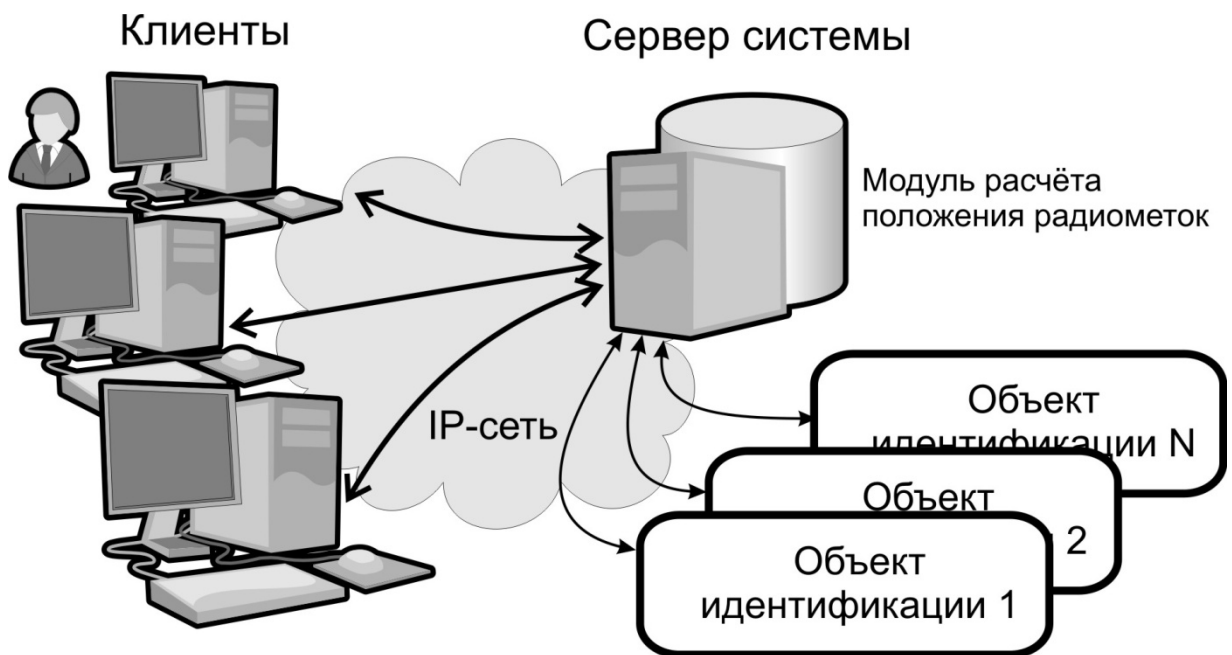


Рисунок 7 - схема работы системы клиент-сервер

1.5 Объект идентификации

Объект идентификации представляет из себя группу помещений, внутри которых требуется проводить определение местоположения и физического состояния носителей радиочастотных меток.

Определение местоположения осуществляется посредством анализа данных, получаемых от радиочастотных меток, носимым персоналом, или любым образом прикрепленным к объектам или субъектам наблюдения, а также анализа мощности сигнала при приёме этих данных. Получение данных и определение мощности производится считывателями БРК-Э.

В соответствии с требованиями минимизации проводных прокладок считыватели БРК-Э (далее по тексту считыватели) объединены используя оригинальный способ связи «Информационная питающая линия» (далее ИПЛ).

Питание линии ИПЛ, а также передача данных к серверу от считывателей БРК-Э предоставляется блоком БКД-МЕ.

На рисунке 7 изображена схема связи оборудования в объекте идентификации и интеграция его в единую систему.

