

УДК 528

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

**Жигалов К.Ю.**

*Институт проблем управления Российской академии наук, НОУ ВПО «Московский технологический институт «ВТУ», Москва, e-mail: kshakalov@mail.ru*

В статье описываются основные аспекты, на которые стоит обратить внимание при организации автоматизированного мониторинга и управления строительной техникой на стройплощадках автомагистралей. Основное внимание уделено выявлению основных факторов, влияющих на скорость, качество и безопасность передаваемого сигнала в локальных вычислительных сетях площадных строительных объектов. Описаны основные существующие способы передачи информации и обосновано применение WiFi технологии передачи данных на площадке. Рассмотрены вопросы расчета нагрузки на каналы связи при проектировании беспроводной сети. Принятие во внимание и реализация описанных принципов существенно упростит внедрение процессов автоматизированного управления и мониторинга на строительных объектах и поможет избежать простоев в работе, что повышает эффективность систем управления.

**Ключевые слова** автоматизация управления техникой, лазерное сканирование, геоинформационные системы для систем управления, управление объектами на стройплощадках

## THE PRINCIPLES OF LOCAL NETWORKING FOR THE SOLUTION OF MONITORING AUTOMATION PROBLEMS AND MANAGEMENT ON CONSTRUCTION OBJECTS

**Zhigalov K.Y.**

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences,  
Moscow Technological Institute, Moscow, e-mail: kshakalov@mail.ru*

In article the main aspects, to which it is worth paying attention during the organization of the automated monitoring and management of construction process on building sites of highways are described. The main attention is paid to identification of the major factors, which influence on speed, quality and safety of a signal in local computer networks of construction objects. The main existing ways of information transfer are described and the decision of application of WiFi of technology of data transmission on a platform is proved. Considering questions of communication channels load calculation at design stage of a wireless network. Reception in attention and realization of the described algorithms significantly will simplify introduction of processes of automated management and monitoring on construction objects and will help to avoid idle times in work that increases efficiency of control systems.

**Keywords:** automation of equipment management, laser scanning, geoinformation systems for control systems, management of objects on building sites

В современных системах управления мониторинга используются датчики контроля процессов и прочее оборудование для реализации процессов управления и мониторинга. В любых системах с количеством электронно-вычислительных машин (ЭВМ) более одной необходимо их объединение в единую сеть. В системах автоматизированного управления таких ЭВМ может быть достаточно много, а работа сети должна быть обеспечена на соответствующем техническом стандарте и уровне. Скорость передачи данных должна поддерживать своевременную транспортировку полезной информации от любой части сети к центру обработки данных (ЦОД). От последнего фактора зависит работоспособность системы автоматизированного управления строительством в целом.

На сегодняшний день существуют две технологии передачи данных:

– передача данных посредством проводных соединений;

– передача данных посредством радиосигналов;

– передача данных посредством оптических (световых) лазерных сигналов.

**Передача сигнала посредством проводных линий** на строительных объектах крайне затруднена, т.к. строительная площадка постоянно меняется во время производства работ, от стадии к стадии, и постоянно организовывать новые линии связи не представляется возможным. Кроме того, в процессах автоматизации участвует техника, постоянно перемещающаяся по объекту, в связи с чем кабельные соединения могут быть использованы только на стационарных точках, где отсутствуют изменения на всех стадиях производства работ. Кроме того, таким соединением можно соединять стационарные станции и ЦОД.

**Передача данных посредством радиосигналов, обеспеченная технологией WiFi** в данный момент достаточно развита и позволяет передавать информацию между объектами и точками доступа с необходимой для решения задач автоматизации скоростью. Тем не менее перед началом производства работ на строительном объекте необходимо провести тщательный анализ и выстраивание всей инфраструктуры, принимая во внимание описанные ниже факторы [5].

К основным проблемам, влияющим на качество сигналов (IEEE 802.11 b/g/n), скорость и дальность действия приемо-передающего оборудования, можно отнести [7]:

- помехи в сигналах;
- преграды на пути сигнала;
- стандарт WiFi подключаемых клиентов;
- количество пользователей на одну станцию.

