

## ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

**Ниженец Т. В., ассистент; Молоковский И. А., доц., к.т.н., доц.**

*(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)*

Безопасность человека и производственных процессов угольной шахты определяется горно-геологическими условиями выемки пластов, зависит от возможностей устранения проявлений опасных природных и техногенных факторов при существующей технологии ведения горных работ, а также эффективности функционирования системы противоаварийной защиты и квалификации производственного персонала.

По результатам анализа статистических данных главными причинами аварий со смертельным исходом являются обрушения угля и вмещающих горных пород, взрывы метана и угольной пыли, а также транспортирование людей и грузов производственно-технологического назначения по подземным горным выработкам. Следует также отметить о длительности поисково-спасательных операций из-за недостаточной осведомленности о местоположении работника, находящегося под завалом.

Целью данной работы является описание метода определения местоположения персонала шахты, который позволит с достаточной точностью определить, где находится работник в случае аварийной ситуации.

Использование RTLS (Real Time Location System, систем определения местоположения в режиме реального времени) зависит от поставленных задач и целей. Для того, чтобы правильно выбрать подходящую по требованиям систему RTLS, необходимо понимать на основе какой из многочисленных технологий она работает.

В связи с ориентированностью на применение RTLS в условиях горного предприятия, необходимо учитывать некоторые факторы, среди которых: ограниченное пространство горных выработок; непрямая видимость вследствие запыленности воздуха; электромагнитные помехи и прочее.

Учитывая эти факторы, можно сказать, что наиболее оптимальным вариантом является использование радиолокационных технологий определения местоположения, к которым относятся Wi-Fi, WiMax, Bluetooth, ZigBee и др.

Предлагаемый метод позиционирования основан на стандарте ZigBee, так как используются маломощные цифровые трансиверы для приема/передачи сигнала, основанные на стандарте IEEE 802.15.4 для беспроводных персональных сетей, и кроме того, ZigBee обеспечивает возможность длительной работы сетевых устройств от автономных источников питания (батарей), что обеспечивает возможность определения местоположения в случае аварий.

Преимущества:

- поддерживает как простые топологии сети («точка-точка», «дерево» и «звезда»), так и ячеистую (mesh) топологию с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений;
- содержит возможность выбора алгоритма маршрутизации, в зависимости от требований приложения и состояния сети;
- простота развертывания, обслуживания и модернизации;
- способность к самоорганизации и самовосстановлению;
- низкое энергопотребление.

Недостатком является низкая скорость передачи данных.

Все технологии определения местоположения основаны на методах локального позиционирования:

- Метод, основанный на использовании триангуляции (определение местоположения мобильного устройства по углам относительно базовых станций).

1) AoA (Angle of Arrival) – местонахождение устройства определяется в пределах площади треугольника, образованного пересечением осей диаграмм направленности антенн секторов трех базовых станций (модифицированный метод триангуляции).

— Метод, основанный на использовании трилатерации (определение местоположения мобильного устройства по расстоянию от базовых станций).

1) ToA (Time of Arrival) – измерение времени прохождения сигнала от устройства до базовой станции, при котором расстояние до объекта рассчитывается исходя из разницы времени отправки сигнала и его получения. При этом данный способ требует строгой синхронизации времени на отправителе и получателе, чего достигнуть достаточно сложно.

2) TDoA (Time Difference of Arrival) – производится измерение разницы времени прихода сигнала от устройства до нескольких базовых станций. Так же, как и при предыдущем способе, требуется строгая синхронизация времени, но только на базовых станциях, к устройству таких требований не предъявляется.

3) ToF (Time of Flight) – измерение времени прохождения электромагнитной волны от устройства до точки доступа за счет использования сигнала с линейно-частотной модуляцией.

— Метод, основанный на измерении силы сигнала.

1) RSS (Received Signal Strength) – расстояние до объекта оценивается по мощности (уровню) сигнала. Данный метод хорошо работает на малых расстояниях, но при увеличении дальности дает большую ошибку за счет специфики распространения радиосигнала.

