

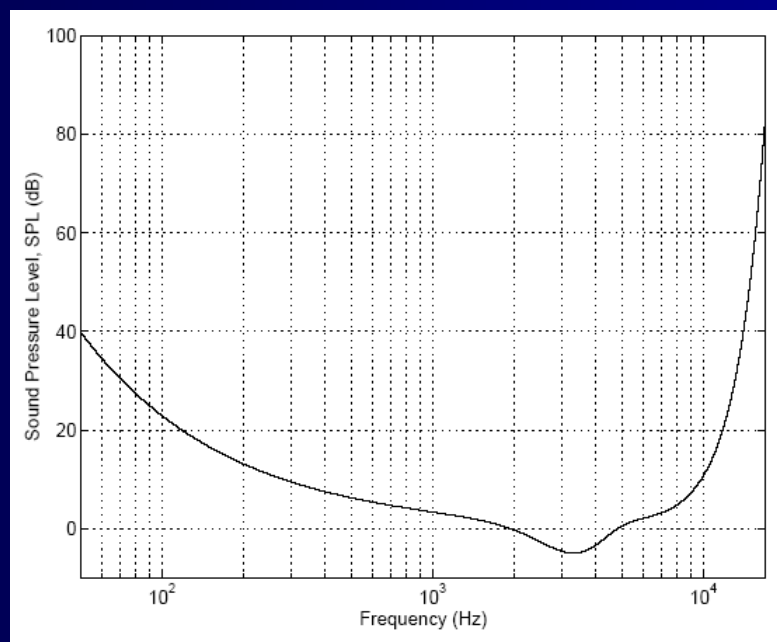
Использование спектров

Цифровой звук и видео

Лекция 4

Порог слышимости

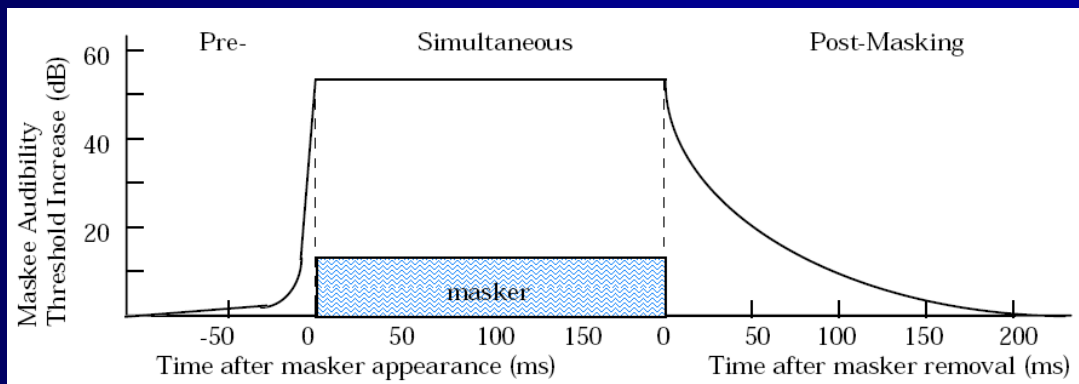
- Абсолютный порог слышимости



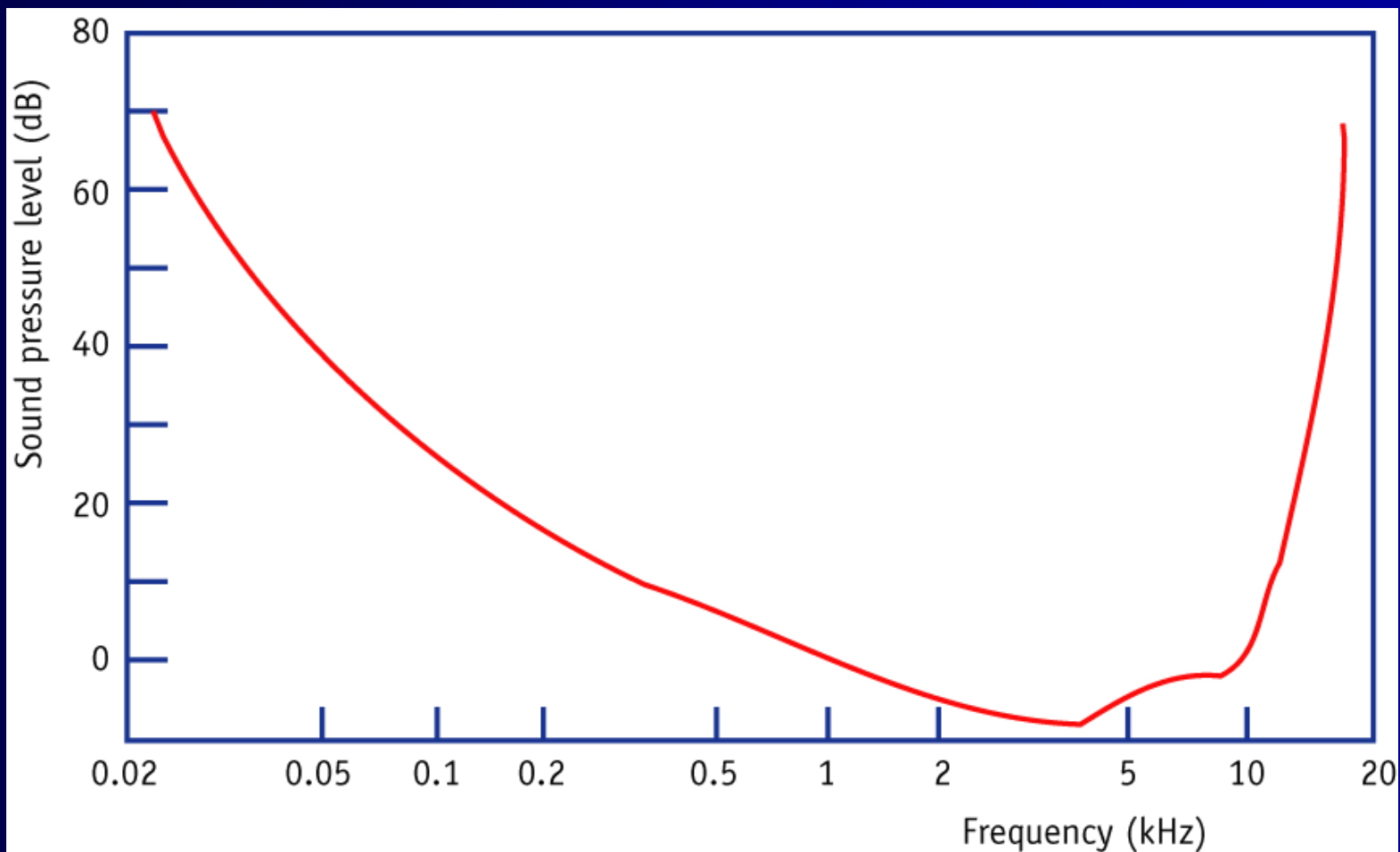
- Как соотносить уровни в звуковом файле с абсолютными уровнями звука?

