

*Суходуева М.О., Чистякова Н.С., Белоусова И.Д. Применения mesh сетей в экстремальных условиях эксплуатации // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №12 (декабрь). – АРТ 573-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 004**

**Суходуева Мария Олеговна**

студентка 2 курса магистратуры группы АЭМм-17  
факультет «Электроснабжения промышленных предприятий»  
Магнитогорский Государственный Технический Университет  
им. Г.И. Носова  
Россия, г. Магнитогорск  
e-mail: [mkoot@mail.ru](mailto:mkoot@mail.ru)

**Чистякова Наталья Сергеевна**

студентка 2 курса магистратуры группы АПОм-17  
факультет «Бизнес информатики и информационных технологий»  
Магнитогорский Государственный Технический Университет  
им. Г.И. Носова  
Россия, г. Магнитогорск  
e-mail: [tsepesh.n@yandex.ru](mailto:tsepesh.n@yandex.ru)

**Белоусова Ирина Дмитриевна**

канд. пед. наук, доцент  
доцент кафедры «Бизнес информатики и информационных технологий»  
Магнитогорский Государственный Технический Университет  
им. Г.И. Носова  
Россия, г. Магнитогорск  
e-mail: [bid711@mail.ru](mailto:bid711@mail.ru)

**ПРИМЕНЕНИЯ MESH СЕТЕЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ  
УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Аннотация:* В статье рассмотрен эксперимент внедрения беспроводной сети на участках подземных работ в шахтах.

*Ключевые слова:* беспроводные сети, шахта, подземные работы, радиоустройства.

**Sukhodeeva Maria Olegovna**

2nd year student of the master's group AEMm-17  
Faculty "Power supply of industrial enterprises"  
Magnitogorsk State Technical University  
them. G.I. Nosova  
Russia, Magnitogorsk

**Chistyakova Natalia Sergeevna**

2nd year undergraduate student of the APOm-17 group  
Faculty "Business Informatics and Information Technologies"  
Magnitogorsk State Technical University  
them. G.I. Nosova  
Russia, Magnitogorsk

**Belousova Irina Dmitrievna**

Ph.D. ped. sciences, associate professor  
Associate Professor of the Department "Business Informatics and  
Information Technologies"  
Magnitogorsk State Technical University  
them. G.I. Nosova  
Russia, Magnitogorsk

**APPLICATIONS OF MESH NETWORKS IN EXTREME  
OPERATING CONDITIONS**

*Abstract:* The article describes the experiment of introducing a wireless network in areas of underground work in the mines.

*Keywords:* wireless networks, mine, underground works, radio devices.

На сегодняшний день применение беспроводных точек доступа в жестких условиях эксплуатации таких как горнодобывающая промышленность чрезвычайно ограничены в связи с неспособностью обычных топологий сетей обеспечивать стабильную высокоскоростную связь, это связано с разветвляющейся системой существующих или вновь прокладываемых шахт.

Одна из крупных горнодобывающих компаний обратилась в компанию Rajant с просьбой о развертывании беспроводной широкополосной сети на всех участках подземных работ в шахтах. Компания Rajant совместно с партнером 3D-P провели исследования и инженерных проработок беспроводной сети непосредственно на месте.

Цель исследования заключалась в том, чтобы удостовериться в возможностях будущей реализации беспроводной сети связи и передачи данных, которая могла бы обеспечить связь всех сетевых приложений на всех участках шахты, в том числе с покрытием зоны активной очистки.

В требованиях заказчика к беспроводной сети предусматривалась не только надежность сетевых соединений с высокой пропускной способностью, но также обеспечение масштабируемости с целью добавления в будущем сетевых приложений, в том числе для автономной работы в условиях подземных участков. Первоочередные приложения должны были обеспечивать связь для поддержки диспетчеризации и контроля бортовых систем машин и механизмов, доступ к системам бизнес-процессов, отслеживание производственных активов, связь через беспроводные и проводные системы телефонии VoIP, а также видеонаблюдение через камеры с передачей данных по протоколу IP. Компания также хотела обеспечить сотовую голосовую связь для всех сотрудников на всей территории шахты. Для достижения всех этих целей заказчику требовалась надежная беспроводная сеть с большой полосой пропускания и малым временем задержки.

Предварительные обсуждения и анализ, проведенный компанией 3D-P, позволил выявить ряд возможных беспроводных решений и сократить их список до нескольких оптимальных, удовлетворяющих требованиям

заказчика. По этим выбранным решениям было проведено исследование, целью которого было определить следующее:

- Эксплуатационные характеристики выбранных решений;
- Эксплуатационные характеристики для радиочастот 900 МГц, 2,4 ГГц и 5,8 ГГц в условиях подземной работы;
- Наилучшие практические решения антенн для мобильной связи и сетевой инфраструктуры;
- Радиочастотные шумы и помехи, и в частности, возможные собственные помехи;
- Эксплуатационная готовность, доступность и наилучшие практические решения для транспорта данных на всех участках шахты;
- Тактика и наилучшие практические приемы для расширения зоны покрытия беспроводной сети в зоне очистных работ.

Любое предприятие, где ведутся подземные шахтные работы, имеет множество значительных проблем, препятствующих успешному развертыванию надежной высокопроизводительной беспроводной сети, особенно трудной проблемой было установить и поддерживать связь в зоне активной очистки. При установленных высоких требованиях к обеспечению связи и пропускной способности, не было никакой существующей проводной инфраструктуры. Недостаточная пропускная способность существующей инфраструктуры на различных горизонтах шахты при очень ограниченных источниках электропитания, а также слабо развитая сеть Ethernet еще больше ограничивали возможности беспроводной связи.

