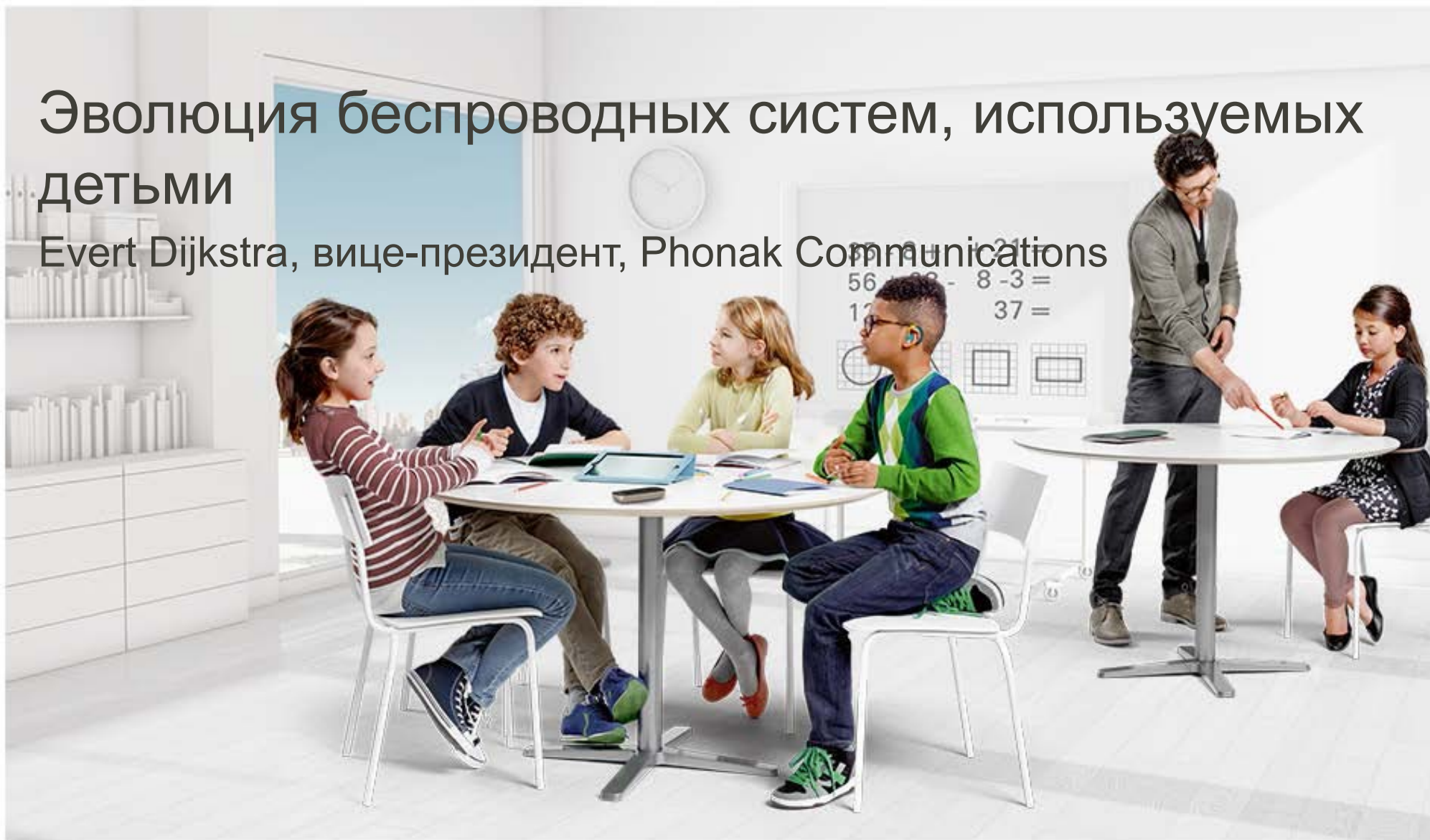


Эволюция беспроводных систем, используемых детьми

Evert Dijkstra, вице-президент, Phonak Communications



Беспроводные системы для детей с тугоухостью появились около 50 лет назад



Основные принципы не изменились.
Зато изменились внешний вид,
эффективность, удобство и простота
использования.