Слуховая маскировка

- Сильные звуки (masker) маскируют более слабые (maskee)
 - ▶ одновременное (моноуральное) маскирование
 - ▶ временное (неодновременное) маскирование
 - ▶ центральное (бинауральное) маскирование
 - ▶ бинауральное демаскирование
 - ▶ постстимульное утомление

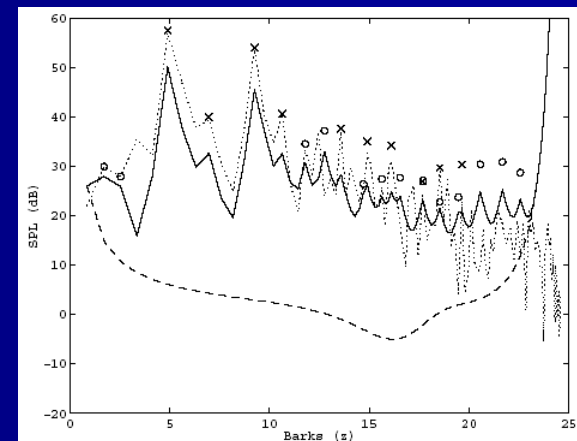
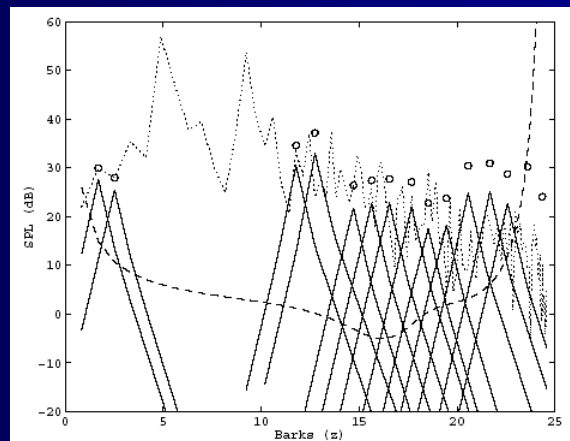
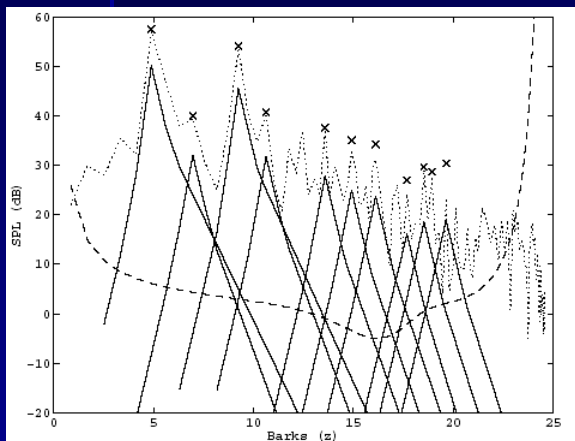


Маскирование тоном



Маскирование шумами

- Маскировка тонами, шумами и общий порог маскировки



- Шаг квантования выбирается пропорциональным порогу маскировки

Временное маскирование

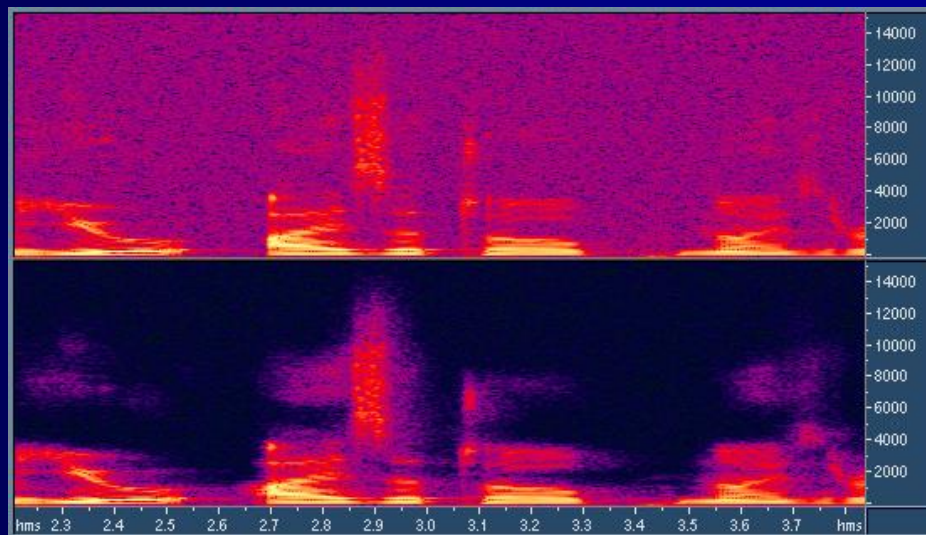
- Вид маскировки, когда сигналы не перекрываются во времени:
 - обратная маскировка
 - предшествующая маскировка
- Степень маскировки зависит от:
 - временного интервала между поступлением исследуемого сигнала и маскира * t ;
 - уровня интенсивности маскира, дБ;
 - длительности воздействия маскира * (мс)

Стационарные шумы

- Аддитивный шум

$$\text{dirty}[n] = \text{clean}[n] + \text{noise}[n]$$

Шум предполагается стационарным,
т.е. не меняющимся во времени (средняя мощность, спектр)



