

**презентация**  
к выпускной квалификационной работе на тему  
**«Предоставление  
телекоммуникационных услуг в  
удалённых малонаселённых пунктах»**

Дипломник \_\_\_\_\_ А.М. Васильева

Руководитель \_\_\_\_\_ Р.А. Хатбуллин

Заведующий выпускающей кафедрой,

д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ А.И. Нистюк

Ижевск 2012

# ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

передача звуковой информации, изображений и других информационных потоков через системы кабельной, радиотрансляционной, релейной или спутниковой связи, включая телефонную, телеграфную связь и телекс; услуги по аренде и техническому обслуживанию сетей передачи звука, изображения и данных. К данному виду услуг относятся услуги провайдеров - организаций, предоставляющих доступ в сеть Интернет.

- Интернет
- HD-видео
- видео по IPTV
- Кабельное телевидение
- VoIP
- Телефонная связь: мобильная, стационарная
- Телеграфная связь и т.д.

# **Способы предоставления.**

- выделенная линия
- радиодоступ
- спутниковая связь
- сотовая связь

## **Мобильные сети 4G.**

### **Описание технологий беспроводного доступа WiMAX и LTE.**

- В настоящее время WiMAX и LTE являются главными технологиями конкурентами. Они относятся к поколению 4G по причине несовместимости с существующими абонентскими устройствами.

### **Свойства технологий WiMAX и LTE:**

- Использование методов мультиплексирования для нисходящего трафика,
- способы модуляции,
- передача OFDM,
- запрос повторов (HARQ),
- применение нескольких приемопередатчиков (MIMO),
- формирование адаптивной диаграммы направленности

# Сравнение беспроводных технологий WiMAX и LTE.

Параметры  
сравнения

**WiMAX**

**LTE**

<b>Построение сети</b>	<b>Разворачивание сети «с нуля»</b>	<b>разворачивание сети поверх существующих сетей 2G и 3G RAN с поддержкой различных стандартов</b>
<b>процедуры управления мощностью</b>	<b>Классический алгоритм - уровни сигналов различных пользователей должны поступать на вход приемника базовой станции с отношением сигнал/шум, равным некоторому пороговому значению</b>	<b>модифицированный алгоритм – частичное управление мощностью FPC (Fractional Power Control). Пороговое отношение сигнал/шум меняется для пользователей в зависимости от их положения внутри соты</b>

# Сравнение беспроводных технологий WiMAX и LTE.

Параметры  
сравнения

WiMAX

LTE

время обработки пакетов при процедуре повторной передачи HARQ	30 мс	до 10 мс По причине упрощенной архитектуры LTE
Процедура объединения повторно переданных пакетов	«Chase combining» в приемном устройстве накапливается энергия при каждой повторной передаче	«Incremental redundancy» изменение шаблон авыкалывания бит в процессе турбокодирования. В декодирующем устройстве при каждой последующей передаче увеличивается число проверочных бит в декодируемом пакете.
Пиковые скорости обмена данными	75 Мбит/с на нисходящем канале	326,4 Мбит/с на нисходящем канале

# **Проектирование телекоммуникационной удалённых малонаселённых пунктах**

## **Краткая характеристика д.Якшур Завьяловского района:**

- Количество зарегистрированных жителей 1296
- Количество домов 731
- Количество квартир 797

## **Сельское поселение Якшурское:**

- Якшур (деревня, административный центр) – 1296 жителей
- Семеново (деревня) – 171 жителей
- Старые Марасаны (деревня) – 56 жителей
- Новые Марасаны (деревня) – 29 жителей
- Бахтияры (деревня) – 43 жителей
- Вожой (деревня) – 139 жителей
- Подлесный (починок) – 11 жителей
- Молодежный (починок) – 75 жителей

**Всего: 1820 жителей**

# Расчет информационных нагрузок и радиуса действия базовых станций.

## Оценка речевого трафика.

- Максимальная ёмкость рынка по количеству абонентов использующих услуги сетей 3G и 4G оценивается как 30% от общего количества потенциальных абонентов.
- потенциальное количество абонентов абонентов:

$$N_{аб} = N_{жит} \cdot 0.3 = 1296 \cdot 0.3 = 389$$

абоненты д.Якшур;

$$N_{аб} = N_{жит} \cdot 0.3 = 1820 \cdot 0.3 = 546$$

абоненты Якшурского сельского поселения.

