

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТИ WiMAX

Аникина В.С., студент; Червинская Н.В., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

Постоянно возрастающая потребность в оперативном обмене данными, в обеспечении качественной связью подвижных и удаленных абонентов приводит к интенсивному развитию беспроводных сетей передачи данных. Использование беспроводных подключений позволяет пользователям сети более рационально использовать пространство, быть мобильными, сохраняя при этом возможность доступа к необходимым сетевым услугам и данным с достаточно высокой скоростью. В связи с этим возникает задача эффективного использования ресурсов радиоканала. В данной статье проводится оценка качественных характеристик сети с использованием аппарата для моделирования Simulink.

На основе функциональной схемы собрана схема передачи для сети WiMAX. Задачей моделирования является выбор оптимальных параметров для сети (рис.1).

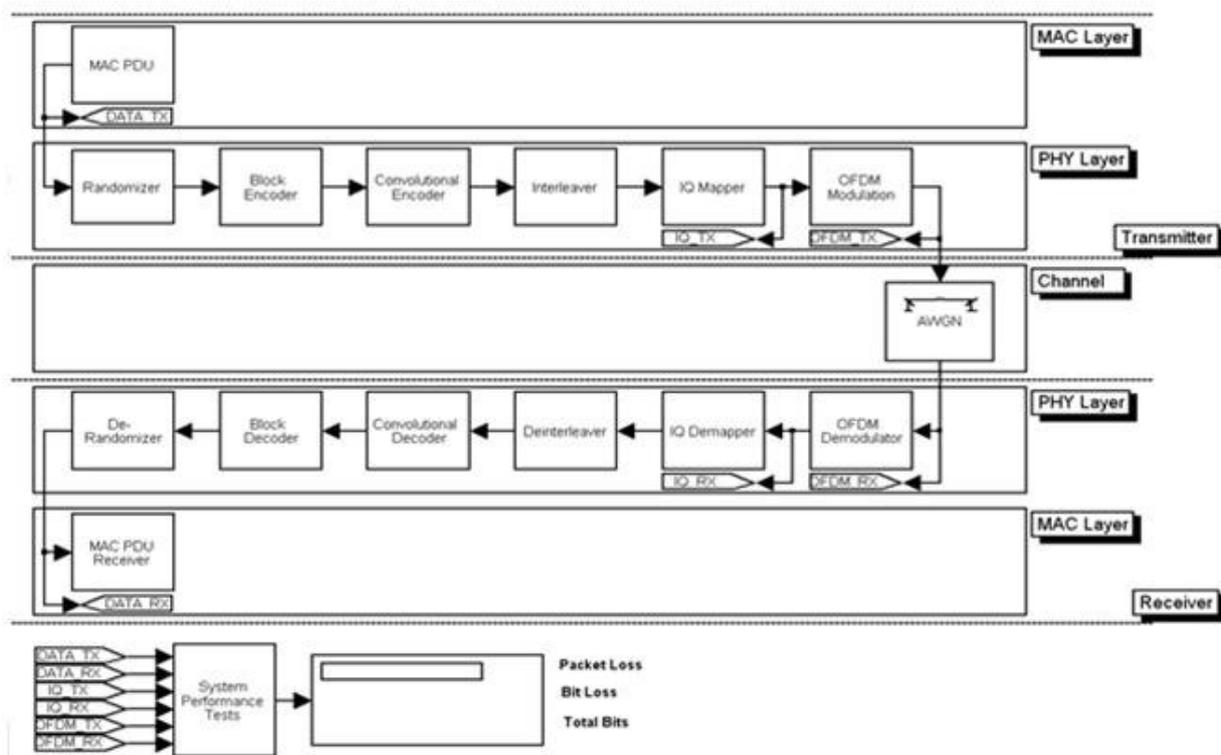


Рисунок 1 – Модель передачи WiMAX сигнала, реализованную в среде Matlab

Все элементы системы WiMAX можно объединить в три основные части: передатчик, получатель и канал связи. В передатчике генерируется сигнал, который в результате будет отправлен по каналу связи. Прежде чем послать сигнал, его разбивают на пакеты и адаптируют к условиям канала, используя определенную схему модуляции и кодирования [1].

