Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>
Выпуск 6 (25) 2014 ноябрь – декабрь <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14>
URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN614.pdf>
DOI: 10.15862/116TVN614 (<http://dx.doi.org/10.15862/116TVN614>)

УДК 621.396.1

Артур Джозеф Квеку

ФБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича»
Россия, Санкт-Петербург¹
Аспирант
E-mail: ajkweku@yahoo.com

Коротин Владимир Евгеньевич

ФБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича»
Россия, Санкт-Петербург
Декан, кандидат технических наук
E-mail: vekorotin@sut.ru

Повышение качество обслуживания в МАС – уровне и РНУ – уровне сетей WiMAX

¹ Пр. Большевиков, д. 22, корп. 1, Санкт-Петербург, 193232. К. 400

Аннотация. В настоящее время беспроводные сети передачи информации являются одним из основных направлений развития телекоммуникационной индустрии. WiMAX - эта технология широкополосной беспроводной связи, дополняющая линии DSL (Digital Subscriber Line) и кабельные технологии в качестве альтернативного решения проблемы "последней мили" на больших расстояниях. Интенсивное развитие беспроводных сетей ставит проблемы увеличения их производительности, необходимость разработки алгоритмов, обеспечивающих своевременную и надежную передачу информации, уменьшающих время на выделение полосы абонентским станциям и позволяющих эффективно распределить мощность и пропускную способность в уровне РНУ и поддерживать уровень качества обслуживания (QoS) для различных видов трафика. Сети WiMAX, функционирующие на основе рекомендаций IEEE 802.16, реализуют механизм обеспечения, требуемого для различных видов трафика QoS путём предоставления определённого ресурса – полосы передачи – в соответствии с запросом абонентской станции. Для реализации механизма запроса полосы стандартом предусмотрен конкретный временной интервал в кадре восходящей связи, который может варьироваться по длительности, и величина которого отражается на общей длительности слотов для передачи пользовательских данных. Поэтому целью работы является создание модели управления величиной интервала запроса полосы для повышения эффективности обработки запросов абонентских станций разнообразного профиля использования сетевого ресурса и создание алгоритма реализации разделения частотного ресурса между двумя операторами сетей WiMAX.

Ключевые слова: WiMAX; запрашиваемая полоса; состязательный слот; средняя задержка; качество обслуживания; планирование алгоритма; абонентское оборудование; ретрансляционный узел; мощность; блокирующая вероятность; пропускная способность.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Артур Джозеф Квеку, Коротин В.Е. Повышение качество обслуживания в MAC – уровне и РНУ – уровне сетей WiMAX // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6 <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/116TVN614

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАДЕРЖКИ ДОСТУПА К ИНТЕРВАЛУ ЗАПРОСА ПОЛОСЫ В СЕТЯХ WiMAX

1.1. Алгоритм вычисления задержки доступа в WiMAX

Возможности услуг планирования различных классов в WiMAX допускает использование различных сервисов и приложений. Это ключевое преимущество WiMAX (и технологий 4G) по сравнению с беспроводными технологиями 3G. Приложения могут быть описаны в соответствии с основными требованиями пропускной способности, задержки, джиттером (искажением сигнала) и потери информации. Таблица Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1.1 демонстрирует классификацию этих приложений в 5-ти различных «Классах услуг». При дальнейшем планировании сетей WiMAX это дает уверенность в том, что предлагаемые приложения полностью поддерживаются (в соответствующей мере).

Таблица Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1.1.

Требования качества обслуживания приложений

	Класс сервиса	Пропускная способность уровня приложения	Односторонняя задержка уровня сквозного транспорта	Изменение односторонней задержки уровня сквозного транспорта	Информация уровня транспорта Коэффициент потерь
1	Игры в режиме реального времени	50-85 Кб/с	< 60 мс (предпочтительно)	< 30 мс (предпочтительно)	<3%
2	Разговоры(напр. VoIP и видеосвязь)	4-384 Кб/с	<60 мс (предпочтительно) <200 мс limit	<20 мс	<1%
3	Потоковое видео в режиме реального времени (напр. IPTV, видеоклипы и живая музыка)	>384 Кб/с	< 60 мс (предпочтительно)	< 20 мс (предпочтительно)	< 0.5%
4	Интерактивные приложения (напр. WebBrowsing and EmailServer Access, IM)	>384 Кб/с	< 90 мс (предпочтительно)	N/A	Zero
5	Скачивание в режиме off-line (напр. Bulk Data, скачивание фильмов P2P)	>384 Кб/с	< 90 мс (предпочтительно)	N/A	Zero

В сетях случайного множественного доступа, где число пользователей может превышать доступные ресурсы канала доступа, конфликт считается наилучшим методом обеспечить доступ к случайным передачам пользователей. Большинство технологий доступа, применяющих оставленные MAC-протоколы не предписывают специальное число (количество) или состязательный слот (СС) в подкадре верхней ссылки (верхнего соединения).

СС могут быть распланированы совместно или по-отдельности в подкадре верхней ссылки (верхнего соединения).

Описание схемы алгоритма для расчета задержки доступа

При создании BR пакет передается в начало следующего состязательного кадра путем выполнения эксперимента Бернулли. В среднем ожидаемое вероятность выпадения «орла» при любом подбрасывании монетки составит:

$$E[X_i = H] = P$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1.1**

где

H- Количество значений «орел»

X_i - случайная величина.

Для любой данной случайной величины X_i -из бесконечной последовательности опытов Бернулли, которые составляют процесс Бернулли. Интересно, насколько часто будет наблюдаться H в последовательности N подбрасывания монетки. Это вычисляется путем простого подсчета: дано n последовательных подбрасываний монетки, то есть, учитывая множество всех возможных наборов длины n, число $N(k, n)$ таких строк, которые содержат K появлений H задается биномиальным коэффициентом

$$N(k, n) = \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1.2**

Если вероятность выпадения «орла» задается p, то полная вероятность увидеть строку длины n с k «орлом» будет следующей:

$$E[X_i = H \text{ k out of n times}] = P(k, n) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

Формула 1. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3**

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1.1 Алгоритм схемы процесса для расчета задержки доступа

В нашем случае возьмем n как количество абонентских станций (при условии, что каждая абонентская станция посылает один запрос) или n как количество BR (предполагая, что требования к пропускной способности абонентской станции изменяются динамически) и $k = 1$, таким образом, результат эксперимента Бернулли может быть либо успешная передача с вероятностью P_{suc} , либо коллизия, с вероятностью P_{unsuc} , где:

$$P_{suc} = \binom{N}{1} * (1-p)^{N-1} = N * p * (1-p)^{N-1}$$

$$P_{suc} = \binom{N}{1} * (1-p)^{N-1} = N * p * (1-p)^{N-1} \quad \text{Формула 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..4}$$

$$P_{unsuc} = (1 - P_{suc})$$

Формула 1. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5**

Где,

N – Количество абонентов.

p – Вероятность оборудования абонента передает пакет в начало СС.

В подкадре верхней ссылки возможно только конечное число СС. Увеличение периода конфликта в кадре увеличивает вероятность успешной передачи на протяжении кадра. Однако, поскольку подкадр верхней ссылки имеет фиксированный размер, оно уменьшит период слоты данных (СД) и, следовательно, (уменьшит) пропускную способность представленного кадра.