## Рассчитаем число одновременно говорящих абонентов

$A = A_{\text{cp}} \cdot N_{\text{аб}}$ , где  $A_{\text{cp}} = 0,05$  Эрл – нагрузка одного абонента в час наибольшей нагрузки.

- $N_{\text{аб1}} = 389$  – количество абонентов д.Якшур
- $A1 = 0,05 \cdot 389 = 20$  Эрл
- $N_{\text{аб2}} = 546$  абонентов Якшурского сельского поселения.
- $A1 = 0,05 \cdot 546 = 27$  Эрл
- У нас получилась нагрузка 27 Эрл исходя из расчета на 546 абонентов всего сельского муниципального образования, она эквивалентна 27 одновременно разговаривающих абонентов ( $N_{\text{од}} = 27$  чел.)

# Оценка трафика данных.

Расчет проведен на основании параметров, для следующих исходных данных:

- — среднее число вызовов в ЧНН на одного абонента сети для передачи речевых сообщений  $C_{cp}$  [выз./ч] - 0,7;
- — среднее число вызовов в ЧНН на одного абонента сети для передачи данных  $C_{cp}^*$  [выз./ч] - 5,0;
- — средняя длительность сеанса связи для речевого трафика  $t_{cp}$  [с] - 90;
- — средний объем сообщений при передаче данных  $I_{cp}$  [кбит] - 2500;
- — средняя скорость передачи данных и радиоканале  $R$  [кбит/с] - 32;
- средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети по речевому трафику  $y_0$  [мЭрл.]

$$y_0 = C_{cp} t_{cp} / 3600 = 0,7 \cdot 90 / 3600 = 17,5 \text{ мЭрл.}$$

- средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети по передаче данных  $y_0^*$  [мЭрл.]

$$y_0^* = C_{cp}^* t_{cp}^* / 3600 = 5,0 \cdot 78,1 / 3600 = 108 \text{ мЭрл.}$$

- где  $t_{cp}^*$  - средняя длительность передачи сообщений,

$$t_{cp}^* = I_{cp} / R = 2500 / 32 = 78,1 \text{ с.}$$

- суммарное значение средней нагрузки в ЧНН на одного абонента сети  $Y_0$  [мЭрл.]

$$Y_0 = y_0 + y_0^* \\ Y_0 = 17,5 + 108 = 125,5 \text{ мЭрл.}$$

Средняя нагрузка в час наибольшей нагрузки на одного абонента сети по передаче данных получилась равной:  $Y_0 = 125,5$  мЭрл.

Число абонентов трафика данных равно 546, значит средняя нагрузка в сети по передаче данных будет равна:

$$Y_0^* = Y_0 N,$$
$$Y_0^* = 125 \cdot 10^{-3} \cdot 546 = 68,25 \text{ Эрл.}$$

- Полученную нагрузку по каналу данных прибавим к числу одновременно говорящих абонентов и посчитаем суммарную нагрузку канала данных и речевого канала:

$$A^* = A + Y_0^*,$$

- где  $A$  – число одновременно говорящих абонентов по речевому каналу.

$$A^* = 27 + 68,25 = 95 \text{ Эрл.}$$

- Полученная нагрузка эквивалентна 95 разговаривающим абонентам, что сравнительно немного. Учитывая небольшое количество населения исследуемого всего муниципального образования и сельского поселения в частности данная нагрузка логична (для самой д.Якшур данное значение составляет 69).