Метод спектрального вычитания

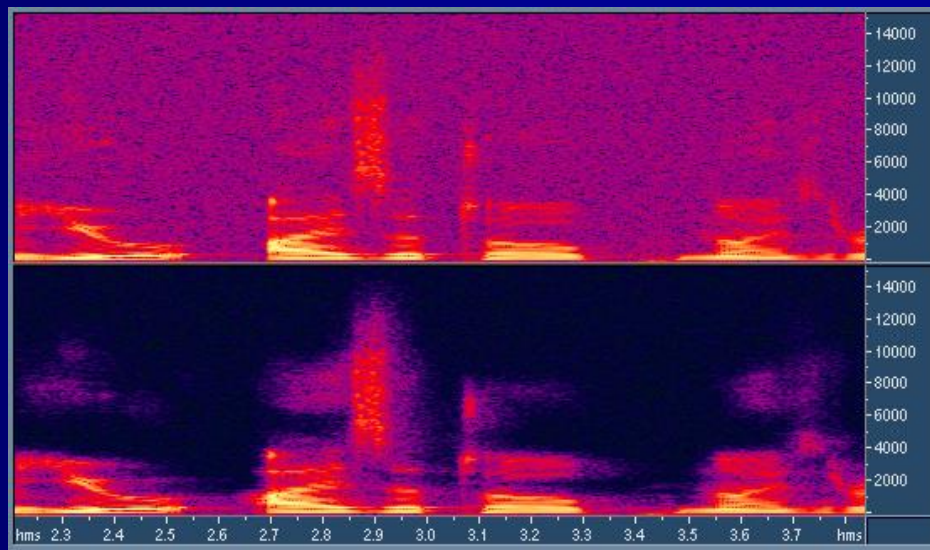
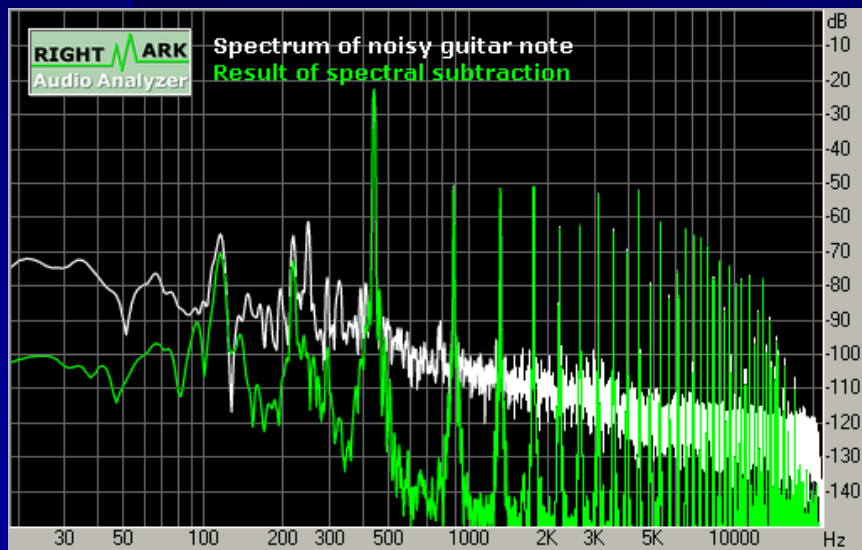
Шумоподавление

- Общий принцип подавления
 - Преобразование, компактно локализирующее энергию (energy compaction)
 - Модификация коэффициентов преобразования (подавление коэффициентов, соответствующих шуму)
 - Обратное преобразование (восстановление очищенного сигнала)

Спектральное вычитание

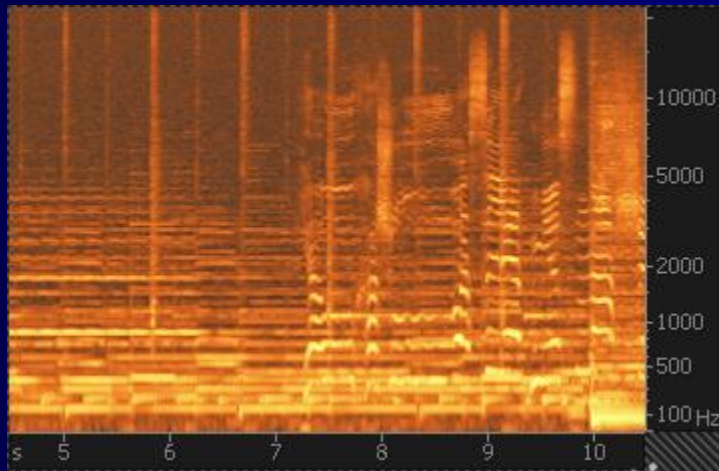
- Спектральное вычитание для аудиосигналов
 1. STFT
 2. Оценка спектра шума по участку без полезного сигнала
 3. «Вычитание» спектра шума из спектра сигнала
 4. Обратное STFT