Mark Ross (Конференция по доступной среде, Чикаго, 2003):

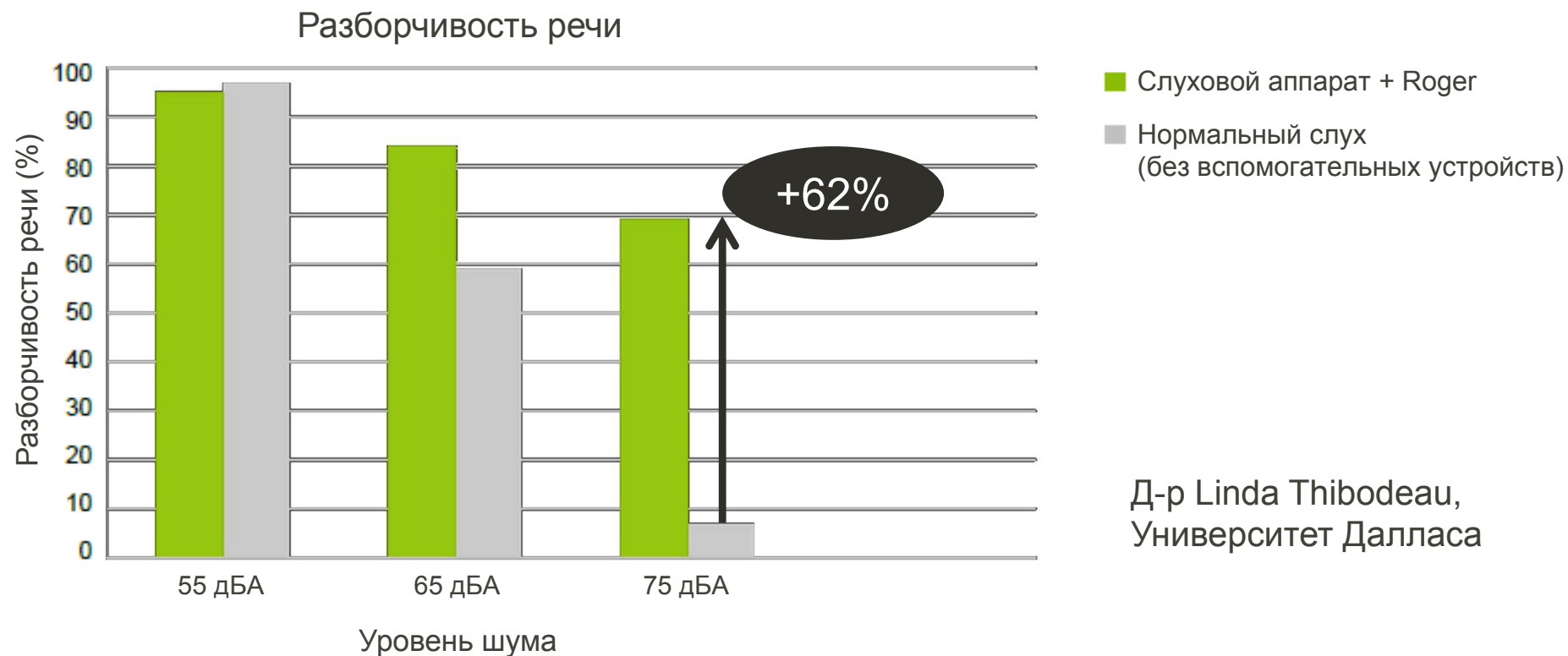
- FM-системы – самое значимое из когда-либо созданных средств для обучения детей с нарушениями слуха
- Единственный наиболее эффективный способ повышения отношения сигнал-шум (ОСШ)
- Важнейший фактор понимания речи
- Играет решающую роль у взрослых, но еще более важен для речезыкового развития детей с нарушениями слуха

50 лет спустя...