## Радиус соты по методике начального приближения.

$S = 38,6$  кв км. Найдем плотность одновременно разговаривающих абонентов:

$$n_a = N_{\text{од}} / S$$

- где  $S$  - площадь обслуживаемой территории ( $\text{км}^2$ ).
- $n_a = 95/38,6 \approx 2,5$  чел/ $\text{км}^2$
- Максимально возможный радиус соты при заданной нагрузке и обслуживаемой территории определяется по формуле

$$R_{0\text{max}} = 0,62 \sqrt{\frac{N_c}{n_a}}$$

- где  $n_a$  - плотность одновременно разговаривающих абонентов;
- $N_c$  - общее число каналов связи в соте

- Пусть максимальная пропускная способность базовой станции 100 Мбит/с (приблизительно, так как практически скорости обмена данными значительно меньше, при оценке покрытия можно опираться на данную скорость),
- средняя скорость предоставляемая одному абоненту равна 5 Мбит/с, т.о. данный подход позволит предположить нам, что количество каналов составит 20

$$R_{0\max} = 0,62\sqrt{20 / 2.5} = 1.75 \text{ км}$$

- Количество базовых станций

$$N_{BC} = \frac{38.6\text{км}^2}{3,14 \cdot (1.75\text{км})^2} = 4$$

## Применение модели распространения радиоволн к построению сети LTE в МО Якшур.

- МО Якшур является пригородной сельской зоной. Поэтому наиболее подходящей моделью является модель распространения радиоволн COST 231-Hata, является модифицированным вариантом модели Okumura-Hata для диапазона частот 1500-2000 МГц. Применение этой модели позволяет рассчитать среднестатистическое значение затухания радиосигнала между изотропными передающей и приемной антеннами.
- Формулы Hata:
- Основные потери на трассе для городских зон:
- $L_n = 69.55 + 26.26 \lg(f) - 13.87 \lg(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log(h_b)] \lg R$ ,
- $f$  - частота в МГц;
- $h_b$  - высота антенны базовой станции (в метрах), превышающая усредненную высоту рельефа в направлении анализируемой трассы в пределах 3-15 км;
- $a(h_m)$  - поправочный коэффициент
- $d$  - расстояние от передатчика до приемника, км.

- Для среднего города:

$$a(h_m) = (1,1\lg(f) - 0,7) h_m - (1,56\lg(f) - 0,8);$$

- Для большого города:

$$a(h_m) = 8,29(\lg(154 h_m))^2 - 1,1 \text{ для } f \leq 200 \text{ МГц};$$

$$a(h_m) = 83,2(\lg(154 h_m))^2 - 4,97 \text{ для } f \leq 400 \text{ МГц, где:}$$

$h_m$  - высота антенны мобильной станции над землей, м.

- Для пригородных областей, городские потери, рассчитанные выше корректируются следующим образом:

- Для сельских, квази -открытых участков:

$$L_{\text{коу}} = L_n - 4.78(\lg f)^2 + 18.33\lg f - 35.94, \text{ dB};$$

- Для сельских открытых участков:

$$L_{\text{оу}} = L_n - 4.78(\lg f)^2 + 18.33\lg f - 40,94, \text{ dB};$$

Оценка зоны покрытия сети по моделям распространения Okumura–Hata и COST 231 – Hata может незначительно различаться в зависимости от коэффициентов для LTE 900, 1800.

- Для линии «вниз»: допустимые потери на трассе  $L = 155,1$  дБ;
- Радиус покрытия (пригород):  $R_{\text{LTE}1800} = 3,5$  км;  $R_{\text{LTE}900} = 10,5$  км
- Для линии «вверх»: допустимые потери на трассе  $L = 149$  дБ;
- Радиус покрытия (пригород):  $R_{\text{LTE}1800} = 2,5$  км;  $R_{\text{LTE}900} = 6,4$  км

В зависимости от нахождения абонента в центре соты или на её границе скорости передачи различаются: в центре соты на линии DL 14,8 Мбит/с, линии UL 10,1 Мбит/с; на границе соты на линии DL 2,5 Мбит/с, линии UL 1,8 Мбит/с.

- При расчёте сети можно использовать разные подходы. Из расчетов можно сделать вывод, что при пропускной способности стании 100 Мбит/с для обеспечения абонентам МО Якшурского скорости передачи 5 Мбит/с **необходимо использовать 4 БС**, 3 из которых направлены на покрытие д.Якшур. При увеличении радиуса покрытия БС скорости в обе стороны уменьшаются.