Spectral Subtraction,
Short-Time Spectral Attenuation

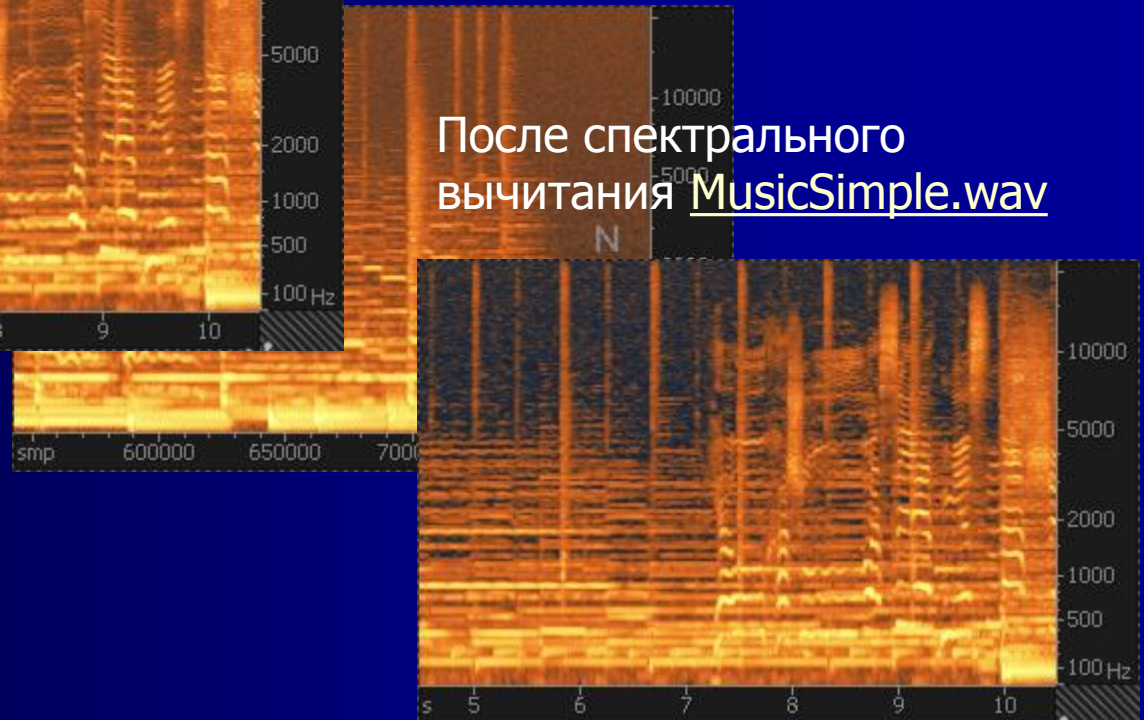


Устранение шума

Спектрограмма зашумленного сигнала Music.wav



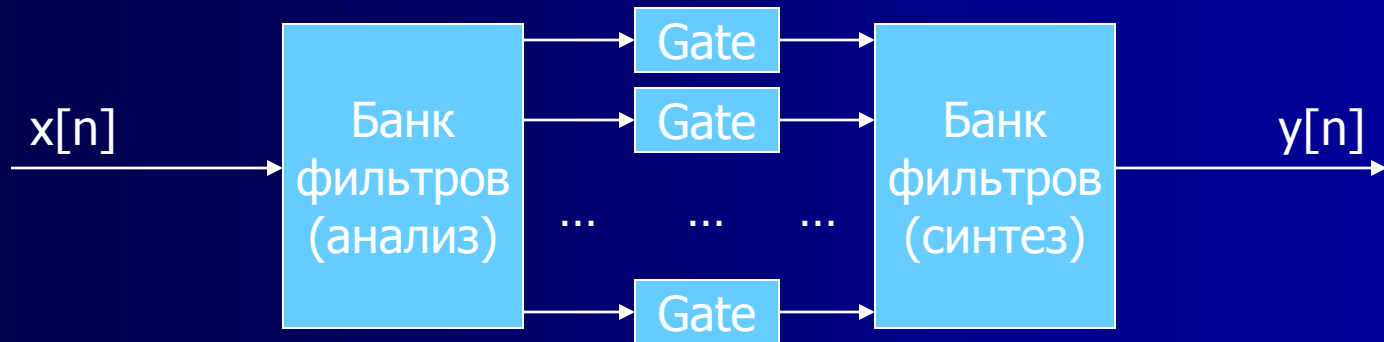
После спектрального вычитания MusicSimple.wav



Шумоподавление

■ Многополосная интерпретация

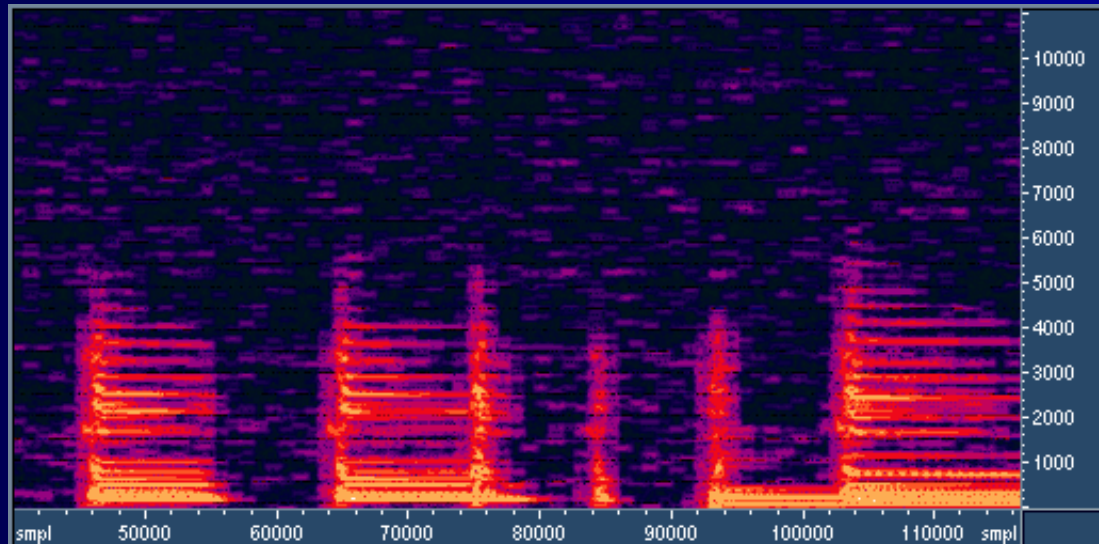
Гейт (gate) – устройство, подавляющее тихие сигналы (громкие пропускаются без изменения)



Пороги срабатывания гейтов зависят от уровня шума в каждой частотной полосе

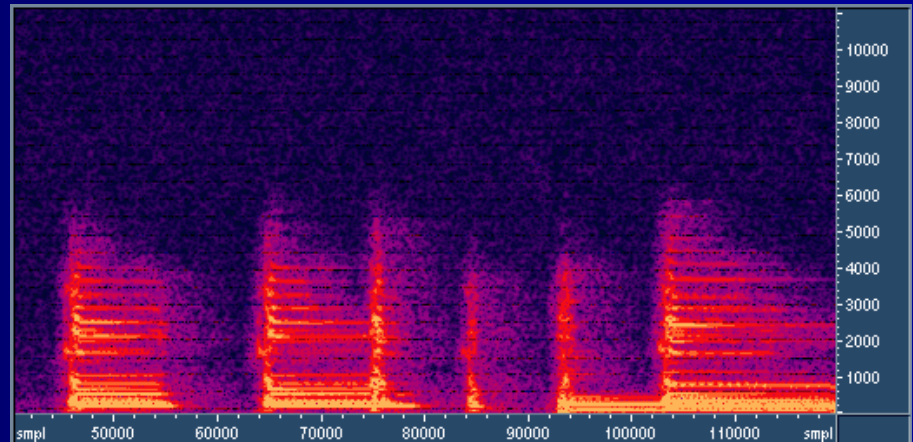
Музыкальный шум

- Шум случаен, его спектр тоже случаен → случайные по частоте и времени превышения порога: *musical noise*



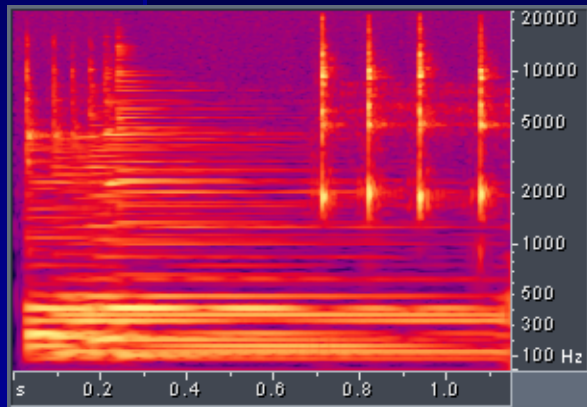
Шумоподавление

- Музыкальный шум: методы борьбы
 - ▶ Завышение порога (*недостаток – теряем больше сигнала*)
 - ▶ Ограничение $G(f, t)$ снизу (*чтобы музыкальный шум маскировался естественным шумом*)
 - ▶ Увеличение времени срабатывания гейтов (*при слишком сильном увеличении получается шумовое эхо и смазываются атаки в сигнале*)
 - ▶ Сглаживание $G(f, t)$ по времени или по частоте