Показатель использования этих систем детьми постоянно растет
(от младших детей до подростков, от англоговорящих стран до всего мира)

Эффективность современных беспроводных систем



Люди с тугоухостью понимают речь на 62% лучше людей с нормальным слухом

Беспроводные системы, предназначенные для применения в учебных заведениях, обеспечивают:



Отсутствие
проблем

Максимальную
эффективность

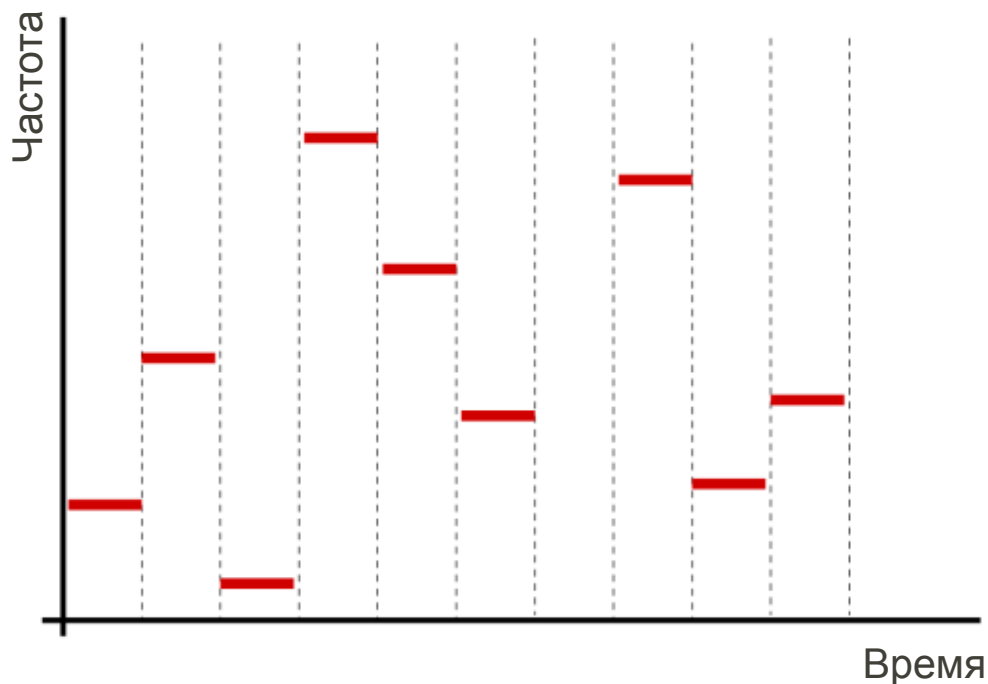
Полную
совместимость

Усложняем, чтобы упростить!!

Отсутствие проблем

- Адаптивная технология скачкообразной перестройки частоты
- Простое подключение приемников и передатчиков
- Удобные интерфейсы

