

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И СВЯЗИ ДЛЯ ШАХТ «КОНДОР»

Д.В. Горячев, В.И. Ухов (ООО «Компания ДЭП»)

Рассмотрена четырехуровневая архитектура системы позиционирования и связи для шахт «Кондор». Система предназначена для автоматического сбора данных с приборов контроля и обеспечения шахтеров многоканальной мобильной связью.

Ключевые слова: цифровая инфраструктура, горная промышленность, шахта, автоматический сбор данных, приборы контроля, многоканальная мобильная связь.

Современные требования к определению местоположения персонала и техники в шахтах¹ ведут к созданию цифровых систем позиционирования следующего поколения. Развертывание в шахте цифровой инфраструктуры, необходимой для работы такой системы, позволяет также решить целый ряд других задач [1–3]. В число таких задач входят в первую очередь автоматический сбор данных с приборов контроля и обеспечение шахтеров многоканальной мобильной связью.

Разработка и создание современной цифровой системы позиционирования и связи требует поиска согласованных архитектурных и технологических решений. Рассмотрим отечественную систему «Кондор» как пример удачного решения поставленной задачи. Система обеспечивает точность позиционирования персонала и техники до 5 м. Система поддерживает как общешахтные каналы мобильной связи, когда аудиообщение абонентов возможно на всей территории, охваченной системой «Кондор», так и локальные