$P_{acc}(n)$ определяется как вероятность успешного доступа абонента в конечное число СС. $P_{acc}(n)$ применяет вероятность успешной передачи BR_i оборудованием абонента в этом кадре и может быть выражена следующей математической формулой:

$$P_{Acc}(n) = \sum_{k=1}^n P_{Acc}(k) = \sum_{k=1}^n (1 - P_{suc})^{k-1} * P_{suc}$$

$$P_{Acc}(n) = 1 - (1 - P_{suc})^n$$

Формула 1. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6**

Определение задержки доступа страдает от BR в период между первой передачей запроса и ее успешным завершением. Поскольку периоды конфликта чередуются с периодами СД, модель задержки доступа содержит как периоды СС, так и периоды СД. Если BR_i был передан успешно в одном из n_j СС (в кадре j), то ожидаемая задержка доступа будет:

$$\overline{D_{F_j}} = \frac{n_j}{2} * T_{cs}$$

Формула 1. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..7**

Где

T_{cs} : длительность СС

С другой стороны, если BR не был успешным в кадре j , оборудование абонента запросит BR в кадре $j+1$ и конфликт со слотами $n+1$. Задержка доступа в этой второй попытке может быть сформулирована как:

$$D_{acc1} = P_{acc} * \overline{D_{F_j}} + P'_{acc}(n_j) * \{P_{acc}(n_{j+1}) * (T_{ULframe} + D_{F_{j+1}})\}$$

1. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..8**

Если BR не был успешным во время второй попытки, оборудование абонента снова посылает BR в кадре $j+2$ и конфликт со слотами $n+2$. Задержка доступа в этой попытке может быть сформулирована как:

$$D_{acc2} = P_{acc} * \overline{D_{Fj}} + P'_{acc}(n_j) * \left\{ P_{acc}(n_{j+1}) * (T_{ULframe} + D_{Fj+1}) + P'_{acc}(n_{j+1}) * \right. \\ \left. \{ P_{acc}(n_{j+2}) * (2 * T_{ULframe} + D_{Fj+2}) + \} \right\} \quad \text{Формула}$$

1.Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9

Этот цикл будет продолжаться пока не исчерпается число попыток, установленных базовой станцией и не пройдет процесс старта BR , т.е. если число попыток установлено как 2^2 , то оборудование абонента попытается отправить BR 4 раза затем отбрасывает BR . Эта группа вероятностных уравнений не дает окончательного решения, поэтому для получения задержки доступа используется статистический метод (подход). Если BR_i не был успешно передан в кадре j , ожидаемая задержка в начале кадра $j + 1$ будет равна $T_{UL-subframe}$. С этого момента, поскольку результаты в кадре не зависят от результатов конфликта в предыдущем кадре, по статистике процесс запускается вновь и может быть выражен следующей математической формулой:

$$\overline{D_{access}^l} = D_{Fj} * P_{Acc}(n_j) + [T_{UL-subframe} + \overline{D_{access}^l}] * (1 - P_{Acc}(n_j)) \quad \text{Формула}$$

1.Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..10

Где:

$T_{UL-subframe}$ – длительность UL заголовки

$\overline{D_{access}^l}$ – средняя задержка

следовательно,

$$\overline{D_{access}^l} = D_{Fj} + \frac{1 - P_{Acc}(n_j)}{P_{Acc}(n_j)} * T_{UL-subframe}$$

Формула 1.Ошибка! Текст указанного
стиля в документе отсутствует..11

Аналитическая модель в приведенном выше уравнении показывает, что чем выше, $P_{Acc}(n_j)$, тем ниже второй компонент задержки, получаемый в результате возобновления конфликта с последующим кадром. Подставляя (форм 1.1.6) и (форм 1.1.7) в (форм 1.1.11), чтобы получить $\overline{D_{access}^l}$ как функцию n_j (количество СС-х в кадре j) формула будет выглядеть следующим образом:

$$\overline{D_{access}^l} = \frac{n_j}{2} * T_{CS} + \frac{(1 - P_{suc})^{n_j}}{1 - (1 - P_{suc})^{n_j}} * T_{UL-subframe}$$

Формула 1.Ошибка! Текст
указанного стиля в документе отсутствует..12

Подставляя (форм 1.1.4) в (форм 1.1.9), получаем $\overline{D_{access}^i}$ как функцию конструктивных параметров (параметров конструкции) N (пропускная способность системы), n_j (№ СС кадра) и p (вероятность передачи БС):

$$\overline{D_{access}^i} = \frac{n_j}{2} * T_{CS} + \frac{(1-Np(1-p)^{N-1})^{n_j}}{1-(1-Np(1-p)^{N-1})^{n_j}} * T_{UL-subframe} \quad \text{Формула 1.}$$

Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..13

Анализ модели

В целях анализа влияния задержки доступа на качество обслуживания, используя уравнение 10 для сетей WiMAX, были выбраны следующие параметры модели для реалистичного планирования ресурсов в сетях WiMAX. Эти значения сведены в Таблица 1.

Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.

Таблица 1. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2: Параметры для расчета задержки доступа**

Параметр	Значение	Комментарий
Полоса (диапазон)	20MHz	IEEE определяет 20MHz, 25MHz или 28MHz для стандарта IEEE 802.16., но в литературе 20MHz дают оптимальную работу
Техника дуплексирования	FDD	Поддерживаются как FDD так и TDD
$T_{UL-subframe}$	1мс	IEEE определяет максимальную номинальную длительность кадра как 200 мс, но рекомендуется 1мс
Кол-во физических слотов	4000	В диапазоне 20MHz полоса разделена на 4000 физических слота. В нашей работе предположим, что 1 физический слот = 1 слоту конфликта
TCS	0.25с	$\frac{T_{UL-subframe}}{\text{Number of physical Slots}}$
Кол-во слотов конфликта	3000	В документации соотношение 3:1 СС к слотам данных (СД) дает оптимальную работу. Отметим что пропускная способность падает до 50% в соотношении 2:1 за счет заголовка СС. Это соотношение может быть улучшено за счет использования соотношения динамических (адаптивных) СС/СД.
Число (номер) абонентской станции	250	Из Рисунок 1. <p style="text-align: right;">Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2</p>
Допустимая задержка сервисных потоков	0.04с x 0.2с	Из Таблица <p style="text-align: right;">Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1</p>

Результаты

Эффективное распределение СС было проанализировано, так что в результате задержка доступа будет находиться в пределах порога задержки качества обслуживания, что может служить средством установления дифференциации услуг. Кадр, содержащий СС и СД имеет фиксированный размер. При этом увеличение расположения СС в кадре уменьшает задержку доступа, но приводит к уменьшению периода СД, что снижает пропускную способность системы. Результат на Рисунок 1.Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2 визуализирует чувствительность задержки доступа к изменению выделенного количества СС. Видно, что, когда количество СС увеличивается, задержка доступа уменьшается. При работе 270 абонентов задержка доступа становится непреодолимой т.е. не удовлетворяет никаким ограничениям задержки классов услуг.