Принцип скачкообразной перестройки частоты

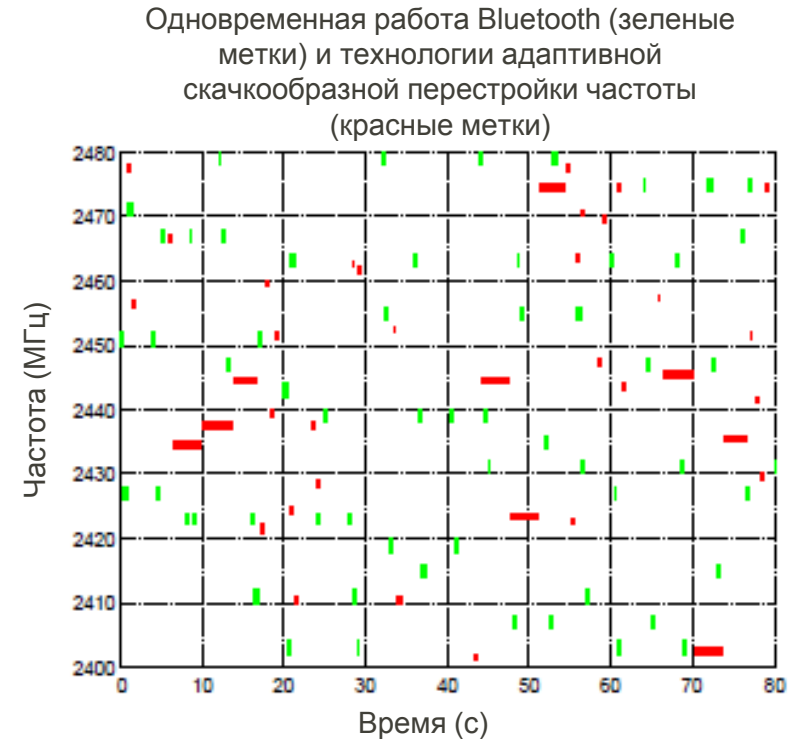
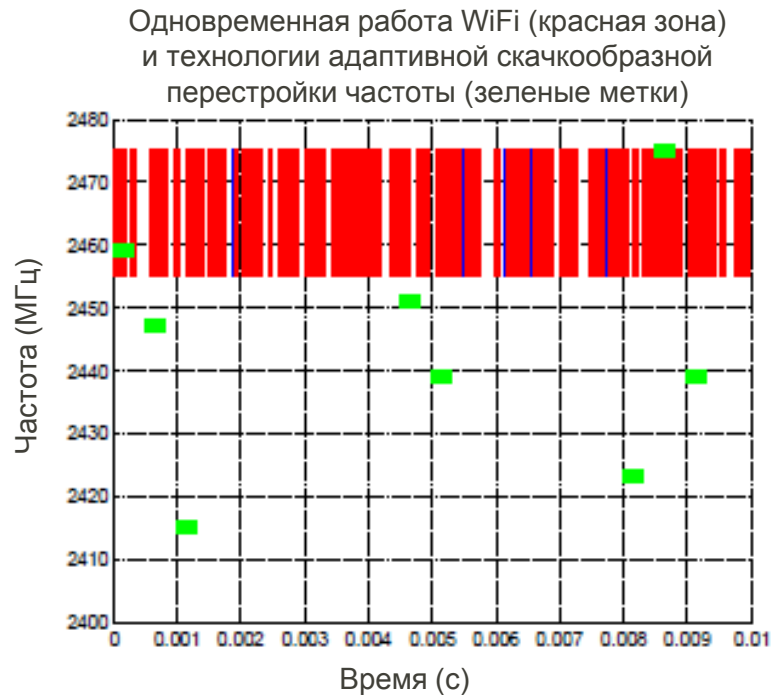


Скачкообразная перестройка частоты

- Скачкообразная перестройка частоты:
 - Псевдослучайное изменение частоты каждого пакета
- Адаптивная скачкообразная перестройка частоты:
 - Использование предпочтительных частот путем динамической адаптации последовательности перестройки частот
- Разные пользователи:
 - Применение различных псевдослучайных последовательностей