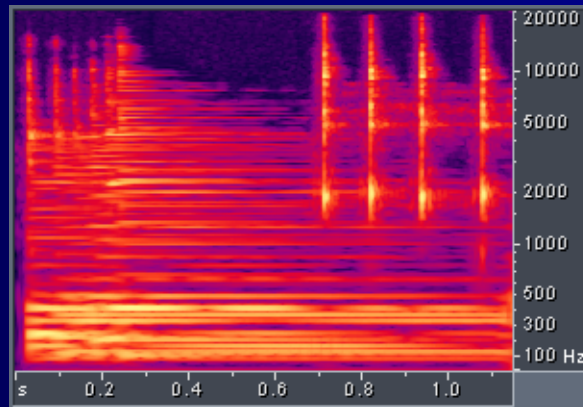


Спектральное вычитание

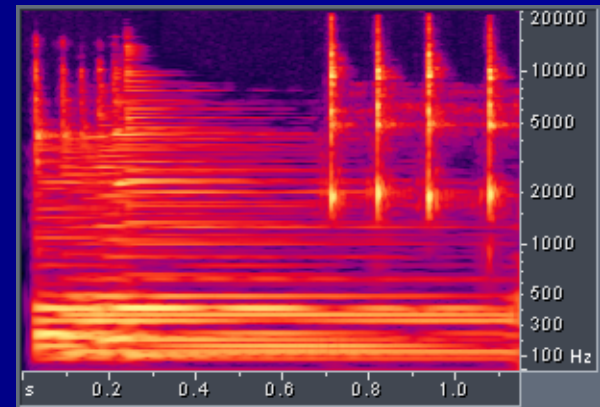
- Эффекты частотно-временного разрешения
 - ▶ Эффект Гиббса (размытие транзиентов)
 - ▶ Недостаточное частотное разрешение



Зашумленный сигнал

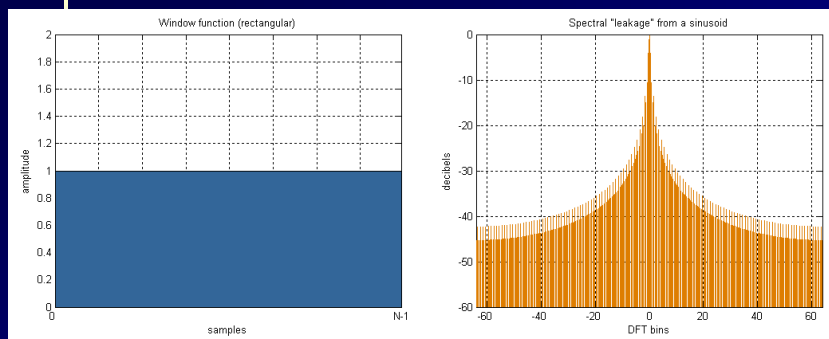


Размер окна 50 мс

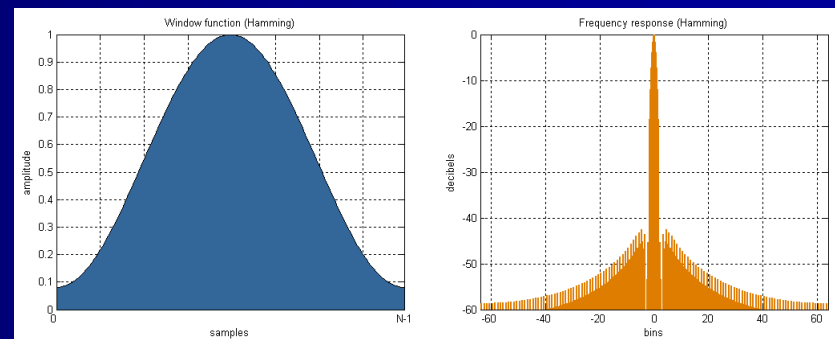


Адаптивное разрешение

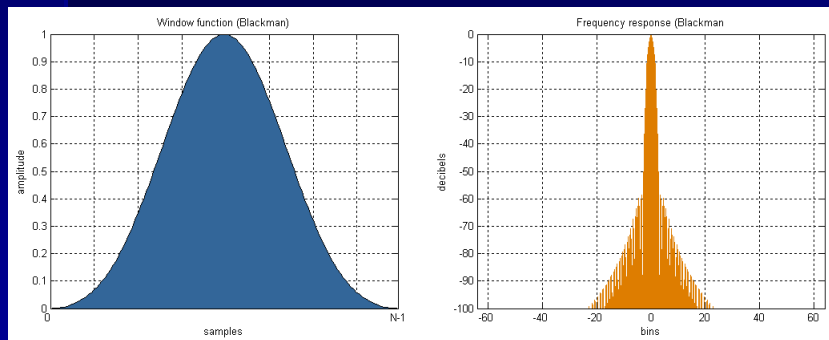
Весовые окна



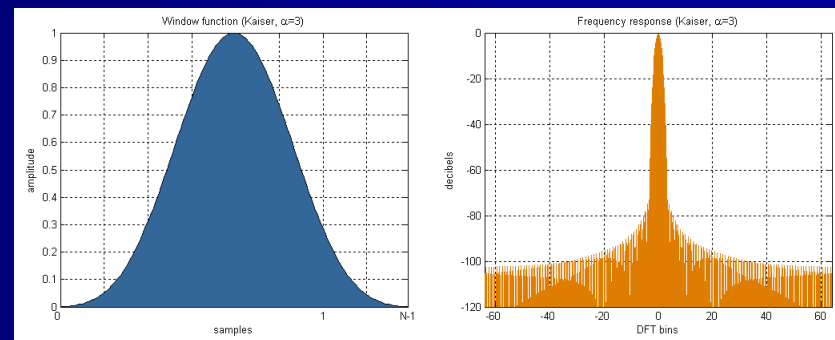
Прямоугольное (нет окна)