Рисунок 1.Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2. Влияние нескольких СС на задержку доступа

На Рисунок 1.Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3 показана зависимость между ожидаемой задержкой доступа и количеством абонентов для различных значений распределений СС с фиксированным значением вероятности передачи для каждого абонента $p=0,06$ и ранее указанным значением $T_{UL-subframe}$ и TCS. наблюдали, что ожидаемая задержка доступа остается практически неизменной с увеличением распределения СС по всему диапазону системы, что делает неэффективным увеличение распределения СС при попытке уменьшить задержку доступа. Например, на Рисунок 1.Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3, в диапазоне системы со 170 абонентами, задержка доступа остается примерно неизменной при увеличении количества СС с 1000 до 3000.

Рисунок 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3 Влияние количества абонентских станций на задержку доступа

На Рисунок 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..4 показана взаимосвязь между ожидаемой задержкой доступа и вероятностью передачи p для каждого абонента при различных значениях распределения СС. Рисунки показывают, что ожидаемая задержка доступа очень чувствительна к небольшим изменениям вероятности передачи p для каждого абонента.

Рисунок 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..4 Влияние вероятности передачи на задержку доступа

Как показано на рисунке 1.1.5, когда вероятность передачи p превышает 0,05 ожидаемая задержка доступа резко возрастает. Наблюдало, что снижение полученной задержки доступа увеличит количество распределений СС, что повлияет на пропускную способность системы.

Рисунок 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5 Влияние числа абонентов на вероятность передачи

В начале запроса полосы пропускания вероятность успешного запроса очень низкая Рисунок 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5. Это происходит потому, что количество абонентов очень невелико (т.е. если число абонентов равняется 100: $P_{0.04}$ = 4 абонента; $P_{0.06}$ = 6 абонентов; $P_{0.08}$ = 8 абонентов). Так, в момент времени $t=0$, вероятность успеха с вероятностью передачи $P_{0.08}$ была самой высокой. Это происходит потому, что наиболее возможно, что появится абонент с запросом полосы в СС n_{j_1} , когда число абонентских станций будет наивысшим. Когда количество абонентов увеличивается, вероятность успеха достигает 0.3824 для $P_{0.08}$ = 5, абонентами; 0.3795 для $P_{0.06}$ с 7 абонентами; и 0.3753 для $P_{0.04}$ с 10 абонентами. Заметим, что пик всех возможных вероятностей передачи приходится на фактическое число абонентов равное 4 с примерно равной вероятностью успеха 0.38. В сети WiMAX, это дает представление о том, насколько активно абоненты используют сеть. В статье используется значение 0.06, что является истинным значением, чтобы описать запросы абонентами пропускной способности. Оно может быть изменено, чтобы соответствовать поведению пользователей любого оператора сотовой сети.

Наконец, в Таблица 1. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3 показано соотношение между слотом конфликта (n_j) и вероятностью передачи (p) в сети с нагрузкой в 260 абонентов. Эта таблица создается, исходя из нашего алгоритма, и дает оценку задержки доступа, которая будет происходить в сети в зависимости от числа слотов конфликта (n_j) и вероятности передачи (p), которая является характеристикой поведения абонентов в сети. С помощью этой таблицы, сетевые операторы могут оценить задержки доступа с помощью этих двух параметров. Например, на 260 абонентов и вероятностью передачи 0,6 оптимальное количество слотов конфликта должно быть 3000, что дает соотношение 3:1 для выбранного нами числа физических слотов. Однако, количество абонентов также может варьироваться, чтобы получить иное значение для n_j и p для оценки задержки доступа в сети.

Таблица 1. *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.* **3**

Влияние количества слотов конфликта и вероятности передачи на задержку доступа

M=260

п\р	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
2000	0.00025	0.00025	0.00025	0.00167	0.02238	0.29198	3.99749	57.52512	867.02850	13651.69780
2200	0.00028	0.00028	0.00028	0.00153	0.02035	0.26544	3.63409	52.29556	788.20773	12410.63437
2400	0.00030	0.00030	0.00030	0.00142	0.01866	0.24333	3.33125	47.93760	722.52376	11376.41485
2600	0.00033	0.00033	0.00033	0.00133	0.01723	0.22462	3.07501	44.25011	666.94502	10501.30603
2800	0.00035	0.00035	0.00035	0.00125	0.01602	0.20859	2.85538	41.08940	619.30610	9751.21274
3000	0.00038	0.00038	0.00038	0.00119	0.01496	0.19470	2.66504	38.35012	578.01904	9101.13191
3200	0.00040	0.00040	0.00040	0.00114	0.01405	0.18255	2.49849	35.95325	541.89287	8532.31119
3400	0.00043	0.00043	0.00043	0.00110	0.01324	0.17183	2.35154	33.83838	510.01684	8030.41055
3600	0.00045	0.00045	0.00045	0.00107	0.01253	0.16230	2.22092	31.95849	481.68259	7584.27665
3800	0.00048	0.00048	0.00048	0.00105	0.01189	0.15378	2.10405	30.27648	456.33090	7185.10421

1.2. Влияние распределения СС на задержку доступа

Пропускная способность сети

В UL кадре имеется фиксированное число возможностей передач в полосе пропускания, установленной базовой станцией. Если есть только один запрос, подтвержденный слотом запроса, он выполняется успешно. С другой стороны, если два или более абонента присылали свои запросы в один и тот же слот запроса, произойдет конфликт и будет использоваться ТБЕВ (truncated binary exponential backoff), чтобы решить эту проблему конфликта. Пусть W_i означает окно конфликта для состояния отсрочки i , а каждый абонент случайным образом выбирает время отсрочки в диапазоне $[0, W_i - 1]$. При ТБЕВ, W_i , определяется по формуле:

$$W_i = \begin{cases} 2^i W & 0 \leq i \leq R \\ 2^R W & R < i < \infty \end{cases}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.14**

Где

R - Является усеченным значением,

W - Начальная окно конфликта и

R - Максимально допустимое количество попыток.

Если запрос по-прежнему не проходит после R числа попыток, то пакет будет отброшен. Пропускная способность каждого абонента дается как $\lambda * (1 - p^R)$. Поскольку сеть обеспечивает производительность d слотов данных в каждом кадре с длительностью Δ , нормированная пропускная способность сети, таким образом, дается форм 1.2.2:

$$Thru = \frac{N * \lambda * (1 - p^R) * \Delta}{d}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.2**

где

d - Количество слотов данных

Δ - Длительность слотов данных

N - число абонентских станций

p - вероятности отказа (неудачи)

R - максимально допустимое количество попыток

Схема алгоритма

Рисунок 1.2.1 поясняет алгоритм, используемый для исследования эффективного распределения слота конфликта.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.1. Схема эффективного распределения слота конфликта

В момент времени $t=0$ число слотов конфликта имеет значение 1000, т.е. отношение числа слотов конфликта к числу слотов данных равно 1:3 соответственно. Принимая во внимание размер кадра, используемого для анализа uplink кадра, порог задержки доступа устанавливается для поддержания допустимой задержки доступа. Эта постоянная задержки доступа устанавливается для поддержания уровня качества обслуживания в системе. При этом число абонентов увеличивается на одну маржу (один допустимый предел). Это достигается путем увеличения числа абонентов. Предполагается, что каждый абонент посылает запрос на пропускную способность. В любой момент времени рассчитывается задержка доступа, чтобы убедиться, что она не превышает допустимого порога системы. Пропускная способность также рассчитывается в любой момент времени. Как только задержка в системе достигает порога, отношение числа слотов конфликта к числу слотов данных меняется на 1:1 за счет увеличения числа слотов конфликта на тысячу. Процесс расчета задержки доступа и пропускной способности повторяется до тех пор, пока задержка в системе не достигнет своего порога. Тогда соотношение слотов конфликта к слотам данных изменяется до 1:3 соответственно и процесс вычисления задержки доступа и пропускной способности повторяется.

