

*к.т.н. Пупков В.С.
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина)*

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Запропоновано концепцію сенсорної мережі задля моніторингу технічного стану гірничої виробки великої довжини. За наявності лінійності об'єкту вибрано топологію мережі та шляхи забезпечення безперервної роботи.

***Ключові слова:** сенсорна мережа, гірнича виробка, мікропроцесорний вузол, стандарт IEEE802.15.4.*

Предложена концепция сенсорной сети для мониторинга технического состояния протяженной горной выработки. С учетом линейности объекта выбрано топология сети и пути обеспечения отказоустойчивости.

***Ключевые слова:** сенсорная сеть, горная выработка, микропроцессорный узел, стандарт IEEE802.15.4.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Угольная промышленность является одной из самых аварийноопасных отраслей народного хозяйства Украины. И если в США и Великобритании профессия горняка сегодня не входит в десятку самых опасных профессий [1] то в Украине имеет место постоянный рост количества аварий на угольных предприятиях. Одной из причин такого состояния является недостаточный контроль за техническим состоянием горных выработок (газовый состав шахтной атмосферы и запыленность, нагрузка на крепь и т.д.) а также позднее регистрирование начала аварии.

Анализ исследований и публикаций. Существующие системы контроля технического состояния горных выработок [2 –4] имеют значительную стоимость и требуют развитого кабельного хозяйства для коммуникаций и питания, повреждение которого влечет за собой частичный или полный отказ системы. Поэтому количество узлов контроля обычно не превышает норм регламентированных правилами техники безопасности, что не позволяет иметь полную статистическую картину и затрудняет изучение и прогнозирование процессов сопутствующих горным работам (особенно для глубин 1 км и более).

Возможным решением проблемы достижения качественного мониторинга за техническим состоянием горных выработок может быть использование сенсорных сетей представляющих собой совокупность небольших автономных устройств с питанием от батарей и микрочипами с радиосвязью на частоте - например 2,4 ГГц [5]. Современная элементная база позволяет существенно снизить цену одного микропроцессорного узла контроля а применение радиоинтерфейса решает проблему повреждения кабельного хозяйства, что далеко не редкость в горных предприятиях [6]. Имеется положительный опыт применения таких систем для контроля лесных пожаров [7] и для поддержки виноградарства [8]. Однако специфика горных предприятий не позволяет напрямую использовать эти разработки.

Постановка задачи. Целью данной работы является формирование концепции распределенной микропроцессорной системы для мониторинга технического состояния горных выработок.

Изложение материала и его результаты. В качестве базового объекта для использования сенсорной сети (СС) выберем протяженную горную выработку. К отличительным признакам такого объекта следует отнести:

- область контроля линейна и имеет размеры порядка 1–5 км;
- срок эксплуатации может быть сопоставим со сроком функционирования шахты (20–30 лет);
- горизонтальная и вертикальная кривизна выработки незначительна;
- контур выработки поддерживается крепью (металлической, анкерной или железобетонной).

По длине выработки необходимо контролировать газовый состав и запыленность атмосферы, давление на крепь и смещение породного контура, а также возникновение очагов возгорания. Для систем автоматизированного учета персонала желательно также фиксировать положение рабочих. Основные требования предъявляемые к контролю газового состояния рудничной атмосферы следующие: содержание кислорода не должно быть менее 20%, содержание углекислого газа не должно превышать – 0,5% а содержание метана определяется требованиями ТБ в зависимости от назначения выработки[9]. При этом содержание метана может меняться очень быстро и на локальном участке. Согласно [10] при внезапных выбросах угля и газа, возникших при технологических процессах выемки угля концентрация метана в забоях (2,5 %) будет появляться через 4,3 с после начала внезапного выброса. При этом скорость нарастания концентрации метана составляет 0,5 % в секунду. Поэтому датчики метана должны обладать минимальной инертностью.