Hamming



Blackman



Kaiser

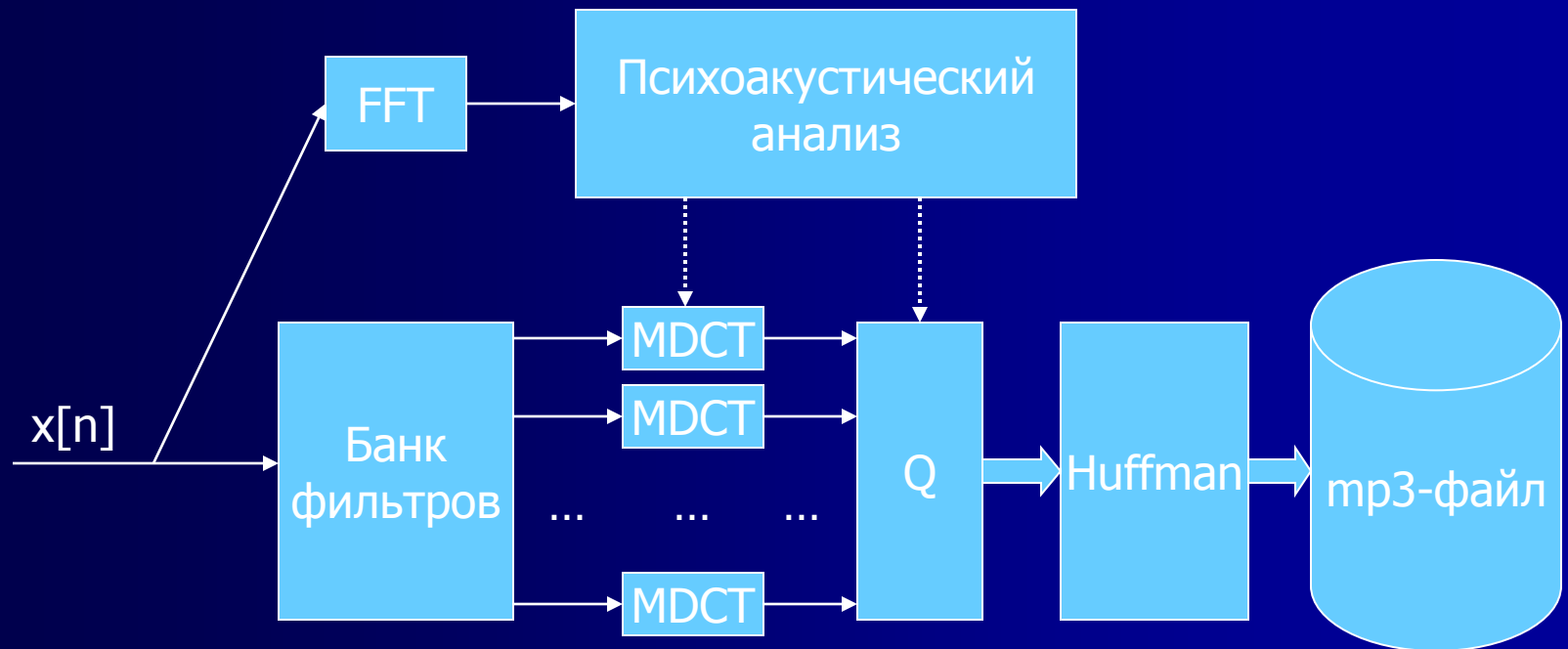
Формулы и картинки: http://en.wikipedia.org/wiki/Window_Function

Алгоритм сжатия

- разделение сигнала на частотные полосы (обычно 32)
- вычисление среднего уровня в каждой полосе с определением *порога маскировки*
- отбрасывание полосы при меньшем уровне сигнала
- квантование с меньшим числом бит для остальных полос

Сжатие mp3

- Кодирование аудиоданных с потерями



Компрессия mp3

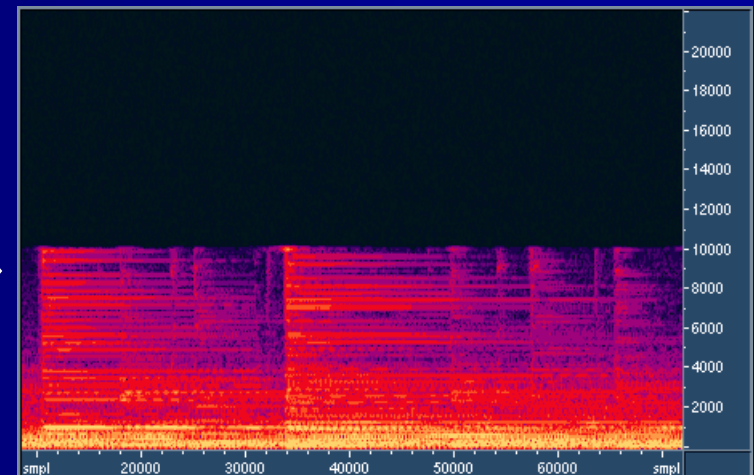
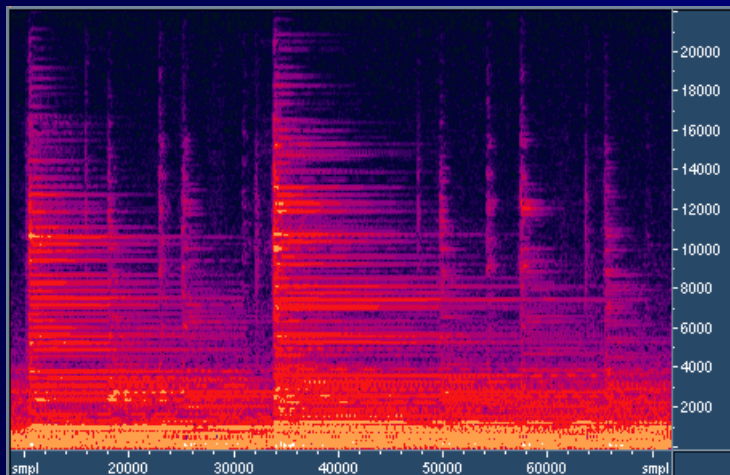
Деконволюция

- Восстановление (хотя бы приближенное) исходного сигнала по свернутому
- Для деконволюции нужно построить фильтр (восстанавливающий), с обратной искажающему устройству частотной характеристикой