Результаты

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**2.2.** Влияние распределения слотов конфликта на задержку доступа

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**2.3.** Влияние числа абонентов на задержку доступа

Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**2.3 показывает взаимосвязь между задержкой доступа и числом слотов конфликта. Можно отметить, что задержка доступа минимальна при числе слотов конфликта от 0 до 2000. Затем это значение постепенно увеличивается до 2500 слотов конфликта. Очевидно, что если количество слотов конфликта увеличивается, то задержка доступа в системе уменьшается. Это происходит потому, что есть достаточно ресурсов связи для передач абонентов. Однако, понятно, что при 2000 слотов конфликта задержка доступа начинает расти в геометрической прогрессии, что означает, что многие запросы полос пропускания не будут предоставлены, так как каналы данных не доступны, либо на полосе пропускания имеется слишком много конфликтов. В установке моделирования число абонентов увеличивалось в 10 раз в каждый момент времени. Из рисунка 1.2.3 видно, что, когда количество абонентов составляет около 230 задержка доступа в системе равна 0.1833, что ниже порога задержки доступа (0.2). В следующий момент времени задержка доступа в системе увеличивается до 0.3270, что выше порога, поэтому количество СС автоматически увеличивается до 2000 СС, тем не менее, это мало влияет на задержку доступа. Это только уменьшает задержку доступа на 10.70% т.е. с 0.3270 до 0.2920, что все еще выше порога задержки доступа, поэтому количество слотов конфликта увеличивается на коэффициент 1000 (3000 СС), т.е. в соотношении 3:1(слоты конфликта к слотам данных соответственно). Это абсолютно не влияет на задержку доступа. Из рисунка **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**2.2 видно, что доступ от 1000 СС до 2000 СС увеличился на 10,7%. Но от 2000 СС до 3000 СС он увеличивается в геометрической прогрессии по 687.02% т.е. от при 230 абонентах увеличение в СС не имеет сколь-либо серьезного влияния на задержку доступа. Поэтому можно сделать вывод, что соотношение СС к слотам данных должно быть 1:1 для достижения оптимальной производительности.

*Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**2.4. Влияние распределения слотов конфликта на нормализацию пропускной способности*

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.56. Влияние числа абонентов на нормализацию пропускной способности

Из рисунка Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.4 видно, что в момент времени $t=0$, когда число $CC = 0$, пропускная способность системы составляет 0. Это означает, что ни одна запрашиваемая полоса не была предоставлена и таким образом, ни один запрос не может быть выполнен. Пропускная способность системы непрерывно растет с того момента, как количество CC достигает 100. Это означает, что запросы будут выполнены. Когда количество абонентов и CC увеличивается, пропускная способность также неуклонно увеличивается. Она достигает пика, когда количество CC составляет около 500 и количество абонентов= 45 (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.57.). Она начинает снижаться с 500 до 1000 CC при соотношении CC к слотам данных равным 1:3 и количеством абонентов равным 90 (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2.58.). Когда число абонентов еще более увеличивается, пропускная способность в системе, приближается к 0 при соотношении CC к слотам данных равному 1:1. Это согласуется с тем, что задержка доступа также увеличивается примерно на 10% при увеличении CC от 1000 до 2000. Это означает, что число конфликтов полосы пропускания резко увеличилось, и что лишь небольшая часть полосы пропускания достигает базовой станции для передачи данных. При соотношении 3:1 CC к слотам данных соответственно, пропускная способность в системе, приближается к 0. Это происходит потому, что физический слот данных стал слишком маленьким, поэтому ответы базовой станции на запрашиваемую полосу занимают слишком много времени. Это объясняет, почему задержка доступа увеличивается примерно на 627% в течение этого периода.

Выводы

Изменения задержки доступа очень важны для сервис-провайдеров в стремлении удовлетворить требования качества обслуживания своих абонентов. В этой работе были приняты реалистичные значения для представления сети WiMAX. В анализе было показано, как задержка доступа будет меняться в зависимости от изменения количества абонентов, СС и вероятности передачи.

Также была предложена модель для оценки влияния распределения СС на задержку доступа с использованием нормализованной пропускной способности и числа абонентов. Было четко показано, что увеличение числа СС оказывает влияние на задержку доступа за счет пропускной способности системы, поэтому количество СС, используемых для предоставления запрашиваемой полосы влияет на качество обслуживания сети. В анализе было показано, что увеличение СС до 2000 СС и более не имеет значимого влияния на задержку доступа. Это было подтверждено путем моделирования с использованием пакета Matlab 2012 года. Сетевые операторы могут использовать эти значения в планировании сетей WiMAX.

2. АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ НА РНУ УРОВНЕ СЕТЕЙ WiMAX С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИКИ РЕТРАНСЛЯЦИОННОГО УЗЛА И СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРА

2.1. Повышение качества обслуживания в сетях WiMAX с использованием релейных узлов

Предположения

В этом разделе предлагается рассмотреть релейную модель между двумя поставщиками услуг. Рассмотрим различные сценарии с Matlab. Затем будут проанализированы и сравниваться результаты, показывающие вероятность пропускной способности, питания и блокировки. Затем будет определено, при каких условиях каждая модель подходит лучше всего. Различные сценарии, рассмотренные в данной работе, показаны на рисунках ниже.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9.1. Модель прямой видимости

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9.1 показывает обычную архитектуру сетей WiMAX, абонентское оборудование подключается напрямую к своей базовой станции для передачи.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1.2 Архитектура принятой модели релейной станции

В этой релейной модели (рисунок 2.1.2), качество обслуживания в сети не подходит для эффективного общения с домашней базовой станцией (HBS-Home Base Station); Таким образом, передача проходит через внешнюю базовую станцию (FBS-Foreign Base Station), которая принадлежит к другому оператору сети. Если FBS находится в прямой видимости с HBS, то передача осуществляется через радио-интерфейс между пользовательским оборудованием и HBS. [1]

- Релейный сценарий
- HBS и FBS находятся в прямой видимости (LOS-Line of sight)
- FBS находится в пределах географической области покрытия HBS
- Оба оператора договорились об обмене базовыми станциями в качестве релейных узлов, при необходимости, после процесса аутентификации
- FBS находится на пути между UE(User Equipment – абонентское оборудование) и HBS

Схема описания релейного сценария

В этом случае требования к качеству обслуживания, определенные для мобильной станции при передаче через домашнюю базовую станцию, не выполнены, будет использоваться алгоритм, представленный на схеме на

Рисунок 2.1.10. Количество пользователей генерируется случайным образом, путем изменения расстояния между MC и HBS. Во-первых, оцениваются усилия, затраченные

мобильной станцией для достижения домашней базовой станции, а также усилия мобильной станции для достижения внешней базовой станции. Таким образом, FBS используется в качестве релейного узла. Затем создается график, чтобы показать все параметры для обоих случаев: с помощью HBS и FBS для передачи. Наконец, создается график модели пропускной способности.