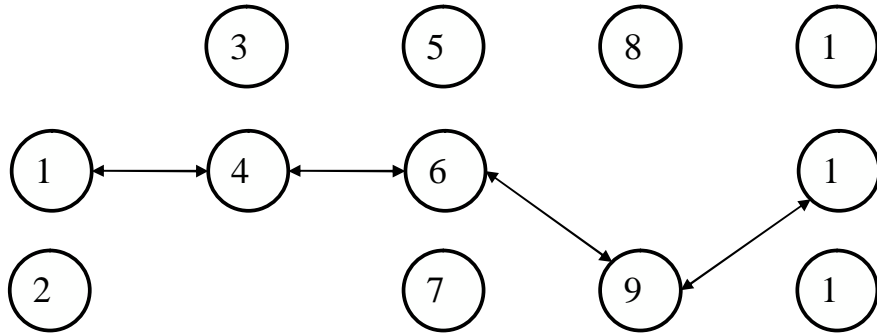
Для обеспечения сбора статистической информации с одной стороны и предупреждения аварий с другой микропроцессорная система мониторинга должна работать в двух режимах. Первый режим – режим нормальной работы, это опрос узлов базовой станцией. Вторым режим – оповещение об исключительной ситуации. В этом режиме инициатором обмена является узел, датчики которого зафиксировали недопустимые параметры. Приоритет на занятие канала связи должен иметь второй режим, что возможно потребует оснащения датчиков дополнительной линией связи находящейся в активном режиме постоянно. При работе в нормальном режиме можно существенно снизить объем передаваемых данных, если передавать только те параметры которые были изменены.

Топология сети ввиду линейности объекта представляет цепь из узлов. В начале выработки располагается базовая станция имеющая стационарное питание и интерфейс для связи с поверхностью (возможно основанный на Ethernet). Остальные узлы сети представляют малогабаритные микропроцессорные устройства с автономным питанием. Узлы оснащены датчиками – газоанализаторами, тензometрами и др. набор датчиков может отличаться для некоторых из узлов. Например датчики кислорода и углекислого газа могут иметь незначительное число узлов.

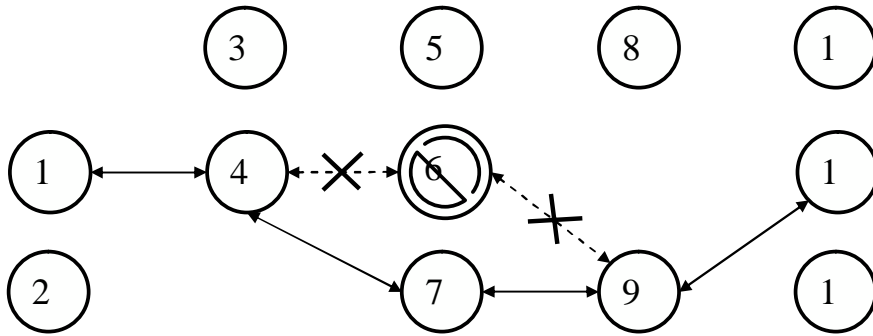
Если использовать для связи между узлами трансиверы стандарта IEEE802.15.4 то типичное расстояние между узлами должно быть порядка 10 м (можно увеличить до 100 м за счет повышенных затрат энергии) [11]. При длине выработки 5 км число узлов составит порядка 500 шт. Поскольку для локальных сетей согласно стандарту IEEE802.15.4 определена 16 битная адресация [12] можно в качестве номера использовать расстояние от узла до начала выработки. Такой подход позволяет однозначно определять позицию узла и решает проблему ввода новых узлов в случае необходимости [13].

Прекращение работы одного из узлов не должно приводить к потере работоспособности всей системы. В классических сенсорных сетях это достигается за счет избыточной маршрутизации (рис.1).

Поэтому для линейной сенсорной сети необходим подход при котором, при повреждении одного из узлов, соседние с ним узлы увеличивают мощность трансивера для устранения разрыва (рис. 2).

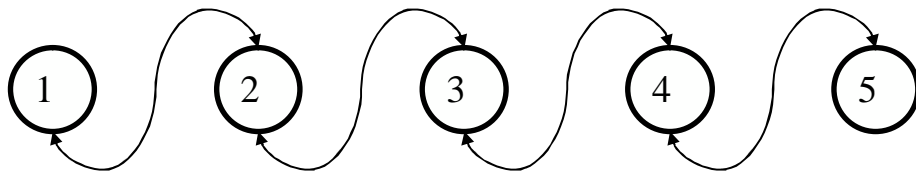


а) нормальная работа сети (обмен данными 1 и 11 узлов)