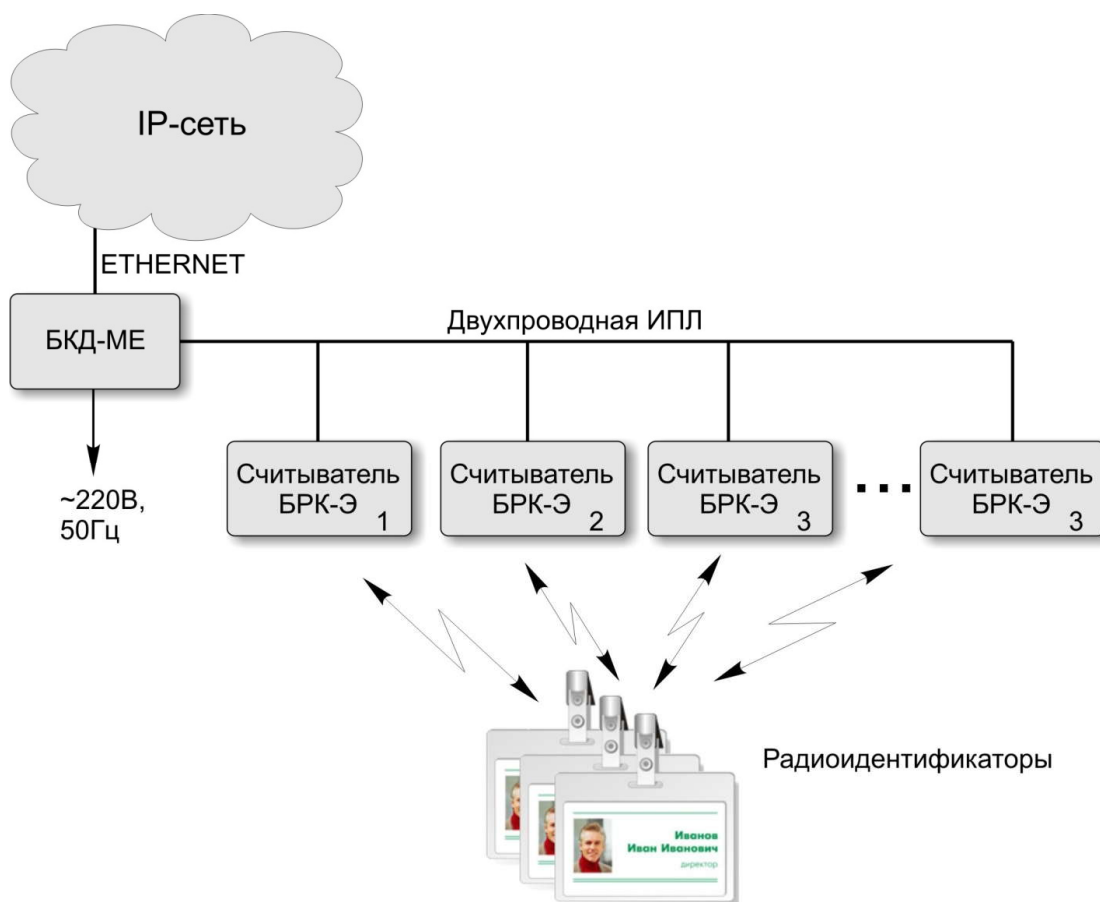


Рисунок 8 - схема объекта идентификации

1.5.1 Блок БКД-МЕ

Для интеграции объекта в единую систему используется Блок контроля датчиков – вариант М с интерфейсом Ethernet. Блок питается от сети переменного тока ~220В и обеспечивает питание всех считывателей по двухпроводной информационно-питающей линии ИПЛ.

По линии ИПЛ передается не только питание радиоприемников (считывателей), но и выполняется информационный обмен между блоком БКД-МЕ и считывателями. Фактически блок БКД-МЕ является ретранслятором

адресных команд, поступающих из IPсети от сервера системы к определенным считывателям.

Пакеты данных, передаваемые по ИПЛ кодируются время-импульсным кодом с подсинхронизацией по каждому биту. Битовый поток иллюстрируется рисунком 9. Пакет данных начинается со стартового импульса, после защитного интервала в интервале окна приема Импульса «0» ожидается импульс, при его приеме происходит подсинхронизация приемника и принятый импульс считается стартовым при подсчете времени между импульсами, если импульс «0» не появляется то после защитного интервала в интервале окна приема Импульса «1» ожидается импульс, при его приеме происходит подсинхронизация приемника и принятый импульс считается стартовым при подсчете времени между импульсами, если импульс «1» не появляется, то считается пакет закончился. После окончания пакета проверяется количество принятых импульсов и четность пакета. Если целостность пакета нарушена, то он игнорируется. Если пакет в норме, то декодируется команда из пакета и в зависимости от нее выдается пакет ответа. Минимальное время между окончанием запроса и началом ответа 200 мкс а максимальное 1000 мкс.

