

«УМНЫЕ» МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА — НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Текст: Ваганов В.С. к.ф.-м.н., Гоффарт Т.В., Дубков И.С.

Связь - это передача и прием информации при помощи различных технических средств (почтовая связь, электросвязь и др.). В современной электросвязи всё чаще используются цифровые технологии. Конечно же, мы все ещё используем и ручные радиостанции («Walkie-Talkie»), и промышленные системы связи на основе «излучающего кабеля» («Leaky Feeder»), и обычные проводные телефоны: ярких представителей мира «аналоговой» связи. Однако невероятные возможности цифровой связи вытесняют аналоговую связь даже из самых консервативных отраслей. Теперь, всё чаще, современные системы связи и на поверхности, и под землей реализуют на основе компьютерных сетей. Сети сотовой связи стандарта 4G и 5G, высокоскоростные офисные и производственные компьютерные сети, интегрированные с облачными сервисами, нейронными сетями и базами данных – вот некоторые примеры таких сетей.

Цифровые компьютерные сети универсальны, легко масштабируются и способны передавать голос, видеоизображения, различные данные, с максимальной эффективностью, со скоростями до 100 Гбит/с и выше. Данные, которые передают сети, получили название трафик — объём информации, передаваемой через компьютерную сеть за определённый период времени. Трафик передаётся по линиям связи, которые могут отличаться физической средой, используемой для передачи информации. Физическая среда передачи данных представляет собой либо набор проводников (металлических или оптических), по которым передаются сигналы, либо атмосферу (воздух). В первом случае среда передачи будет проводная, во втором беспроводная.

Цифровая связь проникла и под землю. В управлении производством угольных шахт именно связь играет решающее значение, поскольку обеспечивает безопасность работ и персонала. На основе систем связи конструируются многофункциональные системы безопасности (МФСБ) угольных шахт. В России, состав и функции МФСБ регулируются Федеральными нормами и правилами, в частности «Правилами безопасности в угольных шахтах» (ПБ) [1]. Аналогичные усилия предпринимаются в ведущих странах-производителях угля: Китае, США, Южной Африке, Австралии. Только системы связи на основе компьютерных сетей способны удовлетворить все технические потребности МФСБ и обе-

спечить максимальную безопасность работ и эффективность производства. Подробно о решениях в области систем связи под землей можно прочитать в работах [2], [3], [4]. Качество среды передачи трафика на поверхности и в угольных шахтах сильно отличаются. Кроме этого, существует ряд косвенных ограничений, которые так же влияют на производительность системы связи в целом. Ниже рассмотрены факторы, характерные для угольных шахт, которые значительно ограничивают физические возможности электросвязи.

ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Ограничения по мощности электропитания. Для устройств с Ex-маркировкой РО/РВ действует ограничение на передаваемую электрическую мощность, а также ёмкость батарей для автономных источников питания устройств. Разрешено передавать энергию по проводным линиям связи суммарной мощностью не более 10...12 Вт, поскольку электрическая искра такой мощности не способна воспалить газовую смесь. Это требование ограничивает протяженность линий питания для стационарных узлов сети, увеличивает вес оборудования связи, появляются многочисленные вспомогательные блоки питания и ретрансляции, заставляет максимально эффективно использовать энергию за счет оптимизации регламента работы радиоканалов.

Вытянутые древовидные топологии (формы) сетей. Поскольку узлы связи устанавливаются вдоль шахтных выработок, которые представляют из себя сеть длинных вытянутых тоннелей различного диаметра, то и топология сети повторяет гипсометрию (геометрическую форму) шахты. Типичная шахтная сеть — это древовидная структура из длинных последовательных цепочек узлов связи. Это негативно сказывается на использовании mesh-маршрутизации (уменьшается количество резервных маршрутов), сильно снижает производительность сети при использовании беспроводных каналов связи (аналогично много-прыжковому распространению, англ. multi-hop), снижает общую живучесть системы связи (за счёт появления критических узлов топологии) [5].

Ограничения на распространение электромагнитных (ЭМ)-волн. Обзор исследований по распространению ЭМ-волн в шахтах [6] показал, что распространение высокочастотных (ВЧ)-сигналов в беспроводной среде угольных шахт, из-за эффектов множественного распространения ограничено расстояниями 250...300 м. Металлические препятствия, громоздкое оборудование, резкие повороты в подземных горных выработках еще сильнее снижают эффективное расстояние распространения ЭМ-волн.