# Выбор оборудования. Сети радиодоступа (RAN).

- стратегия по реализации RAN сети характеризуется также налаженным механизмом взаимодействия между сетями разного поколения, а так же наличием единой транзитной сети и единой системы эксплуатации, администрирования и сопровождения.

## **Базовая станция Flexi Multiradio.**

- произведено компанией Nokia Siemens Networks.

Базовая станция Flexi Multiradio состоит из двух основных элементов: системный модуль для цифровой обработки сигналов и радиомодуль с тремя приемопередатчиками. В минимальной конфигурации трехсекторная базовая станция выполняется из этих двух модулей.

радиомодуль может поддерживать радиоканалы, принадлежащие разным операторам, реализуя концепцию «Network Sharing».

Системный модуль Flexi Multiradio обеспечивает поддержку до 6 радиомодулей, частотные каналы которых могут принадлежать разным операторам.

- Базовое описание Flexi Multiradio BTS  
GSM/EDGE:

- Работает с полосами частот от 1.4 МГц до 20 МГц в режиме LTE.
- Также поддерживает GSM/EDGE и UMTS/HSPA.
- Максимальная емкость. До 6+6+6 GSM, или до 4+4+4 WCDMA, или 1+1+1 LTE с полосой 20 МГц и гибкой комбинации всех перечисленных технологий в конкурентном режиме. Для наращивания емкости на одном сайте можно монитировать несколько стандартных модулей.
- Для подключения к транспортной сети в Flexi Multiradio Base Station имеется встроенный IP/Ethernet-интерфейс

## **Подключение базовой станции к сети оператора.**

- использование оптики по технологии GPON
- подключение удаленной БС через спутник
- при помощи специальных радиорелейных станций

# Применение пакетной РРЛ

- Изначально пакетные сети плохо подходили для передачи чувствительного к временным задержкам трафика в реальном времени. Сегодня эта проблема решается применением хорошо отработанных механизмов гарантированного качества обслуживания (QoS).
- Наличие функции подстройки скорости передачи (Adaptive Rate Modulation, ARM) позволяет постепенно изменять скорость и модуляцию при изменении условий распространения, что дает возможность поддерживать высокую доступность соединений даже при самой плохой погоде.
- Если базовая станция соединяется с контроллером по IP, то возникают трудности при синхронизации. Для синхронизации БС подключаемых по IP устанавливается IP Clock сервер. БС можно засинхрить от внешнего источника 2 МГц BITS (Если есть по близость UMG, можно от него засинхрить). Если есть интерфейс Abis, то можно с потока выделить синхросигнал.

# FlexiPacket Radio

- выполнен в виде одного блока ODU с электрическим GigE интерфейсом
- Система является полностью пакетной платформой
- Скорость в радиолинке до 400 Мбит/с
- Преимуществом донного оборудования является компактные размеры и модульное наращивание, автоматический контроль мощности и использование адаптивной модуляции



# Абонентское оборудование для работы в сети LTE.

- Каждый абонентский терминал LTE имеет 15-значный уникальный идентификационный номер (IMEI), из которого первые 8 цифр – код, определяющий тип данного терминала, последующие 6 цифр – серийный номер терминала и последняя цифра – проверочная. Вместо IMEI может применяться 16-значный номер IMEISV, в котором вместо проверочной цифры добавлены две цифры, дополнительно обозначающие версию программного обеспечения терминала.
- Доступ абонентского терминала к услугам сети подвижной радиотелефонной связи производится при наличии в абонентском терминале персональной идентификационной карты абонента.
- При отсутствии указанной карты абонентский терминал позволяет производить вызов только экстренных оперативных служб.

# Примеры абонентских терминалов

- USB-модем Huawei E398

помимо сети LTE может работать и с GSM , HSDPA сетями при рабочей частоте 2.6 ГГц/900 МГц

- N150 - первый в мире LTE-нетбук (компания Samsung)