Рисунок 2.1.10 Схема релейного подхода

Где

$P_{tms-hbs}$ - усилие, затрачиваемое мобильной станцией, чтобы достичь домашнюю базовую станцию.

$P_{tms-fbs}$ - усилие, затрачиваемое мобильной станцией, чтобы достичь внешнюю базовую станцию.

$P_{b_{fbs}}$ - вероятность блокирования системы внешней базовой станции.

$P_{b_{hbs}}$ - вероятность блокирования системы домашней базовой станции.

$f1$ - функция, которая объединяет в себе $P_{tms-hbs}$ and $P_{b_{hbs}}$.

2.2. Повышение качества обслуживания с использованием техники совместного использования спектра

Предположения

В этом разделе, рассматривается модель совместного использования спектра двумя поставщиками услуг. Предполагается, что поставщики услуг имеют взаимовыгодные договоренности по совместному использованию спектра (т.е. своего рода соглашение о роуминге). Зарезервированные спектры будут использоваться совместно на следующих условиях:

а. Когда оборудование пользователя пытается связаться с домашней базовой станцией и встречает низкое качество обслуживания сотовой сети, которое не может предложить эффективную передачу [2], как на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** (в случае, показанном на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** имеются препятствия, например, замирание канала, поэтому пользовательское оборудование может быть подключено, чтобы использовать резервную пропускную способность algo BS, которая может быть без замирания).

б. Когда сеть одного оператора перегружена, как показано на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, трафик может быть направлен через другую сеть (в нашем случае Algo BS), чтобы уменьшить вероятность блокирования сети.

Ошибка! Источник ссылки не найден.. Совместное использование спектра из-за низкой пропускной способности

Ошибка! Источник ссылки не найден.. Совместное использование спектра из-за перегрузки

2.3. Схема сценария совместного использования спектра

В случае совместного использования спектра предполагается, что ресурсы спектра для достижения качества обслуживания данной передачи не будут достаточными. Устанавливается порог вероятности блокировки 0.7. Затем оценивается вероятность блокировки сети и сравнивается с заранее определенным порогом вероятности блокировки, как показано на

. В случае, если значение вероятности блокировки меньше или равно пороговому значению, передача происходит при помощи собственных ресурсов сети. С другой стороны, когда вероятность блокировки больше порога, то передача проходит через соединение Algo. Для целей настоящего исследования ссылка Algo моделируется таким образом, что всегда будут иметься бесплатные спектры совместного использования с сетью А. Показано на *Рисунок* Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3.2 алгоритм переключения на близлежащее Algo соединение

.Схема приема совместного использования спектра

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3.2. Алгоритм переключения на близлежащее Algo соединение

Где

P_{bt} – порог вероятности блокировки вызова

P_b – вероятность блокировки вызова

2.4. Используемые метрики

Мощность

Принимаемая мощность вычисляется по формуле:

$$P_r = P_t \cdot K \cdot r^{-\eta} \cdot X \cdot Y$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*4.15

Где:

P_r - принимаемая базовой станцией мощность

P_t - мощность, передаваемая УП

X - Затухающий эффект по пути UE и BS

Y - Теневой эффект по пути UE и BS

R - Расстояние между UE и BS

η - показатель потерь на пути

K - постоянная

Показатель потерь на пути (Path loss exponent)

При исследовании беспроводной связи, потери на пути могут быть представлены значениями показателя потерь на пути в диапазоне от 2 до 5 [3].

Таблица *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*4.4

Показатель потерь по пути в соответствующей среде

Среда	Показатель потерь на пути η
Свободное пространство	2
Городская зона	2.7 до 3.5
Пригородная зона	3 до 5
В здании	1.6 до 1.8

В соответствии с [3] в приведенной выше таблице, и так как мы работаем в пригородной среде, значение 5 будет использоваться в качестве нашего показателя потерь на пути.

Полученная мощность

Во всех системах связи существует минимальная мощность, которая будет получены, так чтобы модуляция или демодуляция и обработка сигнала могла быть выполнена. Это самая маленькая мощность сигнала, которая может быть получена, обработана и демодулирована в приемнике. [4] [5]

Этот минимальный порог зависит от типа передаваемой информации и используемой технологии. Мощность, полученная базовой станцией от UE, зависит от характеристик радиоканала и изменяется с течением времени из-за замираний, вызванных эффектами многолучевого отражения и затенения. [6]

Передаваемая мощность

Типичная WiMAX базовая станция передает на уровне мощности приблизительно +43dBm (20W), тогда как пользовательское оборудование, как правило, передает при +23dBm (200mW). Существует большое различие между мощностью передач вверх и вниз, поэтому в то время, как оборудование пользователя может принимать передачу от базовой станции, относительно низкая мощность передачи мобильных телефонов затрудняет их восприятие базовой станцией. Когда мобильный телефон перемещается ближе к базовой станции, потери на пути уменьшаются. Уровень сигнала на базовой станции уменьшается и SNR улучшается. В ответ базовая станция дает указание мобильному телефону начать снижение мощности. [5] [7]

Как следует из уравнения (формулы 2.4.1), передаваемая мощность MS определяется как:

$$P_t = \frac{P_r}{K \cdot r^{-\eta} \cdot X \cdot Y}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.4.16

Мы вывели P_t в dB как:

$$P_t[dB] = 10 \cdot \log\left(\frac{P_r}{K \cdot r^{-\eta} \cdot X \cdot Y}\right)$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.4.17

$$\begin{aligned} P_t[dB] &= 10 \cdot \log(P_r) - 10 \cdot \log(K \cdot r^{-\eta} \cdot X \cdot Y) \\ &= 10 \cdot \log(P_r) - 10 \cdot \log(K) - 10 \cdot \log(r^{-\eta}) - 10 \cdot \log(X) - 10 \cdot \log(Y) \end{aligned}$$

$$P_t[dB] = 10 \cdot \log(P_r) - 10 \cdot \log(K) + 10 \cdot \eta \cdot \log(r) - 10 \cdot \log(X) - 10 \cdot \log(Y) \quad \text{Формула}$$

Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..4.18

Это уравнение можно проиллюстрировать в следующей диаграмме на

Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.4.1., который показывает входы как переменные, помогающие рассчитать выход (передаваемую мощность).

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**4.1.** Разбивка процесса ввода к выводу

2.5. Схема переменных ввода, которые используются для решения передаваемой мощности

Расстояние от пользовательского оборудования до базовой станции

Базовая станция рассматривается как исходная позиция, а позиционирование пользовательского оборудования генерируются случайным образом и характеризуется своими координатами в декартовой плоскости (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**5.1**). Эти координаты можно использовать для вычисления расстояния от пользовательского оборудования до базовой станции.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**5.1.** Расстояние как переменная пользовательского оборудования

Мульти-путь или Rayleigh затухание:

В среде распространения беспроводного канала принимаемый сигнал может рассматриваться как сумма принятых сигналов из бесконечного числа рассеиваний. Согласно теореме центрального предела, принимаемый сигнал может быть представлен Гауссовской случайной переменной. Другими словами, беспроводной канал, подверженный замиранию среды, может быть представлен комплексной Гауссовской случайной переменной: $W_1 + jW_2$, где W_1 и W_2 являются независимыми и одинаково распределенными Гауссовскими случайными величинами с нулевым средним значением и дисперсией δ^2 .