На передающей стороне в среде Matlab используются следующие блоки: в качестве источника сигнала в модели используется двоичный генератор Бернулли, вырабатывающий случайный двоичный сигнал с вероятностью нулевого бита 0.5. Выходной сигнал генератора преобразуется в сетевые пакеты. Рандомизация (randomizer), или случайный отбор, используется для создания простых случайных выборок. Такая выборка основывается на предположении, что каждый абонент с равной вероятностью может попасть в выборку, в

данном случае это набор бит (процесс реализуется с помощью сложения по модулю два шума и информационного сигнала). Блок кодера – кодирование сообщения осуществляется блоком Integer-Input RS Encoder (рис. 2). Входной вектор (N, K) преобразуется с помощью использования кода Рида-Соломона – циклический код, позволяющий исправлять ошибки в блоках данных. Integer-Input принимает входной столбец вектора сигнала с элементами, кратными числу K . Каждая группа элементов K есть одно сообщение, которое и требуется закодировать. Каждый символ должен иметь значение $(\log_2(N+1))$ бит.

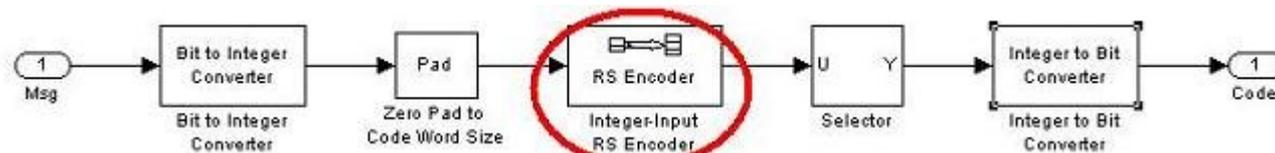


Рисунок 2 – Построение Block Encoder

Свёрточный кодер – корректирующий ошибки код. На каждом такте работы кодера k символов входной последовательности преобразуются в $n > k$ символов выходной и далее в преобразовании участвуют m предыдущих символов. Пройдя через все функциональные блоки подсистемы кодера, сигнал преобразуется таким образом, чтобы оптимально повысить скорость его передачи и устойчивость к помехам в среде передачи. После чего он поступает на вход подсистемы модуляции для дальнейшей подготовки гармонической формы сигнала.

Перемежитель – фундаментальный компонент помехоустойчивого кодирования, предназначен для борьбы с пакетированием ошибок, использующий перемешивание (перемежение) символов передаваемой последовательности на передаче и восстановление её исходной структуры на приёме.

В т.н. устройстве “картопостроитель” или Mapper определяется вид модуляции (рис.3).

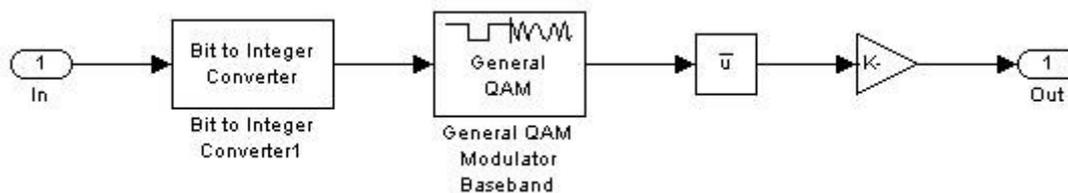


Рисунок 3 – Построение блока Mapper IQ

Входной сигнал конвертируется в числовое представление блоком «Конвертер бит-число» и затем поступает на вход блока устройства модулирования. Системой поддерживаются модуляции 2-QAM, 4-QAM, 16-QAM и 64-QAM. Представленная подсистема однозначно определяется соотношением количества бит на число и вектором сигнального созвездия. Совокупность этих параметров образует схему модуляции, являющуюся составной частью механизма AMC. Режим AMC выбирается автоматически, опираясь на показатели передачи в канале. В результате работы представленного блока был получен модулированный информационный сигнал.

OFDM Modulator (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) – схема цифровой модуляции (ортогональное частотное мультиплексирование) [2]. Функциональные стадии WiMAX PHY:

Первая – FEC (система исправления ошибок), т.е. происходит передача избыточной информации. Включает в себя кодирования каналов, скорость согласования, чередование.

