Лаврухина Т.В., Мурзахожин А.Д.
**Современный уровень развития высокоскоростных магистральных цифровых
линий передачи данных**

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
(Россия, Липецк)*

doi: 10.18411/lj-12-2018-129

idsp: ljjournal-12-2018-129

Аннотация

В работе рассмотрены различные технологии создания магистральных линий. Выявлены преобладающие технологии в настоящее время и возможные их пути развития.

Ключевые слова: передача информации, спутниковые радиолнии, радиорелейные линии, волокно-оптические линии, MIMO, GPON.

Задачи оперативной передачи данных в масштабах региона, расширения различных информационных потоков, обеспечения надежности связи с внешними информационными ресурсами требуют создания развитой региональной телекоммуникационной инфраструктуры. Ее основой являются магистральные сети передачи информации.

За критерии современных магистральных линий примем следующие требования: высокая скорость передачи и малое время задержки сигнала; возможность передачи любых типов данных, необходимых пользователю; возможность интеграции других некомпьютерных технологий передачи данных, например, факс, телеграф и т. д;

Пути совершенствования и развития телекоммуникаций в России определяются их состоянием в настоящее время и тенденциями развития мировых сетей связи. Действующие в России сети связи и передачи данных представляют весь диапазон используемых в мировой практике телекоммуникационных технологий.

Существуют множество видов кабелей типа «витая пара» (UTP, FTP, STP, S/FTP, SFTP) с разным количеством проводников, где 1 пара – 2 проводника. Соответственно 500 пар – 1000 проводников, которые так же делят на категории.

Так, для телефонного магистрального канала связи применяют многопарный вариант третьей категории – FTP cat.3. Третья категория в основном используется для передачи аналогового сигнала, но она может применяться и для цифровых сигналов. Отечественный используемый аналог – ТППЭп. Он используется для внешней прокладки и имеет помеха-защитный экран. Существует такой кабель, удовлетворяющий всем требованиям категории 5е – ТППЭп-ндг с сечением жил 0.5 кв.мм. Стоит заметить, что существует тенденция перехода провайдеров на оптоволокно, которое показывает преимущества по всем критериям, поэтому использование кабелей с медными проводниками жилами ограничивается только локальными линиями передачи.

Для организации спутниковой радиолнии необходимы две земные станции и соответственно сам спутник или система спутников, обращающихся вокруг Земли. Принципа работы всего два. Первый – пассивный, при котором спутник имеет большую площадь поверхности для отражения падающих радиоволн. Вторым – активным, при котором спутник имеет приемопередатчики соответствующего диапазона. Первый принцип не обеспечивает устойчивый отраженный радиосигнал. Поэтому для создания надежной спутниковой радиолнии используется второй принцип. Основным минус для такой линии связи — это ее защищенность, поскольку она обеспечивает обширную зону покрытия. Для решения этой проблемы используют пониженные несущие частоты и резонансные приемы сигнала на несколько антенн. Но и это не решает данную проблему окончательно.

Радиорелейные линии основаны на ретрансляции радиосигналов. Их можно поделить на два типа: радиорелейная связь прямой видимости и тропосферная радиорелейная связь. Для связи прямой видимости необходимо, чтобы две соседние станции находились в пределах прямой видимости. В то время как для тропосферной радиорелейной связи используется эффект отражения дециметровых и сантиметровых радиоволн от тропосферы из-за ее неоднородности. Этот способ не только увеличивает дальность передачи сигнала, но и ослабляет его из-за потерь отражения. Поэтому в ретрансляторах для тропосферной радиорелейной связи используют передатчики, имеющие большие коэффициенты усиления.

В таких системах, благодаря развитию методов пространственного кодирования сигнала ММО, удастся увеличить пропускную способность сигнала. Метод основан на изменении сигнала таким образом, чтобы уменьшить корреляцию между соседними антеннами.

В волоконно-оптической линии связи для передачи используют волоконно-оптический кабель, содержащий в себе оптические волокна. Сейчас данная линия используется от межрегиональных магистралей до домашних компьютерных сетей. В частности, в России провайдеры своим пользователям предлагают перейти на технологию GPON – гигабитную пассивную оптическую сеть, позволяющая получать интернет, телевидение в HD-разрешении и телефонию. Волоконно-оптический кабель имеет два недостатка по отношению к кабелю с медными проводными жилами. Первая – сложность технологии, из которой вытекает проблемы с диагностикой системы, высокая стоимость. Второе – это хрупкость оптического волокна. Однако соотношение пропускной способности к цене больше, чем у других технологий. Именно эта технология удовлетворяет всем критериям современных магистральных сетей. Она имеет большую скорость передачи данных, малую задержку, позволяет передавать большинство типов данных и включает в себя не только компьютерные технологии.

Таким образом, наиболее перспективным направлением на данный момент является развитие волоконно-оптических линий связи. Также хочется, чтобы уделили внимание радиорелейным линиям с использованием ММО, способной при уменьшении потерь превзойти оптоволокно. Не стоит так же забывать о развитии квантовой физики, а именно о возможности передавать информацию с помощью такого явления как квантовая запутанность. Измеряя спин частицы или системы частиц, можно определить спин связанной с ней частицы или системы находящейся на расстоянии. Уже существуют протоколы, использующие квантовую телепортацию – передачу квантового состояния частицы, позволяющие практически полностью исключить возможность получения передаваемой информации к злоумышленникам. Кроме этого, Научно-технический университет Китая опубликовал информацию об удачной квантовой телепортации на расстоянии 1,2 тыс.км. По их словам, эффективность передачи информации на 17 порядков превышает показатели оптико-волоконных кабелей.

Тенденции развития в России современных магистральных линий связи диктуются двумя условиями: размерами территории и плотностью населения. За магистральные линии отвечают провайдеры Tier-1, которые соединены со всей сетью и не платят за её использование. Так как территория России достаточно большая, а плотность не равномерная, то проводить по всей стране волоконно-оптические кабели не самая разумная идея. Но технология GPON позволяет не только предоставлять по одному кабелю несколько услуг. Она также не представляет интерес для сборщиков цветных металлов. А благодаря поддержке TR-069 можно отключить возможность клиентской настройки, а значит и контролировать пользователя, например, что уже сделала МГТС. Поэтому логично что вскоре мы увидим картину, когда провайдеры будут проводить оптическую сеть сначала в городах с большим населением. Таким образом развитие GPON в России в ближайшее время будет занимать лидирующие позиции. Все приведет к тому, что провайдеру будет не выгодно проводить оптическую сеть в отдельные участки

страны. При этом, из-за высокой корреляции людей по всей стране, эти участки будут больше, чем те, где проведут. Тогда провайдеры переключат внимание на ММО и радиорелейные линии связи. Стоит заметить, что ММО можно попробовать использовать для спутниковых линий связи, хотя вычисления становятся в разы сложнее.

Современные магистральные линии – это, прежде всего, волоконно-оптические линии. Они являются на сегодняшний день лучшим техническим решением как для магистральных линий связи, так и локальных. В ближайшее время к каждому многоэтажному дому подведут линия связи, основанные на GPON технологии.

1. Managed Objects of Ethernet Passive Optical Networks/ L. Khernmsh / Copyright The IETF Trust.
 2. Склар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
 3. Степанец И., Фокин Г. Особенности реализации Massive MIMO в сетях 5G.// Первая миля. Last mile (Приложение к журналу "Электроника: наука, технология, бизнес"). – N1. – 2018.
-