В шахте имеется обширная и протяженная система туннелей – общая длина подземных туннелей составляет 160 километров. Шахта имеет множество уровней, причем каждый из них соединен с соседним горизонтом через узкие наклонные спиралевидные ramпы, которые

ограничивают возможную дистанцию для беспроводных коммуникаций. На большинстве участков шахты для обеспечения коммуникаций использовались системы двухсторонней голосовой радиосвязи. Однако не было никаких радиоустройств, обеспечивающих передачу данных по протоколу IP и прямую связь снаружи туннелей.

На каждом шахтном стволе используется технология с излучающим комбинированным кабелем для голосовой связи и коммутатором Ethernet, подключенным к волоконно-оптическому кабелю. Ствол шахты пересекает горизонт добычи в определенных местах, и в этих местах имеются коммутаторы, соединенные волоконно-оптическим кабелем, что позволяет системам подключаться к сети.

Существующая система не являлась беспроводной, а для заказчика было важно иметь беспроводную сеть, чтобы получать данные от приложений, работающих на оборудовании. Например, приложение для определения пространственной близости объектов позволяет повысить безопасность и производительность, предоставляя рабочим информацию о местонахождении оборудования и операторов в любой момент времени.

Для оценки влияния спиралевидных переходов были созданы две экспериментальные рабочие среды – одна непосредственно на действующей шахте, и другая в США, на неработающей шахте с аналогичным проектным решением. На действующей шахте в одном конце туннеля была установлена инфраструктурная радиостанция, работа которой тестировалась в сравнении с другими различными радиоустройствами и антеннами, чтобы оценить пропускную способность и уровень сигнала. Эти тесты пропускной способности и уровня сигнала выполнялись на различных участках спирали, чтобы измерить дальность прохождения сигналов без затухания или пропадания. В процессе испытаний проводились обходы шахты с

посещением зоны активной очистки, а также других зон, в том числе участков ведения активных производственных процессов.

В шахте имеется очень мало зон прямой видимости для свободного прохождения радиосигнала. Некоторые зоны имеют небольшие изгибы и повороты, а другие – крутые повороты под углом более 90 градусов. Ограниченная ширина туннелей является дополнительной проблемой для прохождения РЧ сигналов по причине образования в узких туннелях зон Френеля с сильной дифракцией радиоволн.

Тестирование производилось в диапазонах частот 2,4 и 5 ГГц, при этом определялись показатели латентности, шумов, пропускной способности и разности уровней сигналов при изменении расстояния и различной степени блокирования сигнала. Расстояния между местами первых четырех пунктов тестирования были следующие:

От пункта 1 до пункта 2 – 50 метров при наличии прямой видимости

От пункта 1 до пункта 3 – 100 метров при наличии прямой видимости

От пункта 1 до пункта 4 – 120 метров при полном отсутствии прямой видимости

Тестировались два возможных решения – ячеистая сеть Rajant's Kinetic Mesh Network и конкурирующее с ней решение наружной беспроводной ячеистой сети стандарта 802.11n, после чего проводилось сравнение результатов.

Компания 3D-P разработала для своего заказчика высокоэффективный план, которым предусматривалось установить множество сетевых узлов Rajant на каждом уровне, подключить их к существующему коммутатору Ethernet и разрешить им объединяться друг с другом в ячейки сети на каждом горизонте добычи. На каждой спиралевидной рампе использовался коаксиальный излучающий кабель для

соединения радиоустройства в верхней части и другого радиоустройства в нижней части рампы. При таком решении между двумя уровнями создавалась единая ячеистая сеть, преимущество которой было в том, что клиенты, находящиеся на рампе, могли использовать 100% зоны покрытия.

Радиоустройства на каждом уровне были развернуты таким образом, что между всеми сетевыми узлами было обеспечено несколько уровней резервной избыточности. Средняя проектная дистанция между двумя соседними узлами ячеек в шахте составила 400 метров. В случае отказа какого-либо одного узла сеть может пропустить этот блок и установить соединение со следующим радиоустройством, расположенным на пути туннеля. Второй уровень резервирования был создан за счет соединения между горизонтами через спиральную рампу, что позволило обеспечить доступ трафика на горизонт добычи через этот второй путь.

Уникальная функциональность образования ячеек из множества радиоустройств, характерная для решения Rajant, вместе с фирменным алгоритмом InstaMesh, предотвращает потери пропускной способности на межсегментных переходах в ячеистой сети. Проведение тестов на 10 межсегментных переходах показало отсутствие потерь пропускной способности.

Для решения проблем в зоне очистных работ компания 3D-P рекомендовала разместить сетевые узлы Rajant на всех транспортных средствах в этой зоне, а это как раз и является мобильным приложением, для которого отлично подходит технология компании Rajant. В процессе работы персонала узлы поддерживают соединения с остальной частью сети. Портативный сетевой узел с питанием от аккумуляторной батареи был рекомендован также для использования в ситуациях, требующих расширения зоны покрытия. С помощью решения InstaMesh® для

развертывания такой переносимой инфраструктуры достаточно всего лишь въехать в эту зону, или просто оставить там в каком-либо безопасном месте сетевой узел BreadCrumb® с питанием от аккумулятора.

#### **Список использованной литературы:**

1. as.kz – Официальный сайт Компании ADVANTEK SYSTEMS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://as.kz/blog/2017/03/13/tehnologija-kinetic-mesh-rajant/>, свободный.
2. www.rajant.com – Официальный сайт Компании RAJANT KINETIC MESH TECHNOLOGY: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rajant.com/breadcrumb-me4/>, свободный.

*Дата поступления в редакцию: 11.12.2018 г.*

*Опубликовано: 17.12.2018 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018*

*© Суходуева М.О., Чистякова Н.С., Белоусова И.Д., 2018*