Вторая – реализация OFDM символа в частотной области. На этом этапе данные отображаются на соответствующих подканальных уровнях, где экспериментальные символы накладываются на поднесущую частоту, что позволит приемнику отследить информацию в канале.

Третья – окончательный набор функций, связывающих преобразование OFDM символа из частотной области во временную и, как результат, конечный итог – аналоговый сигнал, который может передаваться по воздуху.

При моделировании беспроводного канала связи необходимо учитывать множество дестабилизирующих факторов среды передачи, поэтому имитация канала связи имеет большое количество различных функциональных блоков, приближающие результаты к реальным условиям. Главные факторы влияния среды передачи:

1. Аддитивный белый гауссовский шум.
2. Замирание сигнала, вследствие многолучевого распространения.
3. Межсимвольная интерференция.

Приемник, в основном, выполняет все функции передатчика в обратном режиме, такие как демультимплексирование и усиление сигнала, декомпоновка поднесущих OFDM, демодуляция и декодирование данных. На принимающей стороне предпринимаются меры по устранению искажений на принятый сигнал, вызванных влиянием среды передачи. Кроме того, именно на принимающей стороне реализована оценка качества передачи сигнала в канале и подстройка передатчика под возникшие условия, используя обратную связь.

В приемнике происходят последовательно следующие операции: в начале из сигнала выделяется и удаляется циклический префикс, затем сигнал проходит блоки быстрого преобразования Фурье (FFT) и циклического сдвига, что позволяет демодулировать поднесущие. Далее происходит декомпоновка поднесущих, из сигнала удаляются защитные нулевые интервалы. Полученные в результате символы OFDM передаются на демультимплексор. Последний блок «АМС демодуляция» принимает сигнал, демодулирует и декодирует его.

При реальной передаче сигнала информация о состоянии канала передачи не известна приемнику и в дальнейшем она извлекается из принимаемого сигнала. Оценка канала выполняется с помощью ортогонального пилот-сигнала, который приходит в каждом пакете [3]. Пилотные несущие вводятся в состав OFDM-символа с целью обеспечения на принимающей стороне возможности синхронизации сигнала и оценки характеристик канала передачи. Пилотные несущие составляют около 9% от общего количества несущих. Предполагается, что канал остается неизменным по всей длине пакета (подвергается медленному замиранию). Динамика спектра сигнала перед выравниванием зависит от параметра режима в блоке многолучевого канала.

В таблице 1 приведены параметры моделирования для сети WIMAX в соответствии со стандартом 802.16.

Таблица 1 – Параметры для моделирования

Несущая частота	2.3, 2.5, 3.5 ГГц
Channel Model	LOS/Non-LOS
Raw Bit Rate	1.0-75.0 Мбит
Модуляции	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
OFDM поднесущих	256
Полоса пропускания канала	1,75, 3,5, 3, 7, 5.5, 10, 20 МГц
Frame Duration	5 мс
Количество кадров (в секунду)	200
IFFT / FFT	256 точек
Сигнал данных	192
Пилот-сигнал	8
Шум	AWGN

Графики на рисунке 4 показывают совокупность сигналов, спектр мощности, полученный и скорректированный сигнал, когда нет затухания в канале. SNR (отношение сигнал шум) выбрали 20 дБ, а результирующий битрейт 18 Мбит, при этом видно, что нет ошибки принимаемого пакета. Принимаемый сигнал искажается только в амплитуде.

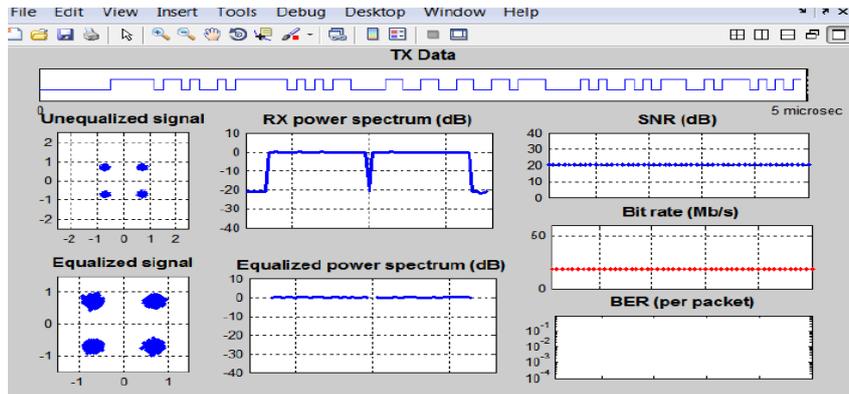


Рисунок 4 – Влияние отсутствия эффекта замирания на полученный и скорректированный сигналы.