Скачкообразная перестройка частоты делает ненужным выбор канала

Уменьшение помех

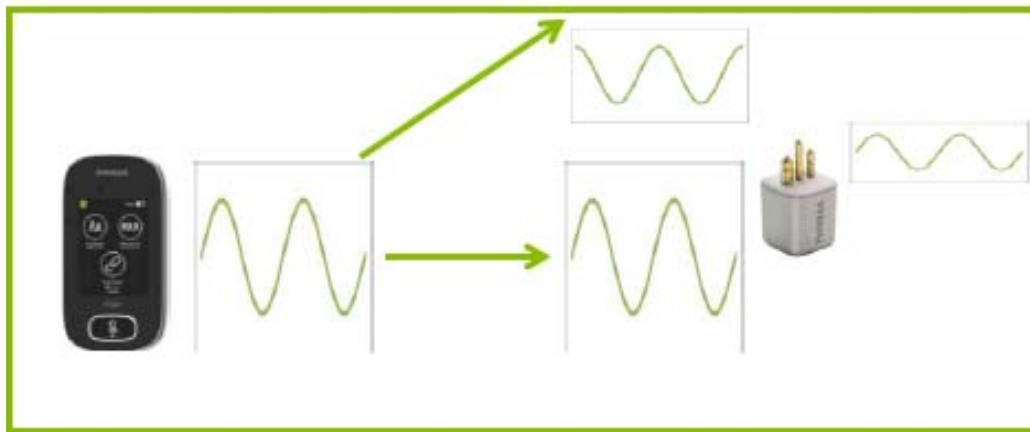
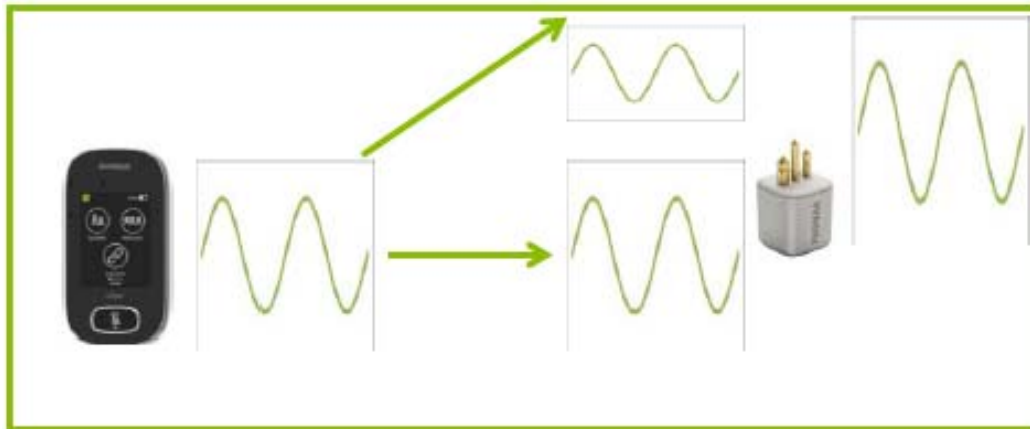


Адаптивная скачкообразная перестройка частоты (Bluetooth, Roger) – наилучший выбор

- Передатчик(и) непрерывно проверяет наличие WiFi
- Приемник(и) непрерывно подсчитывают количество поврежденных пакетов
- Передатчик(и) и приемник(и) регулярно обмениваются данными, что позволяет избегать занятых частотных диапазонов