Частые обрывы проводов питания и линий связи штатно или в результате аварии. В шахте нередки обрывы проводов питания или линий связи в



Рисунок 1. Устройство оповещения SBGPS Light-4

результате движения ВнутриШахтного Транспорта (ВШТ) и работы оборудования. Провода могут быть нарушены и в результате обрушения кровли, иных инцидентов. При аварии, проводные линии страдают в первую очередь, что делает невозможной работу системы связи во время аварийно-восстановительных работ.

Влажность, температура, запылённость. Эти факторы заставляют увеличивать степень пыле- и влагозащиты, что так же снижает характеристики

беспроводных каналов и увеличивает стоимость системы связи.

Эффективные методы сочетания проводной и беспроводной инфраструктуры, использование различных технологий для проведения трафика реального времени, использование высокопроизводительных абонентских устройств и синхронная работа сетей различной архитектуры позволяет решить большинство задач, возникающих при создании МФСБ угольных шахт. Высокопроизводительные абонентские

устройства — это миникомпьютеры, встроенные в шахтерский светильник, каску и другое носимое оборудование. Благодаря своим способностям, «умные» устройства могут решать многие задачи прямо под землей, без необходимости связи с пультом диспетчера. На их основе можно организовать локальную мини-сеть обмена сообщениями, получить справочную информацию и пр. В этой связи стоит обратить внимание на линейку новых мобильных устройств производства НПФ «ГРАНЧ», которые предоставляют уникальные возможности для обеспечения безопасности работ.

УСТРОЙСТВО ОПОВЕЩЕНИЯ SBGPS LIGHT-4

Одним из важнейших мобильных устройств производства НПФ «Гранч» является индивидуальное Устройство Оповещения с функциями шахтёрского головного светильника (УО). Связь устройства с землей осуществляется по беспроводному каналу стандарта IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi). Общий вид УО приведён на рисунке 1. Устройство является multifunctionalным благодаря тому, что внутри кор-



Рисунок 2 – Взрывозащищенная PTT-гарнитура

пуса фары светильника размещен серьёзный вычислительный комплекс, позволяющий устройству не только освещать рабочую зону, но и выполнять ряд других полезных функций как самостоятельно, так и в составе многофункциональной системы связи, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, «SBGPS». Сетевая инфраструктура «SBGPS» проводит высокоскоростной обмен данными с поверхностью для тысяч таких устройств. О наличии-отсутствии связи, готовности к работе УО информирует пользователя голосовыми фразами и отправляет отчёт на-гора.

УО обеспечивает определение местоположения горняков в шахте с разрешением до ± 4 м за счет измерения мощности сигнала (RSSI) [7] от Базовых Станций (БС) системы «SBGPS», гарантированное индивидуальное оповещение шахтера об аварии с двухуровневым подтверждением доставки: автоматическим (средствами самого УО) и при участии человека, получившего сигнал, посредством нажатия на кнопку управления УО. Это действие позволяет диспетчеру на поверхности определить состояние горняка и способность действовать в соответствии с Планом Ликвидации Аварии (ПЛА). Встроенный акселерометр позволяет удаленно осуществлять контроль физического состояния человека. Если УО включено, но неподвижно в течение 15 минут – включается аварийный режим, диспетчера извещают о проблеме. УО в этом случае начинает подавать мощные периодические акустические и световые сигналы, для облегчения поиска человека, застигну-

того аварией, либо оказавшегося в неподвижном состоянии вследствие травмы. Через УО осуществляется односторонняя голосовая связь диспетчер-шахтер. Диспетчер может прислать произвольное или заранее подготовленное голосовое сообщение на УО отдельного шахтера или целой группы людей. Кроме этого, в системе «SBGPS» предусмотрен голосовой навигатор, который, при помощи голосовых команд может выводить шахтеров из выработок по маршрутам, предусмотренным ПЛА, и в соответствии с оперативной обстановкой.

В корпусе фары УО, а также в аккумуляторном блоке могут быть установлены датчики опасных газов CH_4 , CO , CO_2 и кислорода (до четырех различных сенсоров в одном устройстве). Обеспечивается возможность непрерывно передавать оперативную информацию об измеренной концентрации и координатах места замера на-гора. В случае выхода концентрации газов за установленные пределы, УО информирует пользователя голосовыми фразами. При двойном нажатии на кнопку управления УО озвучит текущую концентрацию газов. Сигнал о предаварийном состоянии отображается также на пульте горного диспетчера. Таким образом, светильник служит мобильным и измерительным прибором аэрогазовой обстановки в шахте. Персонал шахты, передвигаясь вдоль выработок, «сканирует» шахту при помощи мобильных УО. Открывается возможность производить анализ газовой обстановки на участках за произвольный период для выявле-