*Таблица 1 – Достоинства и недостатки методов позиционирования*

Метод	Достоинства	Недостатки
AoA	+ простые алгоритмы определения местоположения У; + возможность работы на различных физических принципах; + большой радиус действия;	- сложность антенны; - низкая точность определения местоположения У.
ToA	+ малое энергопотребление У; + высокая точность определения местоположения У; + большой радиус действия;	- необходима синхронизация времени на всех БС и У; - сложные алгоритмы определения местоположения У.
TDoA	+ малое энергопотребление У; + высокая точность определения местоположения У; + большой радиус действия;	- необходима синхронизация времени между всеми У; - сложные алгоритмы определения местоположения У.
ToF	+ У не потребляет энергию; + высокая точность определения местоположения У; + большой радиус действия; + отсутствие необходимости синхронизации между У;	- устройство должно отражать электромагнитную волну в направлении БС; - невозможно разделить У.
RSSI	+ малое энергопотребление устройством; + низкая стоимость;	- низкая точность определения местоположения У; - сложные алгоритмы определения местоположения У.

\*Примечание: БС – базовая станция, У – устройство

Наиболее оптимальными методами определения местоположения являются ToA и TDoA.

При использовании этого метода рассматриваются три или более точек доступа. Уровни сигналов этих точек понижаются экспоненциально в зависимости от расстояния между передатчиком и приемником. Таким образом, эту зависимость можно рассматривать, как функцию от расстояния.

Расстояние представлено в виде круга с радиусом вокруг точки доступа (ТД). Пересечение трех точек доступа радиусов определяет точку или зону приемника. Эта модель может быть представлена в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} r_1 = \sqrt{(x_{id} - x_1)^2 + (y_{id} - y_1)^2} \\ r_2 = \sqrt{(x_{id} - x_2)^2 + (y_{id} - y_2)^2} \\ r_3 = \sqrt{(x_{id} - x_3)^2 + (y_{id} - y_3)^2} \end{cases}$$

где  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3$  – координаты точки доступа,

$r_1, r_2, r_3$  – оцененные расстояния.

Решение этой системы уравнений дает точки пересечения окружностей, определяющих область локализации (рис.1) одного человека в конкретный момент времени  $P_{t_{i-id}}$ , а историю передвижения в течение определенного промежутка времени (например, срока исковой давности, при расследовании ЧП) можно записать в виде массива данных:

$$P_{id} = [P_{t_1-id} \quad P_{t_2-id} \quad \dots \quad P_{t_n-id}]$$

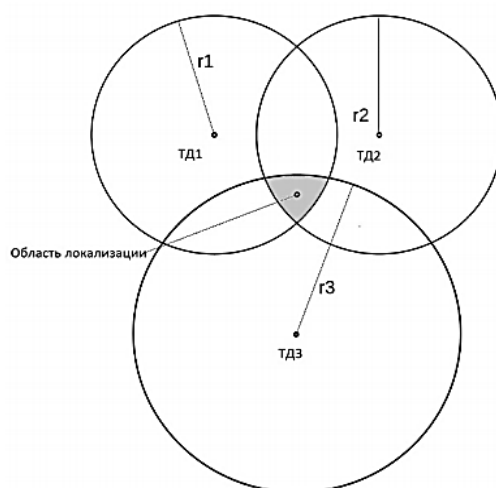


Рисунок 1 – Определение области местоположения объекта методом трилатерации

Практически предлагается реализовать данный метод при помощи установки как минимум четырех базовых станций (приемо-передающих устройств) на концах забойного конвейера, на движущемся комбайне и на стойке секции крепи. Таким образом, позиционируемый объект в любой точке забоя будет иметь связь с необходимыми по технологии тремя приемопередатчиками, и один запасной (уточняющий), на случай поломки одного из используемых.

Каждый сотрудник снабжается головным светильником, куда предлагается встроить радиометку, которая будет собирать поступающие сигналы с приемо-передатчиков и передавать их на излучающий кабель (ИК). Собранные данные формируют кадр (рис.2), состоящий из 1 – идентификатора устройства (радиометки), 2 – времени поступления сигнала на устройство, 3 – идентификатора устройств, с которых поступил сигнал (базовые станции), 4 – времени поступления сигнала в транспортную сеть (ИК), а также контрольной суммы (FCS), позволяющей оценить целостность полученного кадра и его информативность.

## КАДР

1	2	3	4	FCS
---	---	---	---	-----

Рисунок 2 – Кадр, формируемый системой определения местоположения

На рисунке 3 приведена структурная схема очистного забоя с установленными приемопередатчиками, позволяющими определить местоположение персонала.