Расширение частотного диапазона

■ Задача расширения

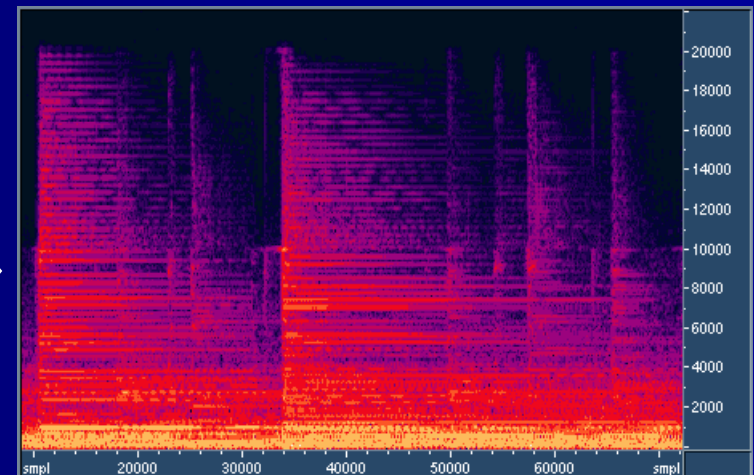
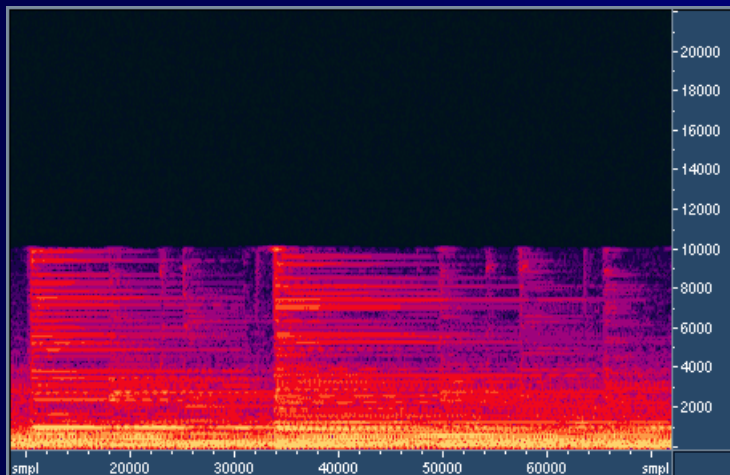
- Дано аудио, обработанное НЧ-фильтром (*т.е. без высоких частот, например – после mp3-компрессии*)
- Нужно достроить высокие частоты, основываясь только на НИЗКИХ (*или, возможно, на дополнительной информации о ВЧ, закодированной в потоке*)



Расширение частотного диапазона

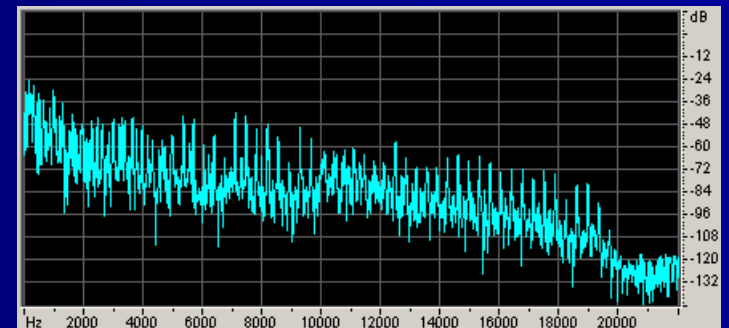
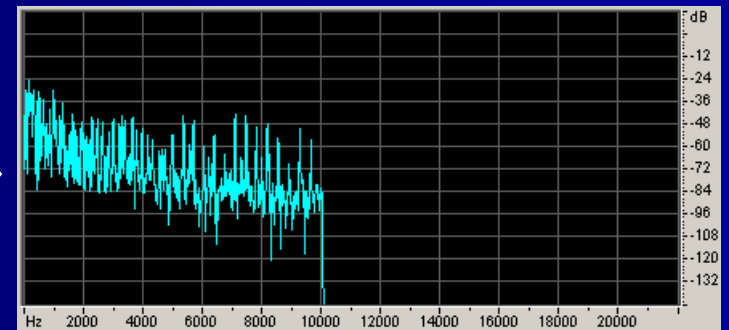
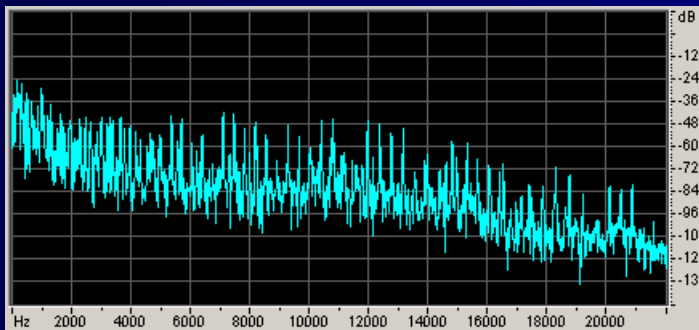
■ Метод

1. Сгенерировать грубое приближение высоких частот по НИЗКИМ (методы *spectral replication*, *distortion*, *vocoder+resampling*)
2. Придать грубому приближению желаемую форму (продолжение низких частот по энергии, степени тональности и т.д.) — здесь используем банки фильтров



Расширение частотного диапазона

■ Эксперименты



Линейное продолжение
общей формы низких частот

Пред-эхо

- Pre-echo (pre-ringing)