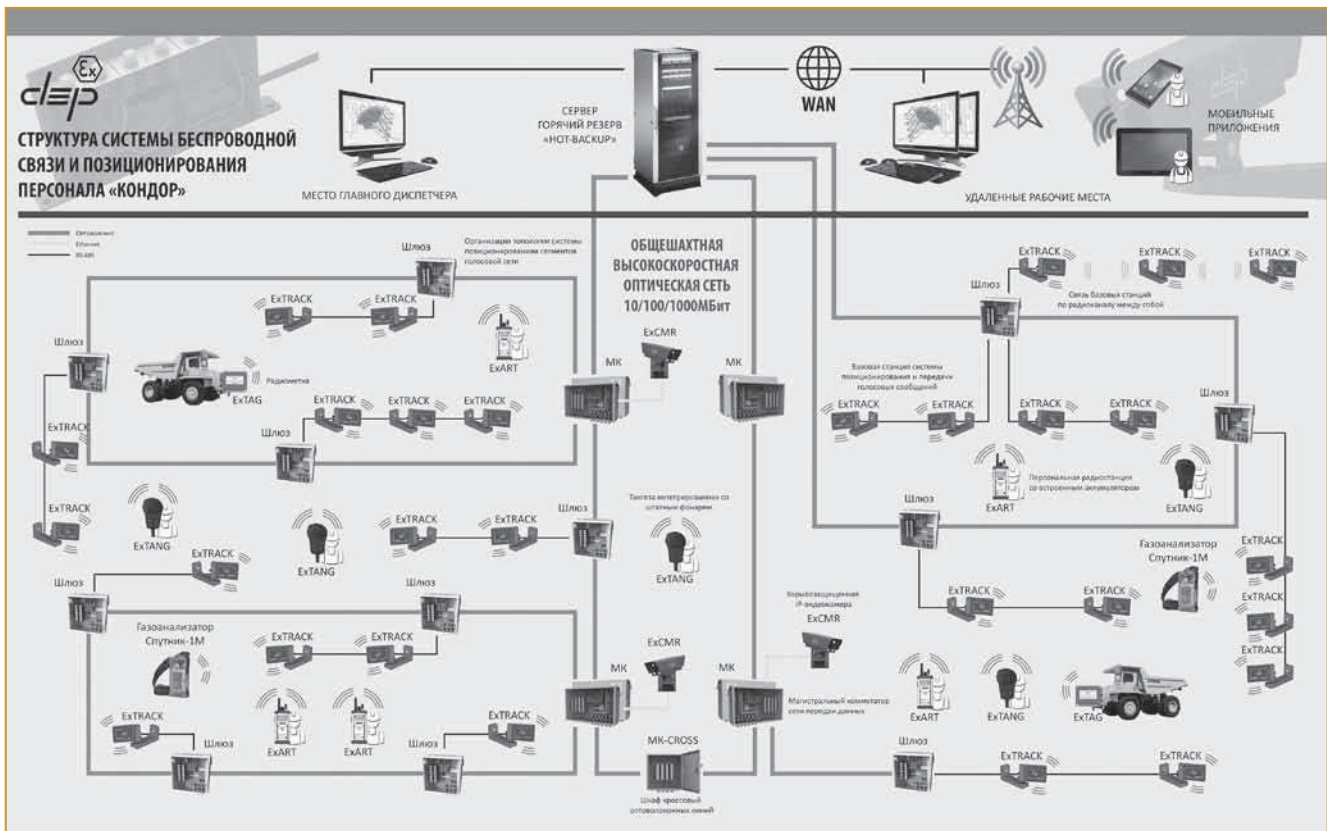


Рис. 1. Структурная схема системы позиционирования и связи для шахт «Кондор»

¹ Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" и "Правила безопасности в угольных шахтах".

и групповые каналы мобильной связи, когда аудиообщение абонентов ведется в пределах одного участка или группы участков.

Структура система «Кондор» имеет четыре уровня (рис. 1). На каждом уровне действуют свои правила арбитража, в совокупности обеспечивающие надежное и эффективное функционирование системы в целом.

Первый уровень

Первый уровень системы «Кондор» образуют компактные носимые устройства.

Радиометка *ExTAG* имеет встраиваемое и корпусное исполнение (рис. 2), может интегрироваться с технологическим оборудованием, участвует в измерении расстояний до базовых станций, обеспечивает обмен технологической информацией и прием оповещений. Измерение расстояний и обмен данными ведутся по цифровому технологическому радиоканалу на частоте 2,4 ГГц.

Радиостанция *ExART* предназначена для многоканального полудуплексного голосового обмена, имеет дисплей и органы управления. В радиостанцию встроен модуль определения местоположения, аналогичный *ExTAG*. Радиостанция может работать в трех режимах:

- сотовый, когда устройство передает и принимает голосовые данные с ближайшей базовой станции (рис. 3). Между базовыми станциями голосовая информация передается по цифровой магистрали. Каждое устройство *ExART* подключается к одному из частотных каналов ближайшей базовой станции (с самым мощным сигналом), в установленном частотном канале передаются четыре логических голосовых канала с временным разделением пакетов. Текущий логический канал, на котором работает *ExART*, выбирается энкодером;
- mesh-сети, когда устройство передает и принимает голосовые данные с нескольких ближайших базовых станций. Между базовыми станциями голосовая информация передается по TDMA радиоканалу. Каждое устройство *ExART* принимает голосовые пакеты со всех базовых станций в зоне покрытия и выбирает из них кадры с наименьшими потерями данных. Данный режим предназначен для работы в сложных технологических условиях, когда прокладка цифровой магистрали невозможна либо нежелательна.



Рис. 2. Радиометки *ExTAG*



Рис. 3. Базовая станция *ExTRACK*

- цифрового радио, когда устройство работает в качестве обычной цифровой полудуплексной радиостанции. Если одно устройство осуществляет передачу голосовой информации, все остальные принимают разговор. Для функционирования не требуются базовые станции. Режим предназначен для работы в аварийных условиях.

Обмен голосовой информацией ведется в нелицензируемом диапазоне на частотах 868 МГц. При движении абонента обеспечивается безударный переход от одной базовой станции к другой.

Радиостанция обеспечивает первоначальный арбитраж доступа к аудиоканалам в сотовом режиме и режиме mesh-сети. Если на данном канале уже ведется разговор, то выход радиостанции в режим передачи блокируется. Если на данном канале начинается передача диспетчерского сообщения, то радиостанция из режима передачи принудительно переходит в режим приема.