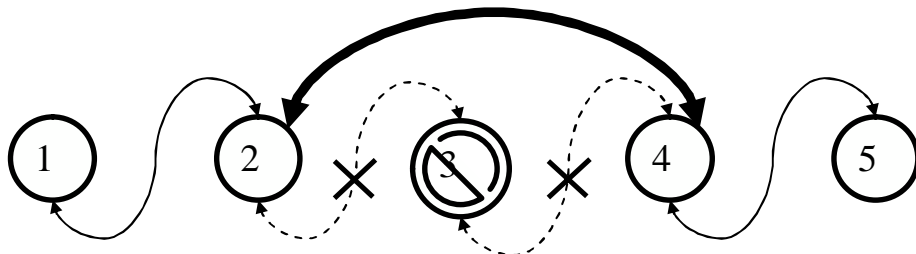


б) работа сети при выходе из строя одного узла (узел №6)

Рисунок 1 – Изменение маршрутов следования пакетов в случае отказа одного из узлов



а) нормальная работа сети



б) работа сети при выходе из строя одного узла (узел №3)

Рисунок 2 – Устранение разрыва цепи в случае отказа одного из узлов для линейной СС

Необходимый срок службы сенсоров должен быть очень продолжительным, поэтому необходимо либо предусмотреть замену элементов питания или использовать аккумуляторы с возможностью быстрой зарядки. Сигнал о необходимости ревизии батареи подается датчиком в режиме оповещения об исключительной ситуации. Возможно также оснащение узлов резервным источником питания (конденсатором большой емкости или ионистором) заряд которого достаточен для оповещения об аварии на максимальную дальность связи.

Поскольку вычислительная мощность одного узла незначительна, а объем передаваемых данных мал можно выбрать простой протокол кодирования сигнала, например FM кодирование [14]. Но из-за значительной длины цепи передачи сигнала необходимо предусмотреть буферизацию данных до подтверждения их приема следующим узлом.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, можно сделать вывод о перспективности использования сенсорных сетей для контроля технического состояния протяженной горной выработки. В дальнейшем следует проработать схемотехнику отдельных узлов и базовой станции. При этом следует учесть назначение узла, поскольку одни узлы будут фиксировать смещение контура выработки и напряжения в крепи, а другие использоваться для пыле-газового контроля. Разработать протокол связи узлов в нормальном и аварийном режимах работы. Проверить работоспособность системы в условиях горного предприятия.

Библиографический список

1. *Украинский забой: метан – взрыв – трупы... Где выводы?! – Украина криминальная 20.11.2007 08:58.: <http://www.cripo.com.ua>.*
2. *АКМР-М - автоматизированный комплекс контроля рудничной атмосферы, ФГУП СПО "Аналитприбор" Смоленск.: <http://www.analitpribor-smolensk.ru>*
3. *Анализатор метана АТ-3-1.: http://megatex.narod.ru/AT1_3_1M/AT1_3.htm.*
4. *Ямщиков В.С. Контроль процессов горного : Учебник для вузов. – М.: Недра, 1989. – 446с.*
5. *Беспроводные распределённые сенсорные сети.: <http://wiki.laser.ru>*
6. *В.И.Мартынов. Беспроводная связь под землей: микросотовые системы или излучающий кабель?.: <http://www.mining-news.ru>.*
7. *Датчики от Voltree Power сэкономят леса в целости и сохранности.: <http://www.ladoshki.com>.*

8. *Карабуто А. Сенсорные сети: как скоро?: <http://www.computerra.ru>*
9. *ДНАОП 1.130-1.01-2001 "Правила безопасности в угольных шахтах". – Киев, 2000. -495 с.*
10. *Волошин Н.Е. Внезапные выбросы и способы борьбы с ними в угольных шахтах. - К.: Техніка, 1985.-127с.*
11. *Применение радиомоделей стандарта IEEE802.15.4 (ZigBee) в системах промышленной автоматизации.: <http://www.compeljournal.ru/enews/2007/9>*
12. *802.15.4 IEEE Standard*
13. *Астраков С. Н. Сенсорные сети и покрытие плоскости кругами /С. Н. Астраков, А. И. Ерзин, В. В. Залюбовский // Дискретный анализ и исследование операций, 2009, № 16:3. – С 3–19*
14. *Беспроводные датчики с автономным питанием.: <http://www.elcp.ru>.*

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Гайко Г.И.