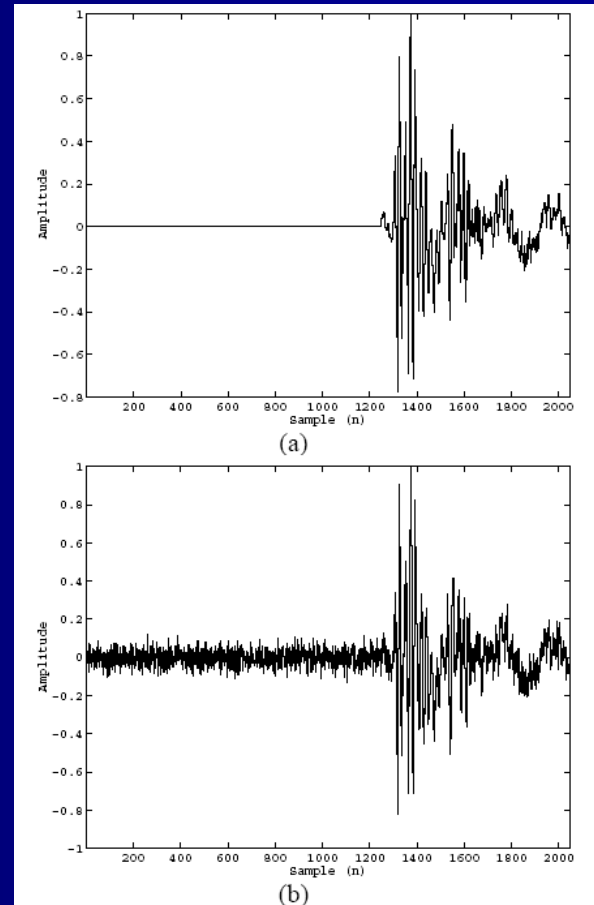
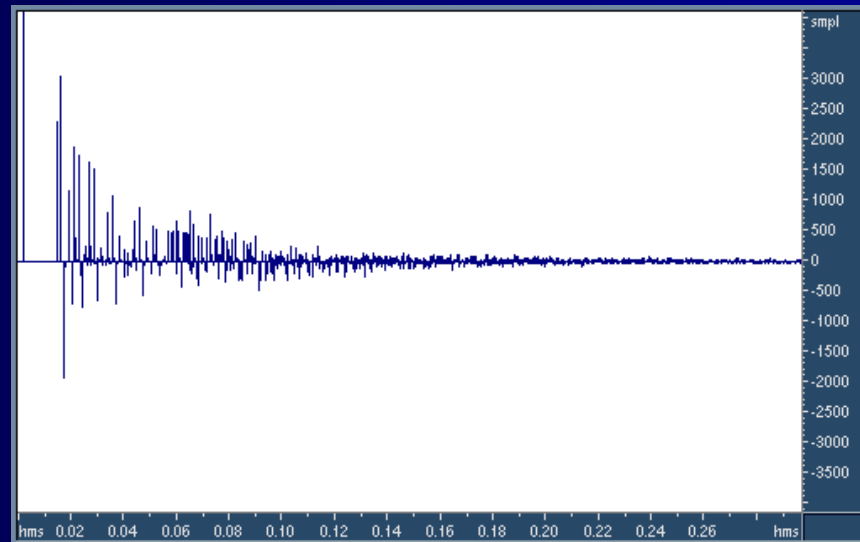


Fig. 8. Pre-Echo Example: (a) Uncoded Castanets. (b) Transform Coded Castanets, 2048-Point Block Size

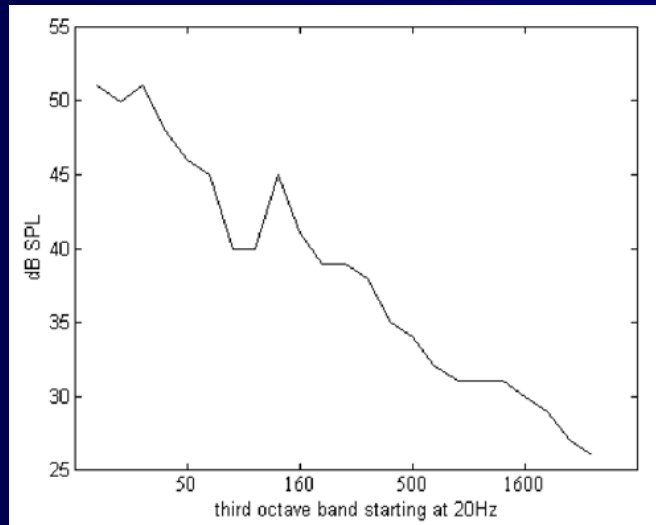
Реверберация

- Импульсный отклик помещения
- Реверберация: прямой звук, ранние и поздние отражения

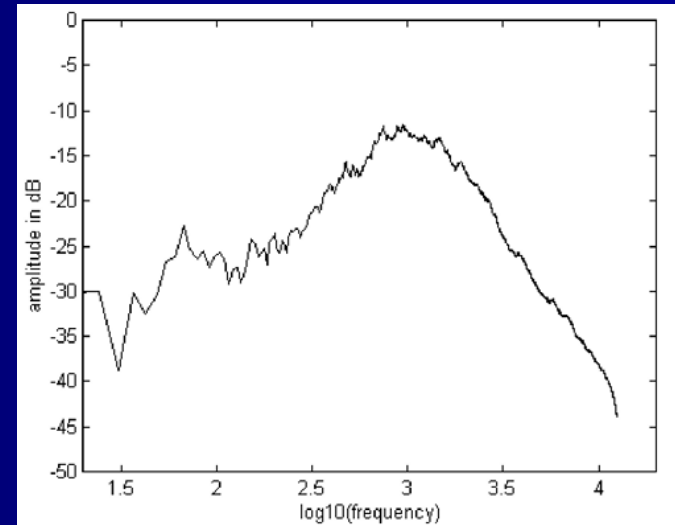


Измерение реверберации

- Способы измерения импульсного отклика:
 - ▶ Единичный импульс (*плохое соотношение сигнал/шум*)
 - ▶ Звук стартового пистолета / лопающегося воздушного шарика (*неровный спектр, маленькая энергия на НЧ*)



Шум измеряемого зала

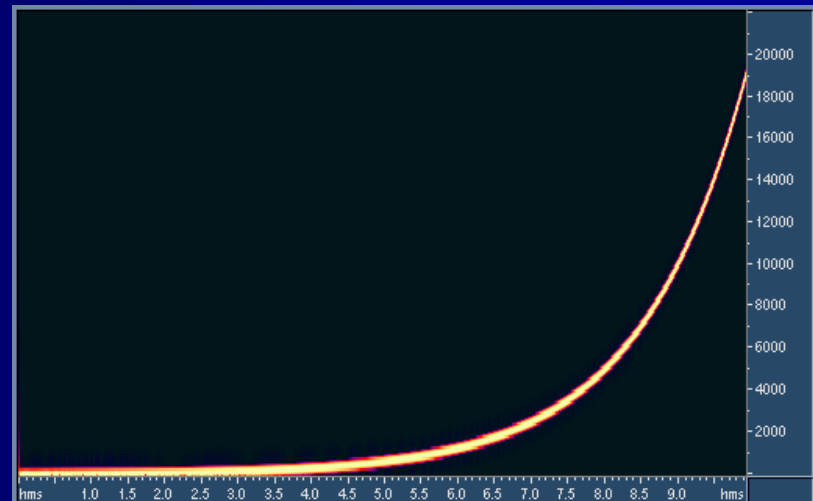


Стартовый пистолет

Измерение реверберации

- Способы измерения импульсного отклика:
 - ▶ Белый шум, MLS-последовательности (*чувствительны к нелинейным искажениям*)
 - ▶ «Плавающий синус» (swept sine)

- Деконволюция



Плавающий синус

**Цикл лекций подготовлен в 2008/2009 уч.году
Кузнецовым Игорем Ростиславовичем,
профессором кафедры режиссуры мультимедиа
Санкт-Петербургского
Гуманитарного университета профсоюзов**

Прочитан в дисциплине
«Цифровой звук и видео»

©Кузнецов И.Р.