На рисунке 5 показан эффект замирания канала с максимумом, Доплеровский сдвиг 50 Гц. Сигнал искажен по амплитуде и в фазе, но после выравнивания можно восстановить сигнал. Спектр мощности принимаемого сигнала – прямая, при изменении значения отношения сигнал помеха (SNR), битрейт так же меняется и ошибок генерируется на 0 дБ.

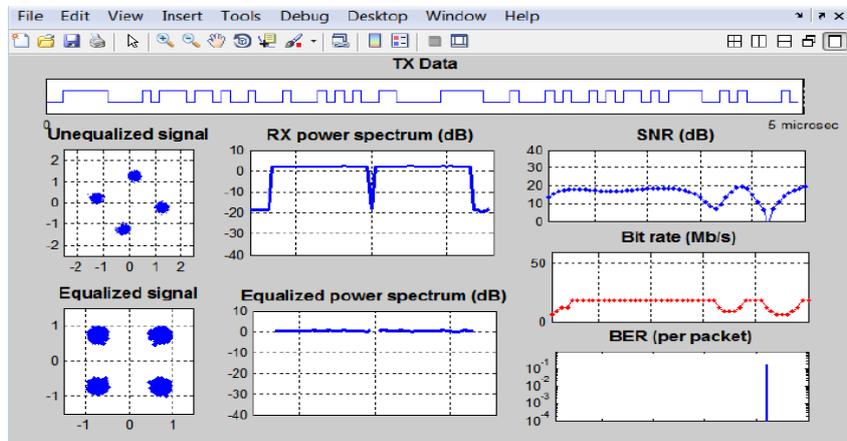


Рисунок 5 – Влияние эффекта плоского замирания канала на полученный и скорректированный сигналы.

На рисунке 6 также показан эффект замирания канала, но больше, чем доплеровский сдвиг (200 Гц), который увеличивает количество пакетных ошибок (18%), так что вероятность ошибок (BER) возросла.

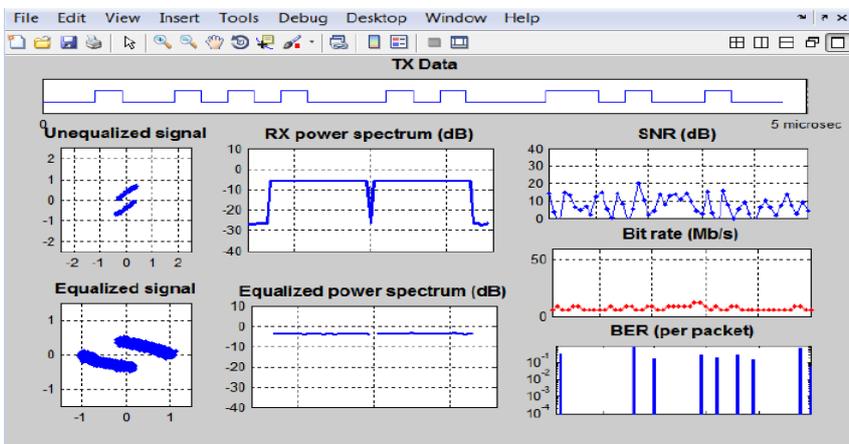


Рисунок 6 – Влияние эффектов плоского замирания на полученный и скорректированный сигнал, когда в канале существует сдвиг

На графиках, приведенных далее, возникли дисперсионные каналы, которые означают, что есть эффект многолучевого замирания.

На рисунке 7 количество символов OFDM / блок (50) меньше, по сравнению с другими (200), так что число ошибочных битов в этом случае меньше, потому что каждый всплеск, имеет разные замирания и различные шумовые эффекты. При этом, при увеличении длины блока сообщения, увеличивается и число ошибочных бит.