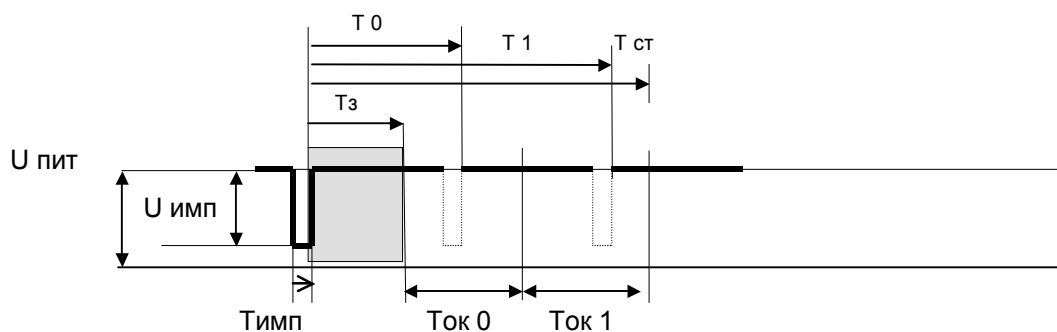


Рисунок 9 - Временные характеристики битового потока

Из данных таблицы 5 для передачи одного байта по ИПЛ требуется два временных интервала 20-31мксек. В среднем скорость передачи данных

составляет величину около 100 кбит/сек, что является достаточным для решаемой задачи.

Обозначение	Описание	Минимум	Типовое	Максимум	Ед. измерения
<i>Тим</i>	Длительность импульса	1	2	4.5	Мкс
<i>Т 0</i>	Время между имп. «старта» и имп. «нуля»	26	27	28	Мкс
<i>Т 1</i>	Время между имп. «старта» и имп. «единицы»	35	36	37	Мкс
<i>Ток0, Ток1</i>	Время окна приема	8	8.5	9	Мкс
<i>Тст</i>	Время между имп. «старта» и концом пакета	79	80	81	
<i>Тстоп-Тстарт</i>	Время между концом пакета запроса и началом пакета ответа	200	300	1000	Мкс
<i>Уимп</i>	Амплитуда импульса	0.7	6	24	В

Таблица 5 - Временные параметры ИПЛ

1.5.2 Блок БРК-Э

Блок радио концентраторов этажный содержит приемопередатчик диапазона 433МГц и выполняет функции радиодоступа к меткам. Все блоки БРК-Э подключается параллельно в информационно-питающую линию. Каждый приёмопередатчик БРК-Э имеет уникальный адрес, по которому выполняется доступ к буферу приема и буферу передачи цифровых радиоданных. Далее для совместимости со сложившейся в области RFIDтерминологией блок будем называть считыватель.

1.6 Выводы

Поставлены требования к системе, реализующей функцию контроля местоположения и физического состояния носителя радиоиентификатора.

На основе требований, разработана микропроцессорная система радиоиентификатора, исследованы и выбраны режимы работы

радиоидентификатора, произведен расчет времени работы радиоидентификатора от аккумулятора.

Разработана схема работы системы определения местоположения радиоидентификаторов и выбрано оборудование, позволяющее добиться желаемых результатов.

2 Исследование возможности определения координат объекта по показателям RSSI

2.1 Анализ и синтез вероятностного метода определения координат объекта по показателям RSSI

2.1.1 Постановка задачи

Для разрабатываемой в данной работе системы определения местоположения объекта в помещении принято решение в качестве исходных данных использовать совокупность полученных сетью приёмников показателей RSSI сигнала, пришедшего от источника. Показатель RSSI зависит от расстояния от источника до приёмника радиосигнала, и для того, чтобы использовать его для вычисления координат объекта в помещении, нужно знать его зависимость от расстояния. Показатель RSSI зависит от многих факторов: диаграммы направленности источника, уровня отражений, количество преград на пути радиосигнала и т. д. Поэтому при использовании теоретических представлений о зависимости показателя RSSI от расстояния конечный результат будет иметь большую ошибку.

Решить эту проблему можно, определив зависимость показателя RSSI от расстояния эмпирическим путём. Для этого требуется провести серию экспериментов, в которых для различных расстояний между источником и приёмником радиосигнала проводится определённое количество измерений показателя RSSI. В результате анализа полученных результатов выявляется уравнение зависимости показателя RSSI от расстояния.

В данной главе на основе проведенных экспериментов и полученных уравнений зависимости разрабатывается алгоритм вероятностного метода определения координат объекта по полученным показателям RSSI, сутью которого является разбиение помещения на ячейки и вычисление вероятности расположения источника радиосигнала (объекта) в каждой из них.

