

## АЛГОРИТМ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОКАНАЛА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Забудько Д.М., магистрант; Молоковский И.А., доц., к.т.н., доц.;**

**Лозинская В.Н., доц., к.т.н.**

*(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)*

Возможность отказа от проводных сетей уже давно привлекает разработчиков промышленных систем. Это происходит по ряду причин: технологических (кабели могут медленно разрушаться, например, под влиянием химического воздействия и других факторов внешней среды, присутствующих в производственных помещениях); финансовых (повторная прокладка кабеля очень трудоемка и требует больших финансовых затрат); сетевых (отсутствует мобильность конечных пользователей, достаточно низкая масштабируемость).

Развертывание беспроводной сети для промышленной системы влечет за собой необходимость учета специфики производственных процессов и условий эксплуатации оборудования. Таким образом, проектировщики сталкиваются с проблемой организации радиоканала. Это необходимо для определения количества передатчиков (например, точек доступа) и их оптимального месторасположения как с учетом требований к качеству обслуживания промышленной сети, показателям надежности и производительности, так и безопасности.

В этой связи, научная задача, связанная с организацией радиоканала для правильного выбора и обоснования соответствующей беспроводной технологии, ее структуры (количества передатчиков и их месторасположения) в условиях промышленного предприятия является актуальной.

Целью работы является повышение эффективности работы промышленных систем за счет разработки алгоритма организации радиоканала, базирующегося на учете влияния внешних факторов на уровень мощности сигнала при его распространении в условиях промышленного предприятия.

Обычно, для целей промышленного предприятия наибольшее распространение получили три типа беспроводных сетей: Bluetooth на основе стандарта IEEE 802.15.1, ZigBee на основе IEEE 802.15.4 и Wi-Fi на основе IEEE 802.11 [1].

Основной задачей при организации радиоканала инфокоммуникационной сети предприятия является учет всех факторов, искажающих сигнал, т.е. ослабляющих его. Для определения этого необходимо учитывать не только препятствия на пути следования электромагнитной волны, но и сами источники этих волн, т.е. передатчики их формируемые. Т.о., для правильной организации радиоканала необходимо осуществить два основных этапа: разместить передатчики и уточнить их месторасположение. Данные этапы функционально можно разделить на следующие блоки: оценку числа передатчиков из условий распространения волны в свободном пространстве, оценка мощности волны в различных точках удаленности и оценка мощности волны в различных точках с учетом факторов внешнего воздействия (стены, станки, передвижные объекты и т.д.). На первом этапе происходит процесс сбора информации о требованиях к организуемому радиоканалу. Здесь происходит выбор технологии и постановка требований. Далее производится оценка параметров, которые позволят рассчитать число передатчиков для начального этапа. Этап оценки мощности волны в различных точках удаленности предполагает расчет длины трассы, при которой будет соблюдаться баланс бюджета канала связи при заданном уровне качества обслуживания и распространении в свободном пространстве. Заключительный этап – уточняющий, позволяющий учесть наличие препятствий при прохождении радиоволны.

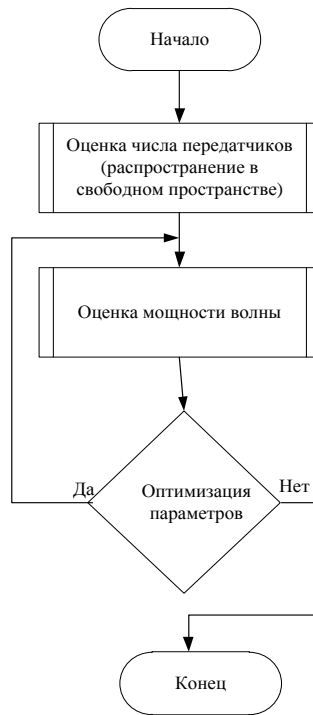


Рисунок 1 – Блок-схема процесса организации радиоканала

На первом этапе используются методы, описывающие оценку минимальной площади покрытия. Их можно разделить на два больших класса: практические методы оценок [2]; учитывающие характеристику распространения сигнала в пространстве. Математические модели методов первого класса основаны на следующем предположении: если представить зону приема радиосигнала в виде окружности, центр которой содержит передатчик, то, решив задачу рационального покрытия окружностями заданного прямоугольника, можно вычислить их необходимое число. Методы, представленные в [3] учитывают параметры (радиус действия и частотный диапазон) передатчиков для покрытия заданной зоны обслуживания и обеспечения пропускной способности не хуже заданного объема для каждого из абонентов беспроводной сети. Допустим, что для обозначения площади зоны обслуживания точки доступа используется радиус окружности, с максимальной битовой скоростью передачи 54 Мбит/с. В соответствии с такой скоростью передачи используется абонентами, находящимися в радиусе 27 метров от места расположения передатчика. Для помещений этот радиус может быть уменьшен в три раза – до 8-9 метров из-за эффекта интерференции. Метод заключается в использовании для практической задачи не окружности, а других геометрических фигур, вписываемых в нее. Самой простой является квадрат. Если считать, что ширина и длина квадрата  $a$ , описываемого вокруг гипотетической окружности, образованной круговой диаграммой направленности точки доступа с радиусом распространения  $r$ , то

$$a = \sqrt{2}r. \quad (1)$$

Данный алгоритм удобно использовать, если необходимо оценить примерное количество точек доступа, в зависимости от геометрических размеров помещения. Так, если заданы параметры помещения: ширина ( $A$ ) и длина ( $B$ ), при этом длина больше ширины. Точки доступа размещаются по принципу «кирпичная кладка», т.е. в каждом втором ряду происходит смещение. В этом случае удобно отдельно вычислить количество точек доступа в каждом ряду ( $N_A$ ) и каждом столбце ( $N_B$ ). Тогда

$$N_A = \frac{A}{a}, \quad (2)$$

$$N_B = \frac{B}{a}. \quad (3)$$

Тогда общее количество точек доступа определяется, исходя из геометрии расположения:

$$N^{(g)}_{ap} = N_A N_B + \frac{N_A}{2}. \quad (4)$$

Другой класс методов описан в [4]. К основным математическим описаниям следует отнести формулу Фрииса:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2, \quad (5)$$