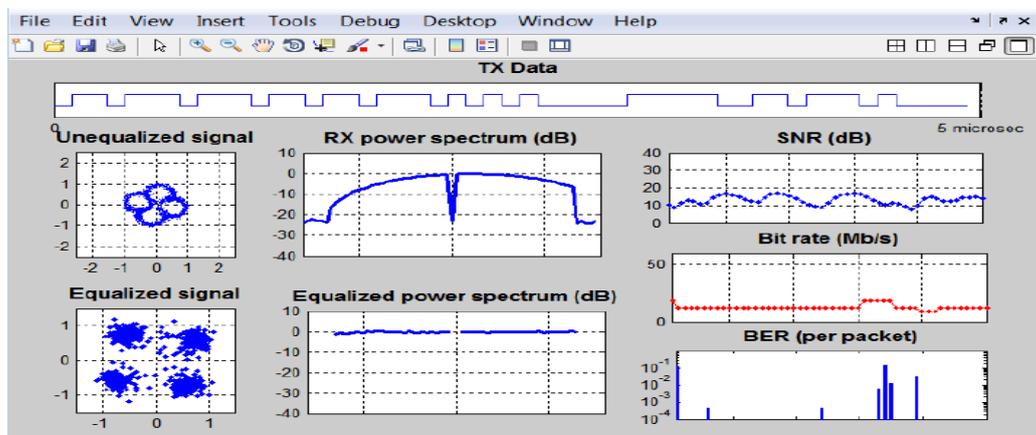


Рисунок 7 – Влияние дисперсионного канала на полученные и выровненные сигналы.

На рисунках 8 и 9 принимаемый сигнал искажен в амплитуде и фазе из-за эффектов многолучевого замирания. Но после выравнивания, сигнал может быть распознан и спектр мощности становится сбалансированным. Из-за дисперсионного канала, значений SNR (сигнал шум) постоянно меняется, битрейт также изменяется.

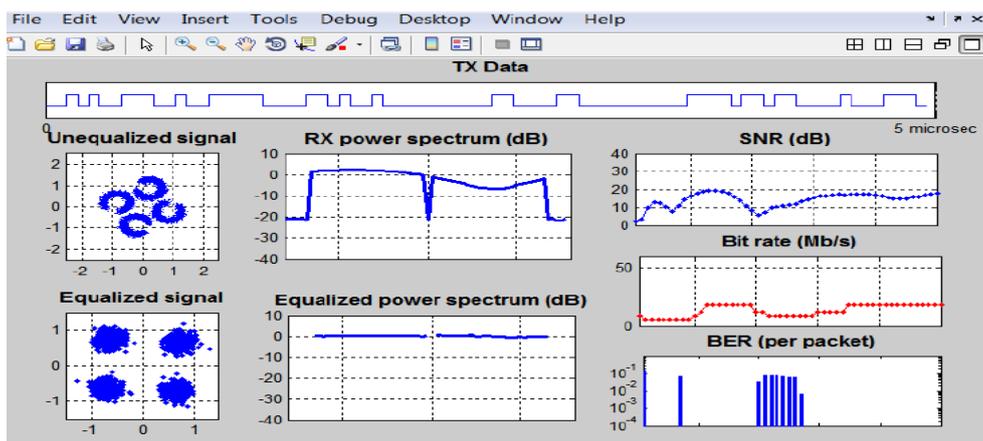


Рисунок 8 – Влияние многолучевого замирания канала на полученный и скорректированный сигнал с большим числом символов.