Гораздо эффективнее систем, использующих постоянные частотные каналы

Многопутевое затухание

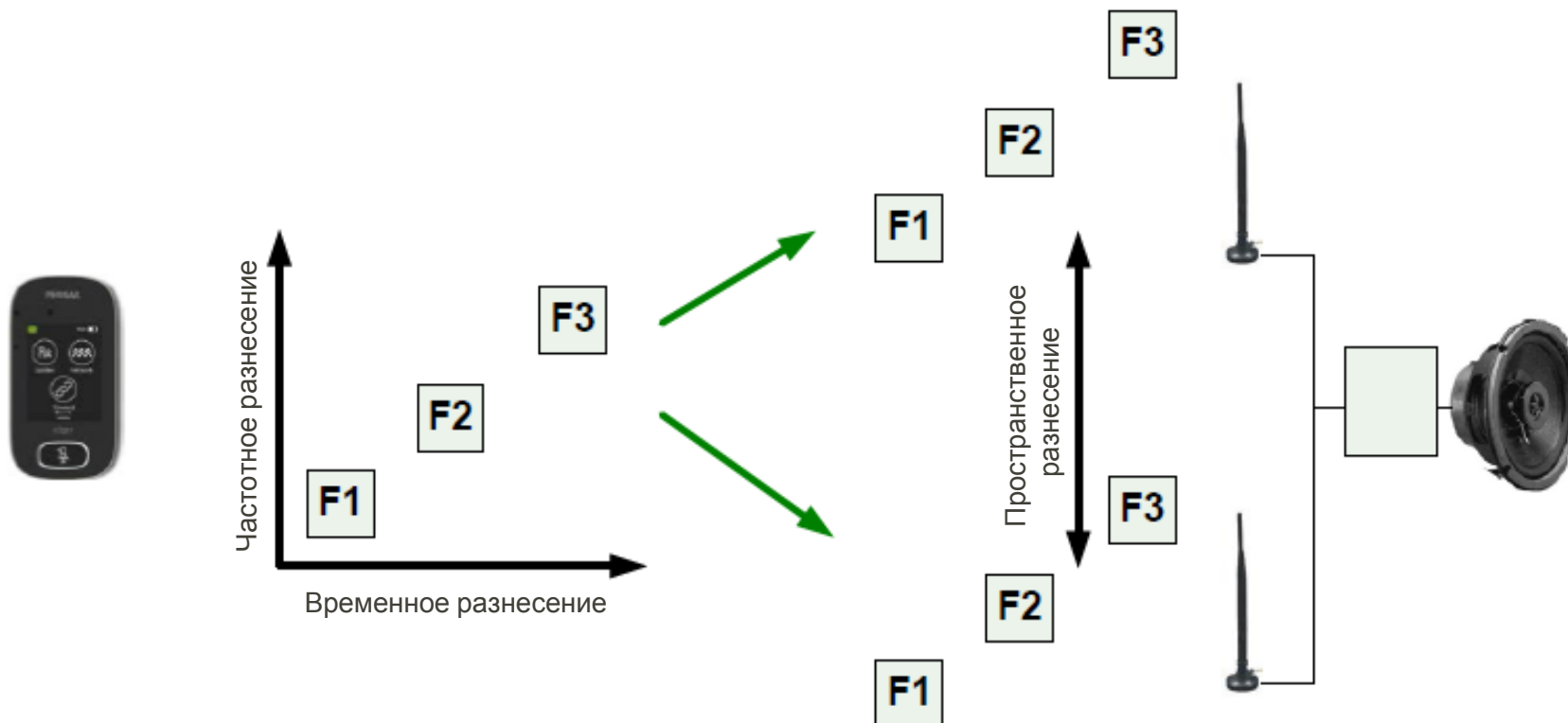


При разработке систем необходимо учитывать многопутевое затухание

Системы, использующие скачкообразную перестройку частоты, работают на частоте 2,4 ГГц. Последствия:

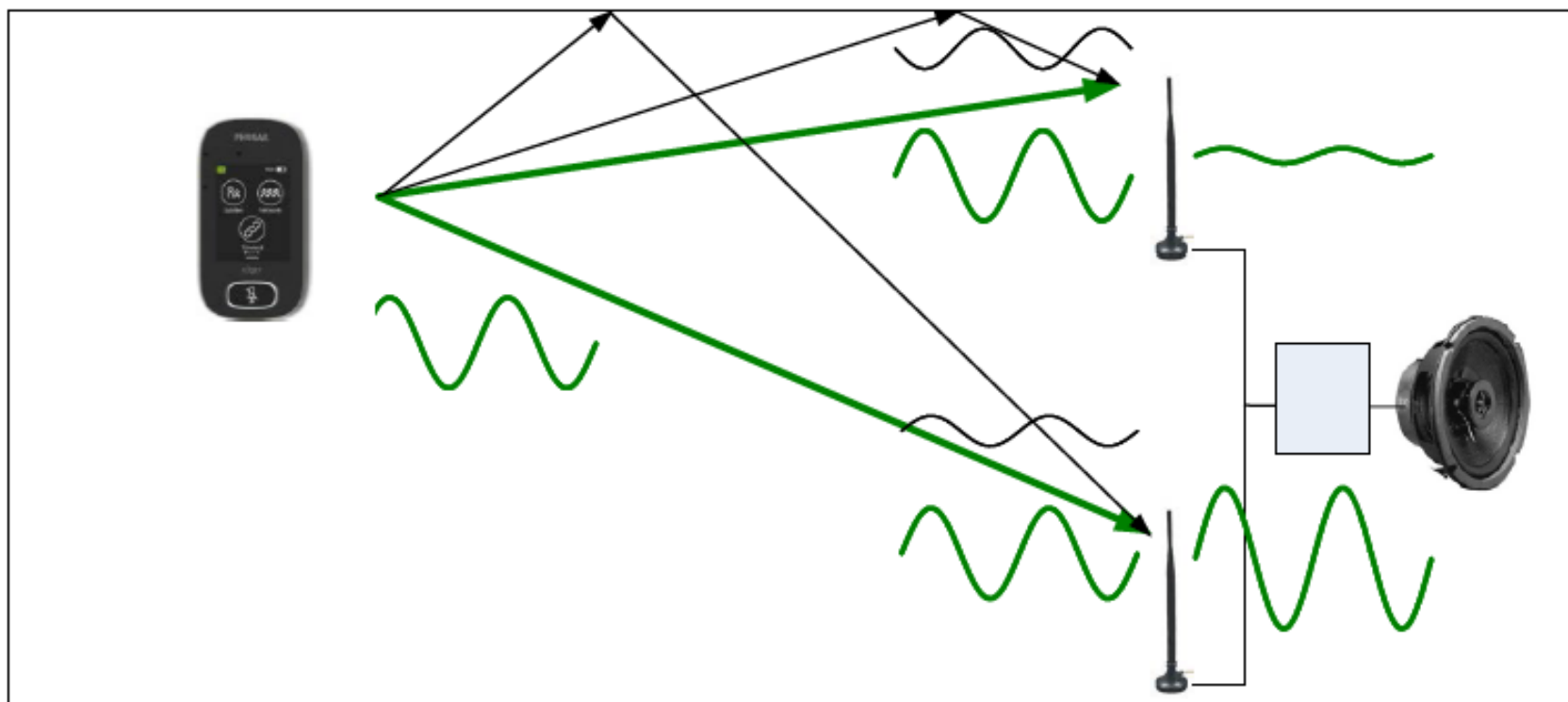
- Феномен многопутевого затухания
 - Отраженные от стен сигналы могут складываться, если они поступают в приемник синфазно (верхний рисунок), или затухать, если они поступают в приемник разнофазно (нижний рисунок)
- Плохая передача сигнала сквозь стены
- Меньший радиус действия на открытом пространстве из-за отсутствия сложения отраженных синфазных сигналов (см. выше)