**Помехи в сигналах** появляются в следующих случаях:

– в радиусе действия сети точки доступа имеются другие WiFi передающие устройства, использующие одинаковый частотный диапазон. В полосе частот 2,4 ГГц беспроводные сети используют 13 каналов шириной 20 МГц (стандарты 802,11 b/g/n) с интервалами 5 МГц. Точка доступа создает сильные помехи на соседние от своего каналы и менее сильные на каналы, отстоящие на 10 МГц. Таким образом, если Вы используете канал 5, помехи будут на каналах 3, 4, 6 и 7;

– большие расстояния между передатчиками и приемниками. Стандартные точки доступа ограничены 400-метровым радиусом действия с применением дополнительных внешних антенн этот показатель можно легко увеличить до 1–2 км (следует отметить, что существуют направленные антенны, позволяющие передавать сигнал на десятки километров) [1];

**Стандарт WiFi на подключаемых клиентах.** Современные протоколы 802.xxx позволяют одновременно работать в сети и более старым клиентам. Тем не менее при интенсивной передаче данных между клиентами, использующими старые протоколы (b/g), скорость работы точки доступа, работающей на более новом и быстром протоколе (n), падает до уровня старого протокола. Этот факт существенно понижает пропускную способность точки доступа, что может негативно сказаться на передаче данных. Для исключения такой ситуации рекомендуется использовать только устройства, поддерживающие один протокол.

**Препятствия различного рода,** возникающие на пути сигнала, могут значительно сокращать его мощность. Появление металлического предмета или стекла между

приемником и передатчиком сокращает мощность сигнала до 50%.

**Количество пользователей на одну точку доступа** тоже является достаточно важным фактором. Любая точка доступа ограничена определенным количеством возможных подключений. Кроме того, на каждого подключенного пользователя выделяется пропускная часть канала связи и, чем будет больше клиентов, тем меньше каждому из них останется канала. Таким образом, можно получить существенные «проседания» по качеству связи, что скажется на скорости работы сети и может повлечь ошибки в управлении.

Исходя из вышесказанного, можно предложить следующие рекомендации по построению локальной вычислительной сети строительной площадки:

1. При расстановке WiFi точек доступа на площадке (они ставятся на станциях мониторинга) рекомендуется придерживаться «шахматного» порядка при настройке каналов связи, используемых точками доступа. Поскольку объекты по строительству дорог в основном имеют протяженную форму, WiFi точки доступа расставлены симметрично по обеим сторонам, предлагается использовать следующие частоты: для одной стороны дороги 1 и 10, для другой стороны 4 и 7. При этом точки доступа монтируются на антеннах станций автоматизированного мониторинга. Для связи между станциями мониторинга используются отдельные WiFi модули с направленными антеннами. Это обусловлено большим расстоянием между передатчиками (оно в 1,8 раза больше, чем радиус действия WiFi точки доступа для движущихся объектов). Каналы связи для них зарезервированы в крайнем положении (13-й канал связи), что позволяет исключить «шумовое» влияние их на остальное WiFi оборудование.

2. Необходимо четко рассчитывать пропускную способность системы в целом и отдельных ее узлов. Дело в том, что у такой системы есть несколько узких мест при передаче данных. Изначально для расчёта пропускной способности зададим отправные точки:

• Для корректной передачи данных между каждой единицей техники и ЦОД необходимо выделение канала 2 Мбит/с (1 Мбит/с на данные, 1 Мбит/с – резервирование канала на случай «просадок»).

• Для корректной передачи данных между станциями мониторинга необходим канал связи 100 Мбит/с (резервирование не предполагается).

• Для сбора и передачи данных от WiFi точек доступа и станций мониторинга необходимо наличие как минимум 2-х точек

сбора и передачи информации на каждой стороне площадки. Первая точка собирает и передает информацию по своей стороне дороги полностью по беспроводной технологии на вторую точку сбора информации (расположена на другой стороне дороги). Вторая точка обрабатывает и передает ин-

формацию по своей стороне дороги и обменивается информацией с первой точкой посредством технологии WiFi, кроме того, она служит центром передачи данных в ЦОД (тут предлагается использовать проводную технологию, обеспечивающую большую скорость передачи данных).