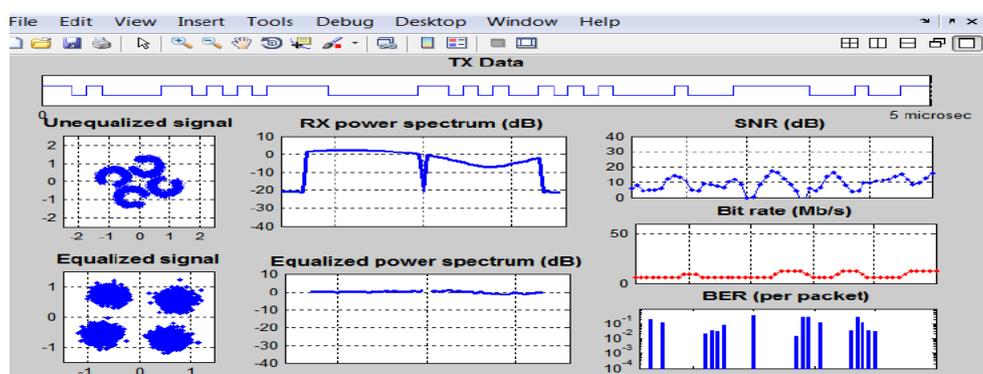


Рисунок 9 – Влияние многолучевого замирания канала на полученный и скорректированный сигнал с большим количеством OFDM символов в блоке.

Из графиков видно отношение сигнала к шуму при увеличении скорости передачи битов и пакетных ошибок. Когда значение ОСШ сигнала идет ниже порогового уровня, схема модуляции изменяется для передачи с относительно низкой скоростью передачи

битов. Если ОСШ принятого сигнала является слишком низкой, даже после выравнивания, частота появления пакетных ошибок очень высока, как показано на рис. 9.

Данные, полученные в ходе моделирования, сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Изменения параметров в системной модели WiMAX

№	OFDM символы/блок	OFDM символы	SNR (dB)	Допплер сдвиг (Гц)	Затухание сигнала	Bit Rate(Mb/s)	PER (%)
1	200	5	20,4	200	Нет затухания	18	0
2	200	5	19,67	50	Замирание	18	4
3	200	5	4.119	200	Замирание	6	18
4	50	5	13,89	200	Дисперсия	12	14
5	200	20	17,73	50	Дисперсия	18	20
6	500	5	15,89	50	Дисперсия	12	34
7	200	5	4,334	200	Дисперсия	6	74

Моделирование в MATLAB осуществляется для того, чтобы анализировать полосы обработки приемопередатчика. Поведение канала анализируется во время выполнения BER для радио среды, в которой происходят эффекты плоского многолучевого замирания. Результаты моделирования - поведения системы при наличии ошибки вероятности. Для оценки канала, принимаемый сигнал дробится на обучающие символы и символы данных.

Следующие блоки отображают числовые результаты:

1. Блок HA показывает частоту появления пакетных ошибок (%).
2. SNR блок, на верхнем уровне модели, показывает оценку ОСШ на основе вектора ошибки. Подсистема канала показывает SNR на основе мощности принимаемого сигнала.
3. Bit Rate блок показывает, какие из скоростей передачи, указанные в стандарте, используются в настоящее время.

В результате проведенных исследований получены спектры OFDM-сигнала. Суммарная мощность спектральной плотности модулированных несущих ячеек данных равна сумме мощностей спектральной плотности всех несущих. Сигнал начинается с длинной преамбулы, который используется для синхронизации. Длина преамбулы включает в себя два OFDM-символа: 4x64 и 2x128 последовательности. Так же будут приведены диаграммы разброса принимаемого сигнала до и после выравнивания, спектр мощности принимаемого сигнала до и после выравнивания, в дБ.

Диаграмма сигнального созвездия непрерывно во времени показывает перемещение сигнальной точки на фазовой плоскости, отображает положение в основных точках принятия решения для каждого символа. С помощью созвездия производится оценка ошибки фазы и амплитуды анализируемого сигнала в этих точках. В этом примере, как видно, было рассмотрено созвездие QPSK, но на самом деле возможны и 16 QAM или 64 QAM созвездие, которые определены в стандартах системы.

В заключение можно сказать, что оценка канала и выравнивание необходимы при появлении эффекта многолучевого замирания канала, при этом частота появления пакетных ошибок может быть снижена. Использование большего количества обучающих символов дают лучшие результаты с точки зрения точности, но также увеличивает нагрузку.

Перечень ссылок

1. Mitsuo Nohara (2006). "IEEE 802.16/WiMAX Broadband Wireless Access", ITU-T Workshop "NGN and its Transport Networks" Kobe, 20-21 April 2006.
2. J.G. Andrews, A. Ghosh, R. Muhamed, (2007) "Introduction to Broadband Wireless, in Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking", Prentice Hall, 2007.
3. A. Roca, "Implementation of WiMAX simulator in Simulink" (2007), Engineering Institute-Vienna, February 2007.