ния рисков возникновения аварий и их предотвращения. Уже сегодня на предприятиях, эксплуатирующих УО со встроенным датчиком метана, наблюдается снижение количества оповещений о превышении уровня концентрации метана вследствие заблаговременного (до аварии) устранения нарушений. Несмотря на наличие на рынке решений по встраиванию газовых сенсоров в головной светильник, альтернативного решения по привязке данных измерений к месту проведения замера на сегодня нет. Применяемые сегодня мобильные газоанализаторы не способны в режиме реального времени передавать свои измерения в систему АГК, а также не способны зафиксировать координаты места замера.

УО может заменять собой карту доступа на определённые участки, его можно применять для контроля отклонения человека от маршрута при выполнении наряда. Встроенный в УО Bluetooth-модуль позволяет осуществлять связь с любой носимой электроникой (от медицинских браслетов до шахтных смартфонов). Время автономной работы УО — 10 часов.

ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННАЯ РТТ-ГАРНИТУРА

Другим, не менее полезным для шахтеров мобильным устройством является взрывозащищённая РТТ-гарнитура (Push-to-talk). Она представляет собой изолирующие наушники, которые монтируются на любую типовую шахтерскую каску при помощи стандартного набора креплений. Внешний вид устройства показан на рисунке 2. При наличии

Рисунок 3 – Взрывозащищённый смартфон SBGPS Mphone



РТТ-гарнитуры, шахтёры могут общаться в режиме групповой голосовой связи. Может быть организовано несколько каналов, которые группируются по назначению. Абоненты, находящиеся на одном и том же канале, общаются друг с другом, независимо от того, в каком месте шахты они находятся. Гарнитура имеет встроенный аккумулятор и самостоятельно выполняет функции передачи и приёма голоса.

Гарнитура и УО могут работать совместно. В этом случае сообщения, приходящие от горного диспетчера на УО, автоматически транслируются на гарнитуру. Гарнитура дополнительно оснащена системой активного шумоподавления, что позволяет успешно использовать её при работах в зоне высокого уровня производственных шумов, как например при передвижении крепей по мере отработки очередного этапа, монтаже крепей в монтажной камере и т. д.

ВЗРЫВОЗАЩИЩЁННЫЙ СМАРТФОН SBGPS MPHONE

Группа мобильных устройств, предназначенных для применения в угольных шахтах и в рудниках, расширена за счёт организации выпуска взрывозащищённого смартфона SBGPS Mphone (рисунок 3). В устройстве реализованы стандартные функции современного смартфона с ОС Android: мобильная голосовая связь, отправка-приём текстовых сообщений, фото- и видеосъемка, установка и использование любых необходимых мобильных приложений. Кроме этого смартфон комплектуется тепловизионной камерой и обеспечивает автоматическую загрузку фото- и видеоматериалов на сервер системы «SBGPS».

Взрывозащищённый смартфон позволяет обеспечить в условиях подземных горных выработок шахты не только связь людей между собой, но и полноценную двустороннюю голо-

совую связь с любой точкой поверхности, что чрезвычайно важно для оперативного управления производственным процессом. Смартфон удобен в применении для организации связи с машинистом дизель-гидравлического локомотива (ДГЛ) и даже может быть использован в качестве монитора для отслеживания параметров ДГЛ или решения иных задач на ВШТ, поскольку фактически является планшетным компьютером. Смартфон можно применять для просмотра технической документации, справочников по ремонту и обслуживанию горно-шахтного оборудования.

При помощи тепловизионной камеры можно проводить температурную диагностику оборудования, и определять потенциальные очаги возгорания на ранних этапах, можно наблюдать людей в полной темноте или в условиях задымления, что очень важно при проведении спасательных работ в аварийных условиях. В рабочем режиме и при аварии смартфон можно использовать как личный навигатор шахтёра. При проведении съёмки смартфоном, происходит автоматическая загрузка фото- и видеоматериалов на сервер системы «SBGPS», что позволяет горному диспетчеру в режиме реального времени визуально оценить состояние выработок и оборудования шахты.