Для сравнения также будет проведено исследование и разработано приложение для определения координат объекта в помещении с использованием метода триангуляции. В данном случае основой являются теоретические представления о зависимости уровня сигнала от расстояния, то есть погрешность, вызванная внешними факторами, не учитывается.

Полученные результаты сравниваются с реальными и вычисляется погрешность результата работы алгоритмов, после чего делается вывод о достоинствах и недостатках каждого из них.

2.1.2 Описание оборудования системы. Постановка задачи для выполнения экспериментов.

Удобнее всего, если источник радиосигналов представляет собой работающее от батареи устройство небольших размеров, которое должен иметь при себе каждый работник, находящийся в рабочем помещении. В настоящей работе с целью проведения исследования по разработке механизма вычисления местоположения объекта в помещении в качестве источника сигналов применяется брелок-радиоидентификатор, излучающий радиосигналы в диапазоне 433,92 МГц с интенсивностью 5 дБм. Брелок имеет небольшие габариты (65x35x15 мм) и питается от аккумулятора, минимальный срок службы которого не менее 6 месяцев. В качестве приёмника радиосигналов от радиоидентификатора используется блок радиоконцентратора БРК-Э, способный

принимать сигналы от неограниченного количества источников и определять уровень входного радиосигнала. Блоки радиоконцентратора объединяются в информационно-питающую линию, по которой опрашиваются мастер-устройством – блоком БКД-МЕ. Мастер-устройство БКД-МЕ связывается с ЭВМ по интерфейсу «RS-232» и работает под управлением драйвера, передающего принятые данные в приложение для последующего вычисления координат объекта. На рисунке 1 представлена схема работы системы.

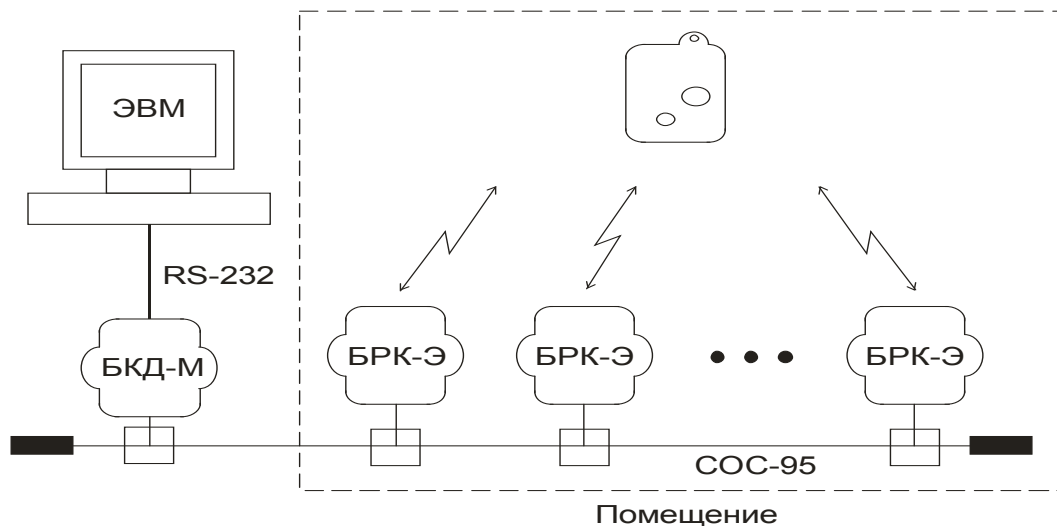


Рисунок 1 - Схема работы системы

Но в силу погрешности используемого источника радиосигналов (брелока-радиоидентификатора) и других внешних факторов, показатель RSSI, измеряемый приёмниками (блоками радиоконцентратора) для одного и того же расстояния между источником и приёмником, может быть разным, вследствие чего по полученному уровню сигнала RSSI нельзя однозначно определить соответствующее значение расстояния. Поэтому в данном случае для определения этой зависимости есть необходимость провести серию экспериментов с целью выявления наиболее вероятного значения (математического ожидания) и разброса значений показателя RSSI для каждого расстояния.