где  $d$  – расстояние в метрах между передающей и принимающей антенной;

$P_T$  – мощность передающей антенны на расстоянии  $d$ , в дБм;

$P_R$  – мощность принимаемая антенной в дБм;

$G_T$  – коэффициент усиления передающей антенны;

$G_R$  – коэффициент усиления принимающей антенны;

$\lambda$  – длина волны в метрах.

Формула (5) выраженная в децибелах, при коэффициентах усиления, равных единице:

$$L = 10 \lg \left( \frac{P_R}{P_T} \right) = 10 \lg \left( \frac{G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right) = 20 \lg \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right), \quad (6)$$

Из (6) получается формула оценки потери мощности сигнала в свободном пространстве:

$$L = 32,45 + 20 \lg(d) + 20 \lg(f), \quad (7)$$

при условии измерения расстояния в километрах, а частоты  $f$  в мегагерцах. На основе формул (5-7), предложенных и рекомендованных Международным союзом электросвязи (ITU-R 1238) разработана модель потерь для расчетов внутри зданий и помещений:

$$L = 20 \lg f + N \lg d + P_f(n) - 28, \quad (8)$$

где  $d$  в метрах, а  $f$  в мегагерцах;

$N$  – коэффициент потери мощности сигнала с расстоянием;

$n$  – количество препятствий (стен) между приемником и передатчиком;

$P_f(n)$  – параметр потери мощности сигнала при прохождении через препятствия.

Также важными факторами влияния, которые стоит учитывать при планировании беспроводных сетей для нужд автоматизации являются:

– ориентация подвижного терминала;

– движение людей и предметов внутри помещения, особенно для объекта промышленной автоматизации.

В среде приема на портативные радиоустройства основными механизмами распространения сигнала являются его отражение и рассеяние. Поляризация передаваемого сигнала в результате рассеяния энергии часто преобразуется в ортогональную. В этих условиях возникновение связи за счет кросс-поляризации увеличивает вероятность того, что уровни принимаемых сигналов с портативных радиостанций, ориентированных случайным образом, окажутся одинаковыми. Измерение связи за счет кросс-поляризации, проведенное на частоте 816 МГц, показало высокую степень такой связи.

Движение людей и предметов по помещению вызывает временные изменения характеристик распространения внутри помещения. Эти изменения, однако, происходят очень медленно по сравнению с вероятной скоростью передачи данных, и поэтому фактически могут рассматриваться в качестве случайной переменной, инвариантной во времени. В случае портативного терминала на уровень принимаемого сигнала влияет близость головы и корпуса тела пользователя. Измерения на частоте 900 МГц, при использовании симметричного вибратора, показывают, что уровень принимаемого сигнала уменьшается на 4–7 дБ, когда терминал находится на уровне талии человека, и на 1–2 дБ, когда пользователь держит терминал на уровне головы, по сравнению с уровнем принимаемого сигнала, когда антенна расположена на расстоянии порядка нескольких длин волн от корпуса тела человека.

Итак, на данный момент существует большое количество моделей, позволяющих описывать распространение радиоволны внутри помещения. К недостаткам статистических моделей можно пренебречь такими параметрами как коэффициент потери мощности сигнала с расстоянием и количество препятствий между приемником и передатчиком. Это учитывается в лучевых моделях. Большое количество учитываемых в этом случае параметров значительно усложняет саму модель. Следовательно, для планирования беспроводных сетей для нужд промышленной автоматизации, необходимо выбрать модель, учитывающую только основные параметры – модель, рекомендованную Международным союзом электросвязи (ITU-R 1238) [5].

#### Перечень ссылок

1. Молоковский, И. А. Анализ беспроводных технологий для условий распространения радиоволн в ограниченном пространстве промышленных предприятий / И. А. Молоковский, В. А. Прысь // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть I. – Ростов-на-Дону : ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2015 – С. 205-209.
2. Молоковский, И. А. Методики планирования беспроводных сетей для нужд промышленной автоматизации / И. А. Молоковский, В. Н. Лозинская, А. А. Кузьменко // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых : сборник научных трудов XVII научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 24-25 мая 2017 г. – Донецк : ДОННТУ, 2017. – 409 с.
3. Саид Газал, Мохамед. Метод проектирования беспроводных компьютерных сетей с учетом требований к пропускной способности [Электронный ресурс] / Мохамед Саид Газал, В. С. Котик, А. В. Горбенко, О. М. Тарасюк. – Режим доступа: [www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/6838/soi\\_2010\\_1\\_26.pdf](http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/6838/soi_2010_1_26.pdf).
4. Гавриленко В. Г. Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи / В. Г. Гавриленко, В. А. Яшнов// Учебное пособие. – Нижний Новгород, 2003.
5. Рекомендация МСЭ-R P.1238-5 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц – 100 ГГц.