Рисунок 4 – Внешний вид метки активной Granch

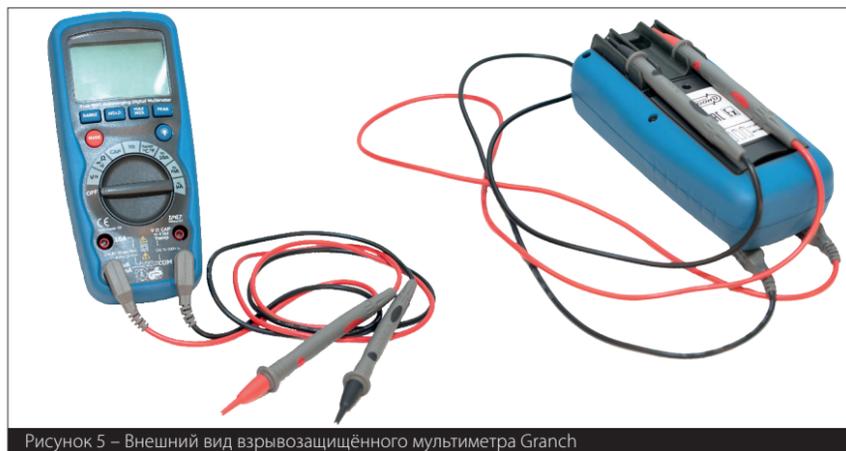


Рисунок 5 – Внешний вид взрывозащищённого мультиметра Granch

МАЛОГАБАРИТНАЯ АКТИВНАЯ МЕТКА GRANCH

Метка активная малогабаритная Granch (рисунок 4) предназначена для определения координат местоположения ВШТ, передвижного оборудования и перевозимых грузов в выработках шахты, оснащённых инфраструктурой системы «SBGPS», с отображением координат с разрешением ± 20 м. Информация о местоположении контролируемых объектов передаётся в режиме реального времени на пульт горного диспетчера.

Алгоритмы работы и методы определения координат аналогичны алгоритмам при работе с УО. Встроенный первичный источник питания рассчитан на работу в течение трёх лет.

ВЗРЫВОЗАЩИЩЁННЫЙ МУЛЬТИМЕТР GRANCH

Взрывозащищённый мультиметр Granch — полностью цифровой мультиметр с автоматическим переключением диапазонов.

Ударопрочная защищённая конструкция позволяет прибору работать в жёстких условиях эксплуатации. У мультиметра эргономичный и современный дизайн, присутствует подставка-упор для удобного вертикального расположения. Светодиодная подсветка дисплея. Измерение переменных и постоянных напряжений и тока, сопротивления, емкости, частоты, коэффициента заполнения импульсов, температуры. С помощью мультиметра можно провести испытание P-N перехода и прозвонить цепь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление мобильных высокопроизводительных устройств в сочетании с высокопроизводительной стационарной инфраструктурой связи в угольных шахтах позволяет расширить функциональность системы, повысить безопасность проводимых работ, улучшить производственный учет. «Умные» мобильные устрой-

ства позволяют решать задачи внутри шахты без использования серверных ресурсов пульта диспетчера, а это снижает нагрузку на инфраструктуру связи, позволяет преодолеть негативные факторы влияния на компьютерные сети, присущие угольным шахтам, увеличить надежность подземной связи. С появлением новых функций у мобильных устройств, увеличивается скорость принятия решений и эффективность управления производством, снижается аварийность.

Список литературы

1. Правила безопасности в угольных шахтах/ Федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности/ Серия 05. Выпуск 40. - М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем пром. безопасности», 2014. - 200 с.

2. Ваганов В.С. Многофункциональные системы безопасности, применяемые при производстве горных работ. Горная Промышленность №3 (115) 2014, стр.25

3. Ваганов В.С., Урусов Л.В. Анализ способов организации сетей передачи данных для построения современных МФСБ в угольных шахтах, Вестник Научного Центра по безопасности работ в угольной промышленности, 2016, №3, с. 72.

4. Centers for Disease Control and Prevention, NIOSH, Mining, Advanced Tutorial on Wireless Communication and Electronic Tracking: Electronic Tracking Systems Performance, 3.0 Electronic Tracking Systems Performance. [Электронный ресурс URL: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/emergencymanagementandresponse/commtracking/advcommtrackingtutorial2.html>] 2017 г.

5. Yang Wei, Zhang Yu, Liu Yang. Constructing of wireless emergency communication system for underground coalmine based on WMN technology, Journal Of Coal Science & Engineering (China), Vol.16 No.4 Dec. 2010, pp 441–448

6. Andrej Hrovat, Gorazd Kandus, Tomaž Javornik. A Survey of Radio Propagation Modeling for Tunnels, in IEEE Communications Surveys & Tutorials • Sep. 2013.

7. A. Kupper, "Fundamentals of positioning", in Location-Based Services Fundamentals and Operation, chapter 6, pp. 123–154, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2005. ДТ