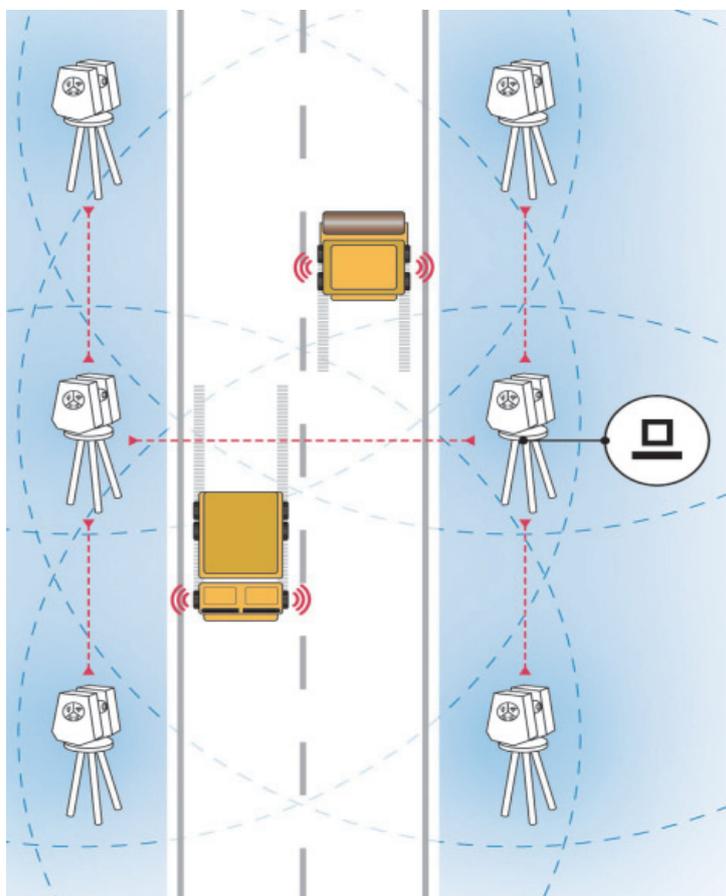


Рис. 1. Принципиальная схема ЛВС строительной площадки

Для объекта, имеющего шесть точек мониторинга и один ЦОД (рис. 1) с использованием технологии WiFi стандарта 802.11n (на сегодняшний день наиболее распространенного), расчёт будет выглядеть следующим образом.

Сначала находим «узкое место» в пропускной способности локальной беспроводной сети. В нашем случае это место связи между точками сбора и передачи информации. Учитываем, что максимальная достижимая фактическая скорость технологии 450 Мбит/с. Сначала вычитаем пропускную скорость, необходимую для работы трех точек мониторинга. Каждая точка требует резервирования 100 Мбит/с, получаем необходимое резервирование канала в 300 Мбит/с. Соответственно, для техники нам остается пропускная скорость

в 150 Мбит/с. С резервированием 2 Мбит/с для каждой единицы получаем максимально возможное количество техники, равное 75 единицам. Так как техника перемещается по всему объекту, канал связи, зарезервированный для нее, будет распространяться и на вторую сторону. Таким образом, минимальная скорость передачи данных между второй точкой и ЦОД будет складываться из суммы скоростей всех точек мониторинга и резерва для техники. В нашем случае это будет 750 Мбит/с. Кабельная передача данных между ЦОД и второй точкой связи обеспечивает устойчивую связь на скорости 1 Гбит/с.

Для WiFi нового стандарта 802.11ac (по состоянию на январь 2014 г. был опубликован окончательный вариант стандарта) ситуация меняется кардинальным образом

[8, 4]. Заявленная скорость передачи данных 1800 Мбит/с, а при использовании антенн 8x MU-MIMO скорость может достигать 3000 Мбит/с. Соответственно, на стандартных антеннах при наличии шести точек мониторинга для техники остается канал пропускной способностью 1200 Мбит/с, что позволяет использовать до 600 единиц техники на объекте. При этом, если сохранять 75 единиц техники, то максимальное количество станций будет ограничено шестнадцатью. Что существенно увеличивает возможную протяженность объекта.

**Передача данных посредством оптических (световых) лазерных сигналов.** Данная технология имеет ряд существенных недостатков, не позволяющих применять ее в вопросах управления объектами на строительных площадках. К этим недостаткам можно отнести: необходимость постоянного позиционирования луча лазера на управляемом объекте, сильное искажение сигнала при плохих погодных условиях [3, 6]. Исходя из этого, мы ее в статье рассматривать подробно не будем.