Второй уровень

Второй уровень системы образуют базовые станции *ExTRACK* системы локального позиционирования (определения местоположения) и одновременно точки доступа беспроводной системы голосовой связи.

В качестве базовой станции устройство *ExTRACK* предназначено для организации беспроводной инфраструктурной сети,

позволяющей определять местоположение носимых меток *ExTAG* и беспроводных переговорных устройств *ExART* со встроенными метками локального позиционирования (рис. 4). Устройство выполняет задачу определения расстояния до меток позиционирования по технологии TOF с точностью до 5 м и передачу накопленной информации на главный сервер системы определения местоположения персонала и оборудования.

Базовая станция поддерживает реестр зарегистрированных устройств нижнего уровня, в котором хранится текущая информация о местоположении устройства и его технологические параметры.

В качестве точки доступа устройство обеспечивает цифровую полудуплексную голосовую связь с носимыми устройствами *ExART* по радиоканалу в субгагерцовом диапазоне и обмен цифровыми голосовыми потоками с сервером верхнего уровня.

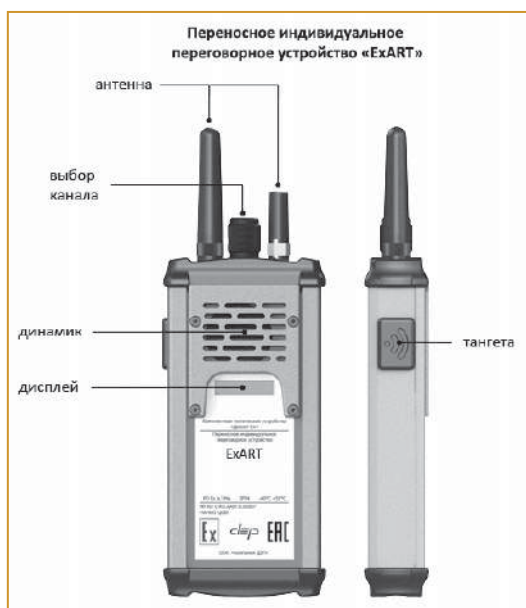


Рис. 4. Переносное индивидуальное переговорное устройство ExART

Устройство может поддерживать работу радиоканала в двух режимах:

- сотовый, когда базовые станции объединены цифровой магистралью (RS-485). При этом обеспечивается одновременный обмен голосовыми сообщениями по трем глобальным голосовым логическим каналам и 1000 локальным. Это основной режим работы;
- mesh-сети, когда до семи базовых станций могут быть локально организованы в сегмент одноранговой самоорганизующейся сети с ячеистой топологией. По данному беспроводному радиоканалу голосовые данные и данные позиционирования со всех базовых станций одного сегмента поступают на одну или две из них, подключенные к цифровым магистралям для передачи данных на сервер верхнего уровня. Таким образом, обеспечивается работа по одному локальному голосовому логическому каналу. При этом несколько независимых сегментов mesh-сетей могут быть разделены на 16 частотных каналов. Этот режим работы применяется в тяжелых условиях эксплуатации, где невозможно проложить информационные кабели.

При движении абонента базовые станции обеспечивают безударную передачу абонента, ведущего передачу или прием, от одной базовой станции к другой.

Базовая станция обеспечивает вторичный арбитраж доступа радиостанций к аудиоканалам, в частности, аудиоданные, принятые по цифровым магистралям имеют приоритет перед данными от радиостанций. Радиостанция, первой начавшая или уже ведущая передачу по данному аудиоканалу, также имеет приоритет.

Третий уровень

На третьем уровне системы используется шлюз-концентратор, построенный на базе микроконтроллера в специальном взрывобезопасном исполнении, функционирующем под ОС Linux. Шлюз обеспе-

чивает работу нескольких цифровых магистралей (RS-485), по которым ведет опрос базовых станций. Шлюз регулярно опрашивает реестр базовой станции. Собранные данные передаются на сервер по сетевому протоколу UDP. Данный протокол был осознанно выбран в силу полной предсказуемости времени передачи и сокращенной нагрузки на сетевую инфраструктуру шахты. Возможная потеря пакета данных полностью компенсируется цикличностью передачи.