Если X обозначает амплитуду комплексной Гауссовской случайной переменной $W_1 + jW_2$, такой, что

$$X = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..19.1** [8]

Функция вероятности плотности случайной переменной Rayleigh определяется как:

$$P_H(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{\frac{-r^2}{2\sigma^2}}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5.2** [8]

Где:

σ = значение RMS принимаемого сигнала

$r^2/2$ = Мгновенная мощность

σ^2 = средняя локальная мощность принимаемого сигнала до детектирования

Тогда H - случайная переменная Rayleigh с помощью данной PDF (Probability Density Function) может быть представлена как:

$$H = \sigma \cdot \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$$

Формула **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5.3** [9]

Где $Z_1 \sim N(0, 1)$ и $Z_2 \sim N(0, 1)$. Если Z_1 и Z_2 создаются с помощью, встроенной в Matlab функции "randn", случайная переменная Rayleigh H со средней мощностью $E\{X^2\} = 2\sigma^2$ может быть получена путем распределения Rayleigh в формате PDF.

Райсовское (Rician) затухание

Канал Райсовского затухания может быть описан двумя параметрами: K - соотношение между мощностью в прямом пути и мощностью в других путях и $(\Omega = \alpha^2 + 2\sigma^2)$ - полной мощностью от обоих путей, действующей в качестве масштабного коэффициента для

распределения амплитуды. Тогда амплитуда принимаемого сигнала распределяется по следующим параметрам:

$$\alpha^2 = \frac{K}{1+K} \Omega$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*..5.4 [10]

И

$$\sigma^2 = \frac{\Omega}{2(1+K)}$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*..5.5 [10]

В результате PDF составляет:

$$P_r = \frac{2(K+1)r}{\Omega} e^{\left(-K - \frac{(K+1)r^2}{\Omega}\right)} I_0 \left(2 \sqrt{\frac{K(K+1)r}{\Omega}} \right)$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*..5.6

$$K = 10 \log (A^2 / 2\delta^2) \text{ dB}$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*..5.7 [11]

Если $A \rightarrow 0$, $K \rightarrow \infty$ dB, а доминирующий путь уменьшается по амплитуде, Райсовское распределение преобразуется в распределение Rayleigh.

Пропускная способность

Для беспроводных систем все воздействия, связанные с беспроводной передачей, ограничивают SNR и полосу пропускания принятого сигнала, и, следовательно, максимальное число битов, которое можно послать. [12]

Пропускная способность может быть выражена следующей формулой:

$$Th = BW \cdot \log_2 (1 + SNR)$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*..5.8 [11]

Где,

$$SNR = S / N$$

Формула *Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.*..5.9

BW - Пропускная способность

S - Мощность сигнала

N - Мощность шума

Мощность релейного соединения

Мощность релейного соединения - это суммарная мощность, используемая для достижения HBS с использованием FBS в качестве ретрансляционного узла. Мощность релейного соединения - это сумма двух передаваемых мощностей в dB:

- передаваемая мощность от UE к FBS
- передаваемая мощность от FBS, чтобы достичь HBS

Мощность от UE к внешней базовой станции

Давайте обозначим его через P_{ms-fbs}

$$P_{ms-fbs}[dB] = 10 \cdot \log(P_{rfbs}) - 10 \cdot \log(K) + 10 \cdot \eta_{ms-fbs} \cdot \log(r_{ms-fbs}) - 10 \cdot \log(X_{ms-fbs}) - 10 \cdot \log(Y_{ms-fbs})$$

Формула

Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..20

Где:

P_{rfbs} - мощность, полученная внешней базовой станцией

X_{ms-fbs} - эффект затухания по пути UE и FBS, которые следуют распределению Rayleigh.

Y_{ms-fbs} - теневой эффект по пути UE и FBS, которые следуют нормальному распределению Log

r_{ms-fbs} - расстояние между UE и FBS.

η_{ms-fbs} - показатель потерь по пути

K - постоянная

Мощность от внешней BS до домашней BS

Если FBS и HBS находятся в пределах прямой видимости, мы будем пренебрегать эффектом затенения в нашем анализе. Таким образом, передаваемая мощность от ФБС, чтобы достичь HBS, $P_{fbs-hbs}[dB]$ оценивается как:

$$P_{fbs-hbs}[dB] = 10 \cdot \log(P_{rhbs}) - 10 \cdot \log(K) + 10 \cdot \eta_{fbs-hbs} \cdot \log(r_{fbs-hbs}) - 10 \cdot \log(X_{fbs-hbs})$$

Формула **Ошибка!**

Текст указанного стиля в документе отсутствует..5.11

Где:

P_{rhbs} - принимаемая домашней базовой станцией мощность

$X_{fbs-hbs}$ - эффект затухания на пути от FBS в HBS (Райсовского распределения)

$r_{fbs-hbs}$ - расстояние между FBS и HBS

$\eta_{fbs-hbs}$ - показатель потерь по пути

K - постоянная

Поэтому, если обозначить P_{rlp} как мощность ретрансляционной линии связи, она будет равна:

$$P_{rlp}[dB] = P_{ms-fbs}[dB] + P_{fbs-hbs}[dB] \quad \text{Формула Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.} .5.12$$

Когда мы заменим различные переменные их эквивалентными значениями, уравнение (фор. 2.14 и 2.15 в фор. 2.16 будет определяться как:

$$P_{rlp}[dB] = \{10 \cdot \log(P_{rfs}) - 10 \cdot \log(K) + 10 \cdot \eta_{ms-fbs} \cdot \log(r_{ms-fbs}) - 10 \cdot \log(X_{ms-fbs}) - 10 \cdot \log(Y_{ms-fbs})\} + \{10 \cdot \log(P_{rhbs}) - 10 \cdot \log(K) + 10 \cdot \eta_{fbs-hbs} \cdot \log(r_{fbs-hbs}) - 10 \cdot \log(X_{fbs-hbs})\} \quad \text{Формула Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.} .5.13$$

Вероятность блокировки

Вероятность блокировки может быть определена с помощью формулы потери Erlang:

$$B_p = \frac{\left(\frac{A}{N}\right)^N}{\sum_{i=0}^{i=N} \left(\frac{A}{i}\right)^i} \quad \text{Формула Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.} .5.14$$

Где :

A – нагрузка трафика

N – число каналов

2.6. Результаты и анализ

Оценка эффективности сетей WiMAX осуществляется либо с помощью совместного использования спектра, либо с релейными принципами. В этой связи были реализованы сценарии передачи наверх и передачи с совместным использованием спектра, либо с релейными принципами. Каждая клетка делится на 10 частей по 1000 метров. Для каждых новых 1000 м, генерируется случайным образом 1000 пользователей. В нашем исследовании данные рассматривались как передаваемая информация. Графики, показывающие результаты по мощности, вероятности блокировки и пропускной способности для различных сценариев, были получены и будут находиться в центре нашего анализа в этой главе.

При оценке мощности, наша цель состоит в том, чтобы разработать алгоритм выбора между прямой линией связи и релейной линией для каждой из сотовых частей, в расчете на

метрику мощности сигнала. Затем выбирается соединение с минимальной мощностью и определяется соединение Algo.