Эксперименты проводятся для совокупности значений расстояний. Значения расстояний выбираются исходя из представлений о размерах помещений, в которых впоследствии будет эксплуатироваться данная система. Средняя длина офисных помещений не превышает, как правило, 30м. Поэтому значения расстояний, для которых будет производиться измерения показателя RSSI будут лежать в диапазоне [0,5м; 30м]. Минимальное расстояние выбрано 0,5 м, так как при эксплуатации системы брелок-радиоидентификатор не будет приближаться к блоку БРК-Э на меньшее расстояние. На интервале [2м; 12м] эксперимент проводится с шагом 2м, так как в данном интервале с увеличением расстояния изменение значений математического ожидания и дисперсии показателя RSSI является достаточно резким. На интервале [15м; 30м] метров выбран шаг изменения расстояния 5м, так как с увеличением расстояния влияние внешних факторов становится более существенным и увеличивается разброс значений (дисперсия), поэтому изменять значения расстояний с более мелким шагом не имеет смысла. Количество измерений для каждого расстояния выбирается равным 100, так как эмпирическим путём определено, что при меньшем количестве измерений есть вероятность неправильного определения математического ожидания показателя RSSI.

Таким образом, первоначально в ходе проведения экспериментов выбирается минимальное расстояние между брелоком и радиоконцентратором – 0,5м, при котором определяемый уровень RSSI близок к максимально возможному измеряемому радиоконцентратором значению. Для этого расстояния записывается 100 полученных значений показателя RSSI. Далее эксперимент повторяется для следующих расстояний – 1м, 2м, 4м, 6м, 8м, 10м, 12м, 15м, 20м, 25м, 30м.

После проведения эксперимента вычисляется математическое ожидание и разброс показателей RSSI и для каждого расстояния строятся графики

распределения вероятности полученных значений. Далее проводится исследование на предмет соответствия полученных графиков нормальному закону распределения. В заключении определяется уравнение зависимости показателя RSSI от расстояния.

Полученные зависимости и графики распределения по принятому показателю RSSI для каждой точки помещения впоследствии позволят определять вероятность нахождения в ней источника.

2.1.3 Проведение измерений.

Перед проведением экспериментов производится подготовка рабочего места, которая заключается в организации системы сборки, передачи и отображения информации об уровнях радиосигналов, пришедших от источников. Последовательность действий, выполняемых в ходе подготовки к проведению экспериментов следующая:

- Установка блока радиоконцентратора (БРК-Э) в помещении;
- Подключение БРК-Э к мастер-устройству (блоку контроля датчиков – БКД-М, производство ООО «МНПП «Сатурн») через интерфейс ИПЛ, поддерживаемый обоими устройствами при помощи кабеля марки ПВС 2х0,75;
- Установка персонального компьютера в непосредственной близости от места расположения блока БКД-М;
- Подключением мастер-устройства БКД-М к персональному компьютеру через интерфейс «RS-232»;
- Установка на персональном компьютере специального программного обеспечения RASOS, служащего для настройки и тестирования устройств по ИПЛ.

Уровень RSSI отображается программой не в децибелах, а в условных единицах - от минимального (0 ед.) до максимального (120 ед.). Это значения, получаемые напрямую с АЦП устройства. На рисунке 2 показана зависимость мощности принимаемого сигнала от напряжения, измеряемого АЦП. Работа со значениями АЦП напрямую позволяет упростить проведение расчётов в ходе дальнейшего анализа полученных данных;