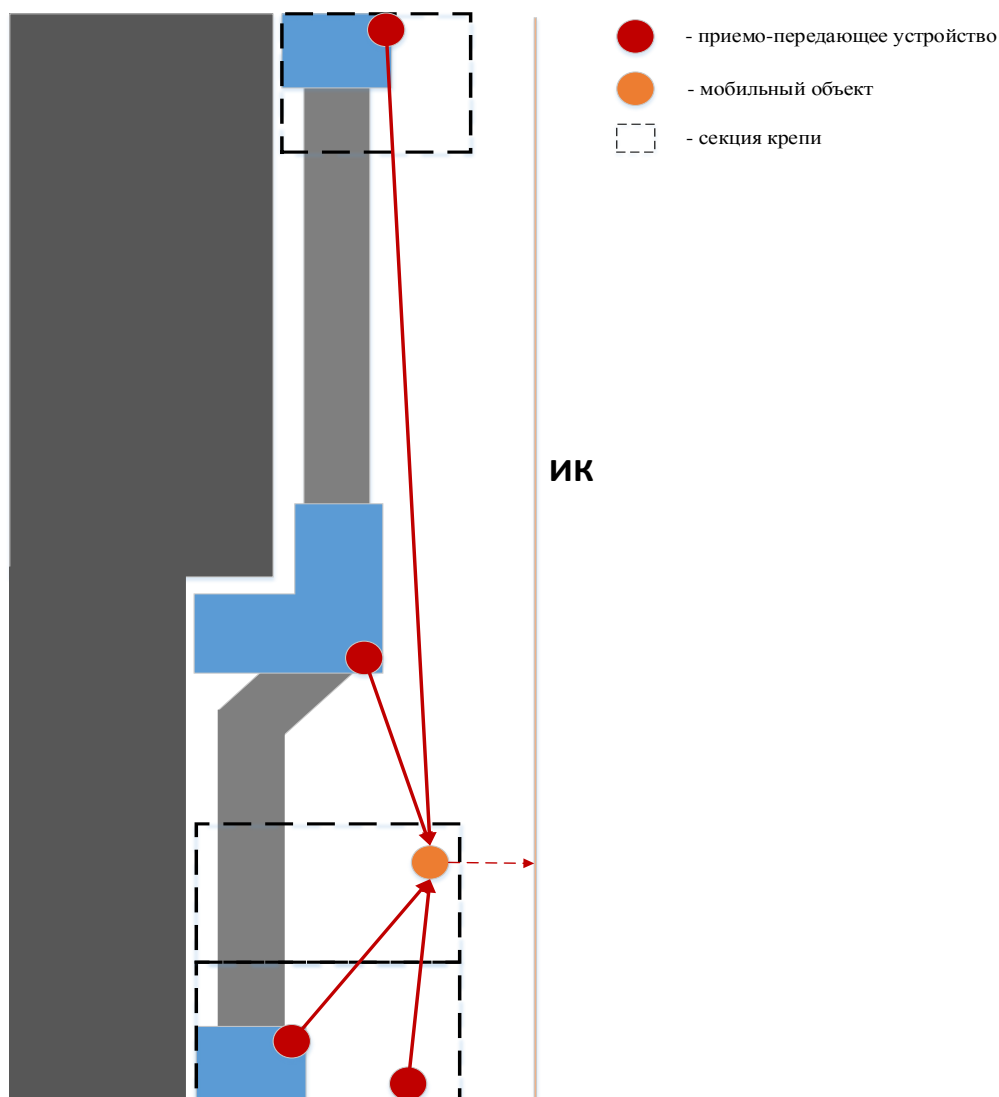


Рисунок 3 – Структурная схема очистного забоя

Таким образом, описанный метод позиционирования мобильных объектов позволит определить местоположение персонала в момент перед аварией, а также отслеживать движение людей после аварии, если оно возможно.

### Перечень ссылок

1. Щекотов, М. С. Анализ подходов к позиционированию внутри помещений с использованием трилатерации сигналов Wi-Fi / М. С. Щекотов // СПИИРАН. – № 36. – 2014. – С. 206 – 214.
2. Методы локального позиционирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habrahabr.ru/company/rtl-service/blog/301706/>. – Загл. с экрана.