Шлюз обеспечивает обмен аудиоданными между базовыми станциями и сервером с функцией арбитража. Аудиоданные, принятые от сервера, имеют приоритет перед данными от базовых станций. Базовая станция, первой начавшая или уже ведущая передачу по данному аудиоканалу, также имеет приоритет.

Обмен аудиоданными с сервером также ведется по сетевому протоколу UDP, выбранному в силу полной предсказуемости времени передачи и сокращенной нагрузки на сетевую инфраструктуру шахты. Возможная потеря пакета аудиоданных компенсируется специализированным способом их кодирования.

В случае отсутствия связи с сервером шлюз обеспечивает полноценный аудиообмен в рамках своего сегмента, то есть между всеми базовыми станциями, подключенными к его цифровым магистралям.

Четвертый уровень

На верхнем, четвертом уровне системы расположен сервер и АРМы. Последние могут располагаться как в пределах LAN, так и быть удалены на значительное расстояние. Система «Кондор» поддерживает работу мобильных АРМ на устройствах под управлением ОС Android.

Сервер системы «Кондор» обеспечивает сбор и архивирование информации о местоположении низовых устройств и их технологические параметры. Сервер контролирует регистрацию и наличие в системе устройств всех предыдущих уровней. Обнаруженные несоответствия фиксируются в архиве и таблицах сервера.

Все оперативные данные по запросу или по «подписке» сервер предоставляет АРМам и партнерским приложениям. Связь со шлюзами поддерживается по сетевому протоколу UDP. Связь с АРМами ведется по протоколам UDP или TCP в зависимости от архитектуры и требований LAN.

Сервер системы «Кондор» обеспечивает сбор, трансляцию и архивирование аудиопотоков. Сервер осуществляет арбитраж аудиоданных. Диспетчерское аудиообращение имеет приоритет в любом аудиоканале. Шлюз, первым начавший или уже ведущий передачу по данному аудиоканалу, также имеет приоритет.

Сервер на основе конфигурационной информации и по командам диспетчера может объединять первичные локальные аудиоканалы (образуются в рамках одной цифровой магистрали RS-485) в совместные пространства аудиообмена. В этом случае участок или группа участков могут быть объединены в общее аудиопространство.

АРМ диспетчера предназначен для контроля перемещений и аудиообмена персонала. Диспетчер может подключаться к любому аудиоканалу шахты. Обращение диспетчера имеет абсолютный приоритет в любом аудиоканале. Диспетчер имеет возможность объединять и отменять объединение нескольких аудиоканалов.

АРМ руководителя/специалиста предназначен для контроля перемещений персонала и участия в аудиообмене. Данный АРМ не имеет приоритетов перед другими абонентами.

Мобильный АРМ руководителя/специалиста предназначен для удаленного участия в аудиообмене. Данный АРМ не имеет приоритетов перед другими абонентами. Используется защита канала данных, что предъявляет повышенные требования к мобильному устройству.

Заключение

Работа над проектом шахтного позиционирования и связи «Кондор» потребовала значительных усилий

от всех вовлеченных в проект специалистов. В рамках проекта проводились многочисленные полевые испытания как отдельных компонент, так и системы в целом, что позволило выявить и устранить ряд ограничений современных систем измерения расстояний и цифровых каналов связи. В настоящее время готовится поставка системы на шахты России.

Список литературы

1. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Многофункциональная система безопасности угольных шахт – практика применения системопределения местоположения и оповещения персонала // Горная промышленность. 2018. №2 (138).
2. Шадрин А.В., Дюк Ю.А., Телегуз А.С. Применение акустических методов для управления параметрами гидрообработки горного массива и оценки ее эффективности // Горная промышленность. 2018. № 2 (138).
3. Ваганов В.С. Правила безопасности в угольных шахтах – развитие многофункциональных систем безопасности // Горная промышленность. 2017. № 2 (132).