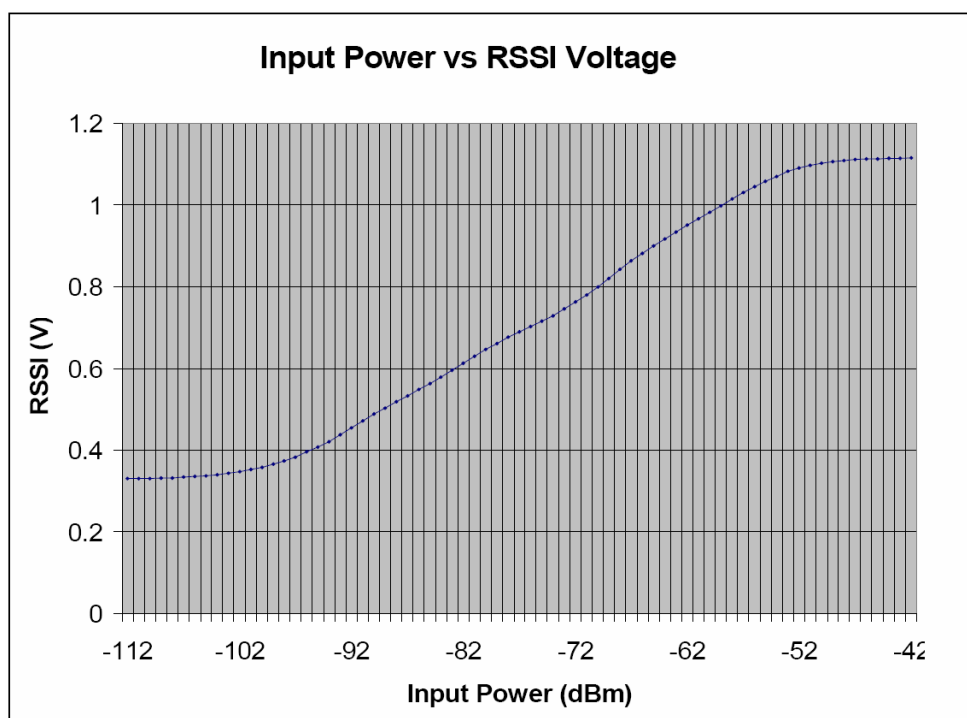


Рисунок 2 - зависимость мощности принимаемого сигнала от напряжения, измеряемого АЦП

Структурная схема приведена на рисунке 3.

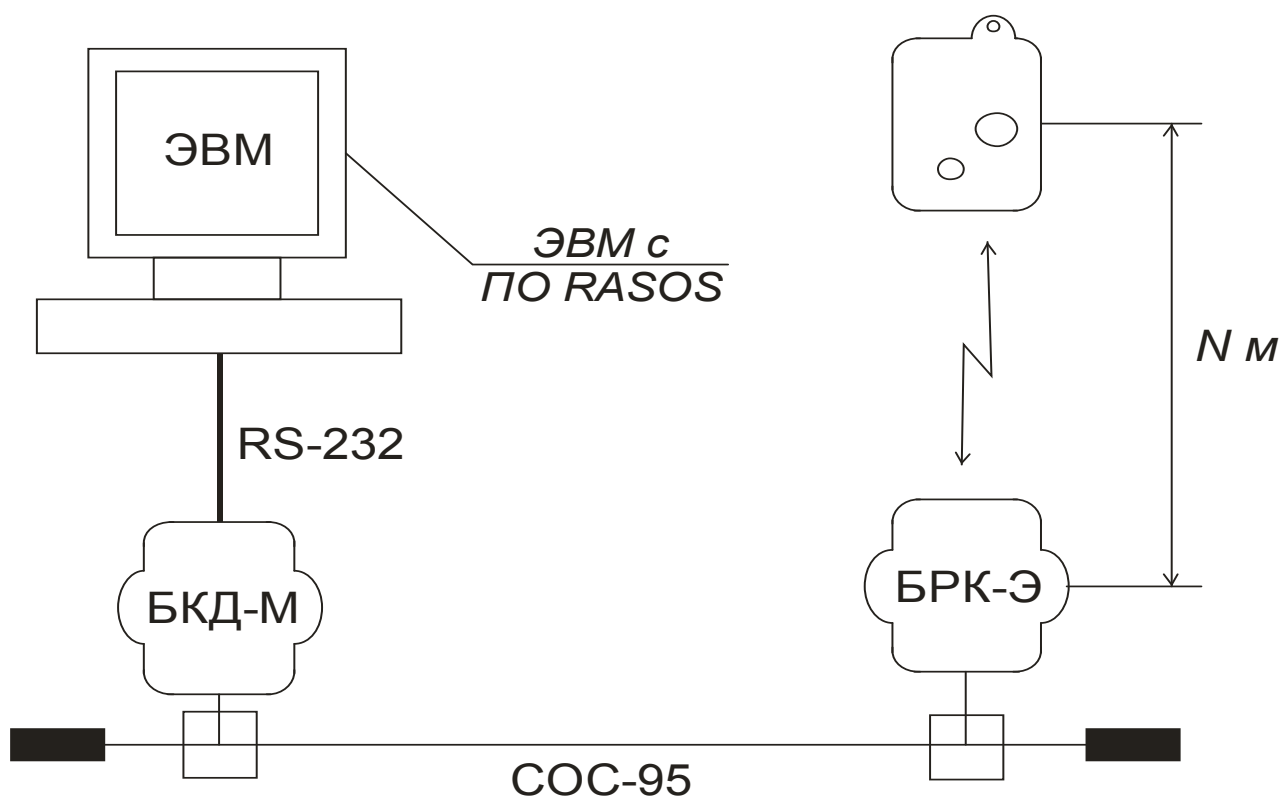


Рисунок 3 - Схема