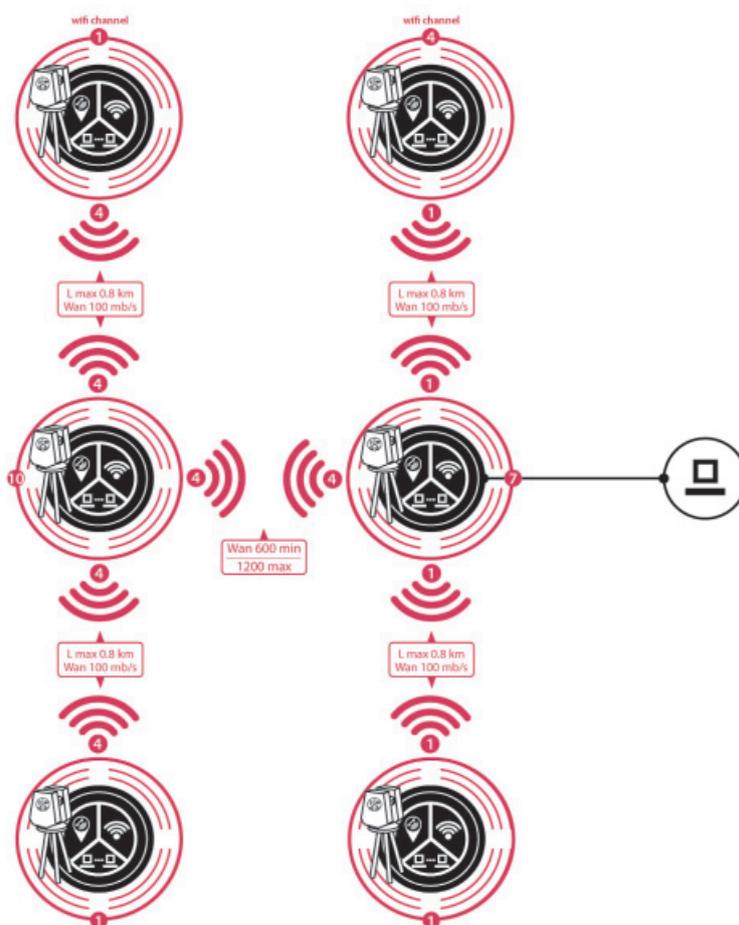


Рис. 2. Схема использования каналов связи между точками WiFi

При проектировании сети не стоит забывать и об обеспечении ее безопасности. Проникновение посторонних в сеть, обеспечивающую поддержку систем мониторинга и автоматизированного управления, может иметь катастрофические последствия. В нашей сети самый простой способ подключиться извне – это использовать точки доступа WiFi. Существует несколько способов защитить беспроводную сеть [2]:

- фильтрация клиентов по MAC адресу. У каждого устройства свой индивидуальный MAC адрес. Это позволит исключить возможность попадания в сеть с использованием посторонних устройств связи;
- скрытие SSID точек доступа. Название и наличие точек доступа скрываются, что существенно затрудняет их поиск;
- использование протоколов шифрования данных. В случае нахождения точки

доступа она будет запрашивать ключ на подключение, обычно на подбор сложного ключа уходит достаточно продолжительное время. Иногда на эту операцию могут потребоваться годы. Следует подчеркнуть, что пароль должен быть сложным, содержать не меньше 8 символов включая цифры и буквы;

- привязка каждого клиента к IP адресу, запрещение автоматической раздачи IP адресов (DHCP) в сети. Если применить все описанные выше процедуры, то привязка к конкретному IP скорее будет увеличивать скорость работы сети в целом, чем обеспечивать дополнительную безопасность.

Подводя итоги, структуру сети можно описать следующим образом:

В сети есть две опорные точки сбора и передачи данных, расположенные в центре каждой из сторон. На каждой точке мониторинга расположено по 2 точки WiFi доступа. Одна – для обмена информацией с управляемыми объектами, вторая – для обмена информацией между точками мониторинга. Обе они объединены в общую сеть посредством кабельного соединения через маршрутизатор. К этому маршрутизатору также подключена ЭВМ, расположенная на точке мониторинга. На второй опорной точке также есть кабельное подключение к ЦОД (иногда ЦОД и точка мониторинга расположены в виде одного блока). IP адреса заданы вручную и привязаны к физическим MAC адресам каждого объекта в сети. Это сделано из соображений безопасности. Каналы связи на каждой точке доступа располагаются в строгой шахматной последовательности. При этом для беспроводной связи между точками мониторинга резервирован отдельный (дополнительный) 13-й канал связи (рис. 2).