*Горячев Дмитрий Валентинович – ведущий инженер,
Ухов Владимир Иосифович – канд. физ.-мат. наук, руководитель
департамента развития ПО ООО «Компания ДЭП».
Контактный телефон (495) 995-00-12.
[Http://www.dep.ru](http://www.dep.ru)*

BM1260 – новое поколение инерционных датчиков, оптимизированных для приложений на смартфонах

Bosch Sensortec представляет новое поколение инерционных МЭМС-датчиков для приложений на смартфонах. Модели BM1260, BM1261 и BM1263 полностью совместимы с платформой Android, поддерживают синхронизацию датчиков и оснащены функцией I3C (интерфейс улучшенной интегральной схемы).

В новые инерционные датчики встроен высокопроизводительный акселерометр. Он с высокой точностью измеряет шаги, отслеживает движение и передает данные во внутренний SLAM (метод одновременной локализации и построения карты). Новое семейство датчиков не только повышает производительность смартфонов, его функции позволяют экономить энергию аккумулятора, увеличивая срок его эксплуатации. Встроенные функции Low-latency (низкого значения задержки), OIS (оптической стабилизации изображения) и EIS (цифровой стабилизации изображения) делают фотографии более резкими, а видео – плавными.

Широкий выбор функций

Инерционный датчик BM1260 – базовый вариант, сочетающий профессиональные характеристики акселерометра и проверенные технологии гироскопа. Благодаря его высокой устойчивости к колебаниям температур и напряжению печатной платы (PCB) он точно распознает ускорение. Датчик BM1261 полностью совместим с Android, оптимизирован для постоянного распознавания активности и жестов. BM1261 – первый продукт Bosch Sensortec, соответствующий самым последним стандартам MIPI I3C. Датчик поддерживает как асинхронный, так и синхронный контроль времени. Все семейство датчиков BM1260 поддерживает синхронизацию данных.

Встроенная самокалибровка гироскопа

В каждом новом инерционном датчике для самокалибровки встроенного гироскопа предусмотрена инновационная функция восстановления компонентов (CRT). Для калибровки чувствительности МЭМС-гироскопа стимул вращения больше

не нужен. С этой автоматической функцией значительно увеличивается скорость испытаний и производственных процессов, при этом стоимость и время производства сокращаются.

Высокая резкость фотографий и видео с технологиями EIS и OIS

Новое семейство датчиков отличается мощными характеристиками OIS и EIS. Исключительно низкая задержка сигнала (совместимо, например, с Google Daydream View), минимальные групповые задержки фильтра (~ 600 мкс) и высокоточные отметки времени (точность ~ 40 мкс) существенно улучшают качество фото и видео. С помощью двойных интерфейсов SPI один датчик IMU способен обслуживать два модуля на основе SPI и поддерживать работу стерео или 3D-камеры.

Сверхнизкое потребление энергии

Датчики потребляют мало энергии, что помогает продлить срок эксплуатации аккумулятора и сократить циклы зарядки. Максимальная выходная скорость передачи данных – до 6,4 кГц. При ней обычный ток для акселерометра и гироскопа поддерживается на уровне 700 мкА. Высокая скорость передачи данных и низкое потребление энергии позволят избежать неприятных эффектов наложения, когда при низкой электроэнергии, разные сигналы становятся неразличимыми.

В инерционные датчики семейства BM1260 встроена интеллектуальная система управления питанием. Благодаря ей постоянно включенные функции работают в области ультранизкой мощности датчика. Основной процессор приложения должен пробуждаться лишь в редких, особенных случаях, что позволяет увеличить время простоя главного процессора. Например, на распознавание жестов и движений системе требуется всего 30 мкА.

Корпус датчиков BM1260 очень компактный. Его параметры всего лишь 2,5 x 3,0 x 0,8 мм³. Они полностью совместимы с их предшественником серии BM1160.

[Http://www.bosch.ru](http://www.bosch.ru), www.bosch.com