Для оценки вероятности блокировки, вероятности блокировки соединения Algo (представление лучшего способа экономии энергии) сравниваются с вероятностью в соединении совместного использования спектра.

Для оценки пропускной способности пропускная способность линии соединения Algo сравнивается с вероятностью прямого соединения (нормальное соединение передачи) и соединением совместного использования спектра.

Результаты оценки мощности в релейном соединении и прямом соединении.

Мощность, необходимая для передачи данных в сотовой сети связана с препятствиями между передатчиком и приемником. Рассчитывается средняя мощность, используемая 1000 пользователями в каждом подразделении. Моделируются два сценария: прямого соединения (нормальное соединение передачи) и соединения совместного использования спектра. Алгоритм разработан таким образом, что он выбирает один из этих двух сценариев: тот, который использует меньше всего энергии на каждом 1 км. (ALGO LINK)

Результаты показаны ниже на Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.1.1:

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.1. Результаты алгоритма мощности

- Перед первым километром мощность, необходимая для достижения внешней базовой станции при передаче данных больше, чем это необходимо для достижения домашней базовой станции. Поэтому алгоритм выберет прямое соединение (от UE к HBS). Это связано с тем, что пользователи находятся очень близко к базовой станции.
- Тем не менее замечено, что в диапазоне 1000 метров, алгоритм переходит на ретрансляционную линию связи (то есть, от UE к FBS и затем к HBS), которая использует меньше энергии для передачи данных. Это происходит потому, что пользователи в этой зоне находятся ближе к FBS, чем HBS.
- За пределами 1000 м, алгоритм все еще выбирает внешнюю базовую станцию в качестве лучшей альтернативы для общения. Даже если мощность, необходимая в этом случае значительно возросла, она по-прежнему меньше, чем требуется для передачи через домашнюю базовую станцию. Абоненты в этой зоне все еще далеки от HBS.
- Ниже приведена таблица, показывающая различия значений мощности в прямом соединении и соединении algo. Согласно этой таблице приводится диаграмма с изложением разницы между значениями мощности.

Таблица Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.1

Сбор данных мощностей и разница между ними

Прямая мощность (dB)	Мощность ALGO (dB)	Разница мощностей(dB)
170.0079	170.0079	0
194.3079	193.0829	1.225
205.2478	191.2333	14.0145
212.81	193.116	19.694
217.9282	196.4425	21.4857
222.6641	201.1466	21.5175
226.045	205.0119	21.0331
229.4015	208.9353	20.4662
231.8288	211.9407	19.8881
234.2481	214.8693	19.3788

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.2. Сбор данных мощностей и разница между ними

Из таблицы и диаграммы выше видно, что соединение Algo помогает в экономии электроэнергии.

Результаты оценки вероятности блокировки в прямом соединении и соединении с совместным использованием спектра.

Качество обслуживания системы измеряется путем оценки качества обслуживания или вероятности блокировки передаваемых трафиков. Учитывая разработанный алгоритм, класс сервиса системы оценивается в соответствии с нагрузкой трафика и доступными каналами.

Подход совместного использования спектра реализуется следующим образом. Во-первых, допускается, что два поставщика услуг могут иметь общий спектр, который будет использоваться в любой момент времени, когда порог вероятности блокировки любого из них

выполняется. Тогда оператор может направить некоторые из своих трафиков через общий спектр.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.3. Результаты алгоритма вероятности блокировки

- До 0,1% прироста трафика оба сценария предлагают одну и ту же вероятность блокировки, которая используется, потому что в обоих сценариях имеются одни и те же ресурсы.
- С 0,2% прироста, когда достиг пороговое значение вероятности блокировки, сценарий совместного использования спектра даст меньшую вероятности блокировки. На самом деле, в этом случае пропускная способность увеличивается, предлагая больше ресурсов, которые могут использоваться.
- Тем не менее, по мере увеличения нагрузки трафика, вероятность блокировки увеличивается для обоих сценариев – в соединении Algo и в соединении совместного использования спектра.

Результаты оценки пропускной способности для прямого соединения, соединения с алгоритмом и соединения совместного использования спектра.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.4. Результаты оценки пропускной способности для прямого соединения, соединения с алгоритмом и соединения совместного использования спектра

- до 0,1% от объема трафика, пропускная способность системы, с использованием разработанного нами алгоритма и пропускная способность прямого соединения подобны, поскольку, как было отмечено в диаграмме мощности, соединение Algo выбирает прямое соединение в течение этого первого покрытия 1000 метров. Это происходит потому, что мощность, применяемая для прямого подключения к HBS меньше, чем при использовании ретрансляционной линии связи. С другой стороны, при рассмотрении платформы совместного использования спектра было замечено, что пропускная способность системы остается неизменной. Это происходит потому, что в течение этого периода используются обычные системные ресурсы прямого соединения.
- Тем не менее, когда нагрузка трафика возрастает, есть изменения в поведении пропускной способности системы.
- От 0,2 до 0,3 прироста объема трафика отмечено, что существует повышение в пропускной способности в случае совместного использования спектра. Это происходит потому, что в этом конкретном диапазоне, система начинает использовать разделенный диапазон.
- Поскольку трафик продолжает увеличиваться, пропускная способность системы уменьшается быстрее, для нормального сценария по сравнению с релейным и совместным использованием спектра. Однако сценарий совместного использования спектра предлагает более высокую пропускную способность на фоне всех остальных.

- С 0,8% прироста объема трафика пропускная способность сценария совместного использования спектра стабилизируется, а пропускная способность релейного сценария продолжает снижаться.

Результаты влияния различного использования спектра в процентах

Так как совместное использование спектра обеспечивает лучшую вероятность блокировки и более высокую пропускную способность, крайне важно знать, как изменение в размере дополнительного спектра воздействует на общий спектр в системе.

Для переменной пропускной способности, был изменен размер совместно используемого спектра. Мы рассмотрели три сценария совместного использования спектра.

- Совместное использование: поставщик услуг использует 75% от общего спектра;
- Совместное использование 1: поставщик услуг использует 50% от общего спектра;
- Совместное использование 2: поставщик услуг использует 30% от общего спектра.

На графике ниже показаны полученные результаты.

Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6.5. Результаты пропускной способности в различных размерах общего спектра

- Из графика выше видно, что совместное использование спектра предлагает более высокую пропускную способность, чем совместное использование 1, которое, в свою очередь, предлагает более высокую пропускную способность, чем совместное использование 2. Поэтому мы можем сделать вывод, что чем больше пропускная способность, доступная для использования в сценарии совместного использования спектра, тем более эффективна система.
- До 0,1% от нагрузки трафика пропускная способность снижается, т.к. система использует только имеющиеся в ее распоряжении ресурсы. Наблюдаемое повышение показывает, что некоторые полосы пропускания были добавлены к

оригинальным системным ресурсам и снижение пропускной способности в различных графиках объясняется непрерывным приращением нагрузки трафика.

Вывод

На протяжении всей нашей работы, мы проанализировали два сценария для отправки данных в сетях WiMAX. Релейный сценарий и сценарий совместного использования спектра были предложены в качестве альтернативы нормальной рабочей ситуации. Различные сценарии были смоделированы и реализованы в данной ячейке (cote) и были произведены измерения и анализ пропускной способности, вероятности блокировки и мощности, передаваемой в каждом соединении.