Все это обеспечивает устойчивую связь на строительной площадке.

#### Список литературы

1. Антенны для Wi-Fi-устройств // Компьютер Пресс URL: <http://compress.ru/article.aspx?id=17784&iid=822> (дата обращения: 09.02.2014).
2. Защищенная беспроводная сеть // 2. сайт компании Zykel в России URL: <http://zyxel.ru/kb/1671> (дата обращения: 07.02.2011).
3. Лазерная связь – еще один способ беспроводной связи // Сети/Network world URL: <http://www.osp.ru/nets/1996/09/142000/> (дата обращения: 10.02.2014).

4. Никульчев Е.В., Пакин С.В., Плужник Е.В. Динамическое управление трафиком программно-конфигурируемых сетей в облачной инфраструктуре // Вестник Рязанского радиотехнического университета. – 2013. – № 3. – С. 54–57.

5. Общие рекомендации по построению беспроводных сетей // сайт компании Zykel в России URL: <http://zyxel.ru/kb/2940> (дата обращения: 07.02.2011).

6. Оптическая связь без оптоволокна // Связь Комплект URL: [http://www.skomplekt.com/articles/optical\\_coupling.htm](http://www.skomplekt.com/articles/optical_coupling.htm) (дата обращения: 10.02.2014).

7. Что влияет на работу беспроводных сетей Wi-Fi? Что может являться источником помех и каковы их возможные причины? // сайт компании Zykel в России URL: <http://zyxel.ru/kb/2082> (дата обращения: 01.02.2014).

8. New Ieee 802.11ac™ Specification Driven by Evolving Market Need For Higher, Multi-User Throughput in Wireless Lans // Ieee-Standarts Association URL: [http://standards.ieee.org/news/2014/ieee\\_802\\_11ac\\_ballot.html](http://standards.ieee.org/news/2014/ieee_802_11ac_ballot.html) (дата обращения: 09.02.2014).

#### References

1. Antenny dlya Wi-Fi-ustrojstv // Komp'yuter Press, Available at: <http://compress.ru/article.aspx?id=17784&iid=822> (accessed: 09.02.2014).
2. Zashhishennaya besprovodnaya set' // sait of Zykel company in Russia, Available at: <http://zyxel.ru/kb/1671> (accessed: 07.02.2011).
3. Lazernaya svyaz' eshhe odin sposob besprovodnoj svyazi // Seti/Network world, Available at: <http://www.osp.ru/nets/1996/09/142000/> (accessed: 10.02.2014).
4. Nikul'chev E.V., Payain S.V., Pluzhnik E.V. Dinamicheskoe upravlenie trafikom programmno-konfiguriruemykh setej v oblachnoj infrastrukture // Vestnik Ryazanskogo radiotekhnicheskogo universiteta. 2013. no. 3. pp. 54–57.
5. Obshhie rekomendatsii po postroeniyu besprovodnykh setej // sait of Zykel company in Russia, Available at: <http://zyxel.ru/kb/2940> (accessed: 07.02.2011).
6. Opticheskaya svyaz' bez optovolokna // Svyaz' Komplekt, Available at: [http://www.skomplekt.com/articles/optical\\_coupling.htm](http://www.skomplekt.com/articles/optical_coupling.htm) (accessed: 10.02.2014).
7. CHto vliyaet na rabotu besprovodnykh setej Wi-Fi? CHto mozhet yavlyat'sya istochnikom pomekh i kakovy ikh vozmozhnye prichiny? // sait of Zykel company in Russia, Available at: <http://zyxel.ru/kb/2082> (accessed: 01.02.2014).
8. New Ieee 802.11ac™ Specification Driven by Evolving Market Need for Higher, Multi-User Throughput in Wireless Lans // Ieee-Standarts Association, Available at: [http://standards.ieee.org/news/2014/ieee\\_802\\_11ac\\_ballot.html](http://standards.ieee.org/news/2014/ieee_802_11ac_ballot.html) (accessed: 09.02.2014).

#### Рецензенты:

Журкин И.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ВТиАОАИ, Московский государственный университет геодезии и картографии, г. Москва;

Никульчев Е.В., д.т.н., профессор, проректор по научной работе, НОУ ВПО «Московский технологический институт «ВТУ», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.