Учитывая наши результаты, алгоритм, использующий релейный сценарий, был найден очень полезным для уменьшения мощности передачи на 21.5175dB, что составляет 10% прироста по отношению к прямой линии связи с точки зрения мощности, примененной от пользовательского оборудования до базовой станции WiMAX без дополнительных расходов для оператора, лишь изменяя алгоритм, который он использует.

Тем не менее, предложенный сценарий совместного использования спектра, действительно эффективен, когда речь идет о проблемах с вероятностью блокировки и пропускной способности. При нагрузке трафика в 20%, вероятность блокирования algo-соединения составит 0.00084, в то время как пропускная способность алгоритма совместного использования спектра было 0.00078 представляющие улучшение на 7.14%. При той же нагрузке трафика в 20%, пропускная способность algo- соединения составит 20.4МБ/с, в то время как пропускная способность алгоритма совместного использования спектра 21.4МБ/с представляет собой увеличение пропускной способности на 4,9%, что повышает качество обслуживания системы. Таким образом, в зависимости от цели оператора сотовой сети, данный оператор будет осуществлять наиболее подходящий сценарий. Поэтому в зависимости от цели оператора сотовой сети, данный оператор будет осуществлять наиболее подходящий сценарий в заданных обстоятельствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Mitola, « “Cognitive radio,” : An integrated agent architecture for software defined radio,” Doctor of Technology, Royal Inst. Technol. (KTH),, 1999.
2. Media Informa Telecoms, «Mobile WiMAX,» 4G Americas, November 2012. [В Интернете]. Available: <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=259>. [Дата обращения: August 2014].
3. Andrea Goldsmith, Wireless Commuications, Cambridge University Press, 2005, pp. 47-50.
4. E. Grabianowski и B. Marshall , «Howstuff works,» 30 May 2012. [В Интернете]. Available: <http://computer.howstuffworks.com/wimax2.htm>. [Дата обращения: 11 March 2014].
5. D. Poulin, «How much power do WiMAX netorwks need?,» 02 January 2009. [В Интернете]. Available: http://eetindia.co.in/ART_8800557707_1800006_NT_ebd64683.HTM#.U01w8BrzzhV. [Дата обращения: 08 March 2014].
6. FCC Spectrum Policy Task Force (SPTF), «FCC Spectrum Policy Task Force,» FCC Spectrum Policy Task Force, pp. 02-135, November 2002.
7. S. Haykin, « Cognitive radio:,» Brain-empowered wireless communications,, 2005.
8. O. Masato, Z. Chenxi и V. Dorin, «Multihop Relay Extension for WIMAX Networks- Overview and Benefits of IEEE 802.16j standard”,» Fujitsu Science technical journal, т. 44, № 3, pp. 292-302, 2008.
9. J. Gerald и G. Holzmman, Data Communications, New Jersey: Murray hill, 2011.
10. K. O. P. Khan Mubeen Ahmed, «Analysis of relay Stations,» In Wimax network.
11. G. J. Holzmman, «Data Communications:The First 2500 Years,» New Jersey 07974, USA, Murray Hill, 2012.
12. S. S. Jafar, «The throughput potential of cognitive radio,» A theoretical perspective, Т. 1 из 2 IEEE Communications Magazine vol. 45, no. 5,, pp. 73-79, May 2007.

Рецензент: Томашевич Сергей Викторович, Заведующий кафедрой технической электродинамики и антенн, профессор, д.т.н. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича.

Joseph Arthur

St. Petersburg State university of Telecommunication
Russia, St. Petersburg
E-mail: ajkweku@yahoo.com

Korotin Vladimir Evgenevich

St. Petersburg State university of Telecommunication
Russia, St. Petersburg
E-mail: vekorotin@sut.ru

Improving QoS in the MAC and PHY layers of WiMAX network

Abstract: In recent times, wireless communication has become one of the basic ways of communicating in the telecom industry. WiMAX is a broadband technology in addition to digital subscriber line and cable technology, which is servicing as an alternative to solving the problem of “last mile” over long distances. Intensive development of wireless networks raises the problem of improving their performance, therefore the need to develop algorithms to provide timely and reliable transmission of data, while reducing the time a subscriber station (SS) takes to access bandwidth in the MAC-layer and also reducing the power used by the subscriber station to communicate with the basestation (BS) in the PHY-layer while maintaining an acceptable level of quality of service (QoS) for different types of traffic. Resource management and allocation mechanisms are critical to guarantee QoS performance in WiMAX networks. Under the centralized PMP architecture, multiple SS share a common uplink to the BS on a demand basis. This means that if an SS needs some amount of bandwidth it makes a reservation with the BS by sending a request. On accepting the request from a SS, the BS scheduler determines and grants the SS a transmission opportunity in time slots by using some scheduling algorithm which takes into account the requirements from all authorized SS's and the available channel resources. Therefore, the aim of this article is to propose a mathematical model to estimate the average access delay in the network and to create an algorithm, which WiMAX network operators can use to share redundant bandwidth.

Keywords: WiMAX; Bandwidth request, contention slot, access delay; Quality of service, scheduling algorithm, subscriber station, relay node, power blocking probability, bandwidth.

REFERENCES

1. J. Mitola, « “Cognitive radio,» : An integrated agent architecture for software defined radio,» Doctor of Technology, Royal Inst. Technol. (KTH),, 1999.
2. Media Informa Telecoms, «Mobile WiMAX,» 4G Americas, November 2012. [В Интернете]. Available: <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=259>. [Дата обращения: August 2014].
3. Andrea Goldsmith, Wireless Commuications, Cambridge University Press, 2005, pp. 47-50.
4. E. Grabianowski и B. Marshall , «Howstuff works,» 30 May 2012. [В Интернете]. Available: <http://computer.howstuffworks.com/wimax2.htm>. [Дата обращения: 11 March 2014].
5. D. Poulin, «How much power do WiMAX netorwks need?,» 02 January 2009. [В Интернете]. Available: http://eetindia.co.in/ART_8800557707_1800006_NT_ebd64683.HTM#.U01w8BrzzhV. [Дата обращения: 08 March 2014].
6. FCC Spectrum Policy Task Force (SPTF), «FCC Spectrum Policy Task Force,» FCC Spectrum Policy Task Force, pp. 02-135, November 2002.
7. S. Haykin, « Cognitive radio:,» Brain-empowered wireless communications,, 2005.
8. O. Masato, Z. Chenxi и V. Dorin, «Multihop Relay Extension for WIMAX Networks- Overview and Benefits of IEEE 802.16j standard”,» Fujitsu Science technical journal, т. 44, № 3, pp. 292-302, 2008.
9. J. Gerald и G. Holzmman, Data Communications, New Jersey: Murray hill, 2011.
10. K. O. P. Khan Mubeen Ahmed, «Analysis of relay Stations,» In Wimax network.
11. G. J. Holzmman, «Data Communications:The First 2500 Years,» New Jersey 07974, USA, Murray Hill, 2012.
12. S. S. Jafar, «The throughput potential of cognitive radio,» A theoretical perspective, Т. 1 из 2 IEEE Communications Magazine vol. 45, no. 5,, pp. 73-79, May 2007.