Временное, частотное и пространственное разнесение



Для преодоления многопутевого затухания необходимо передавать один и тот же сигнал на разных частотах и в разное время, а также пользоваться двумя пространственно разнесенными принимающими устройствами

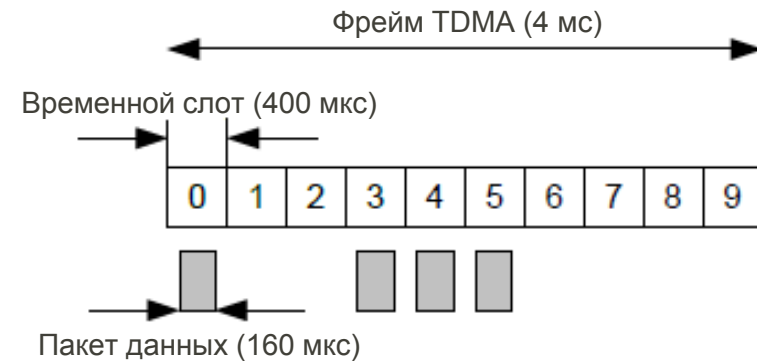
Roger: применение пространственного разнесения



Используется в Roger SoundField. Неприменимо к миниатюрным приемникам, подключаемым к слуховым аппаратам

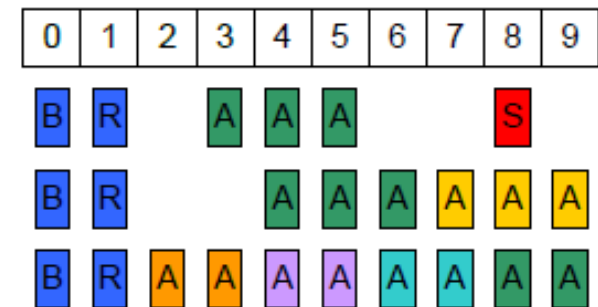
Протокол Roger

- Множественный доступ с временным разделением (TDMA)



- Гибкое разделение слотов на звуковые слоты и управляющие слоты

- Один или более звуковых потоков
- Выбор направления звукового потока
- Выбор качества звукового потока
- Двухнаправленное управление

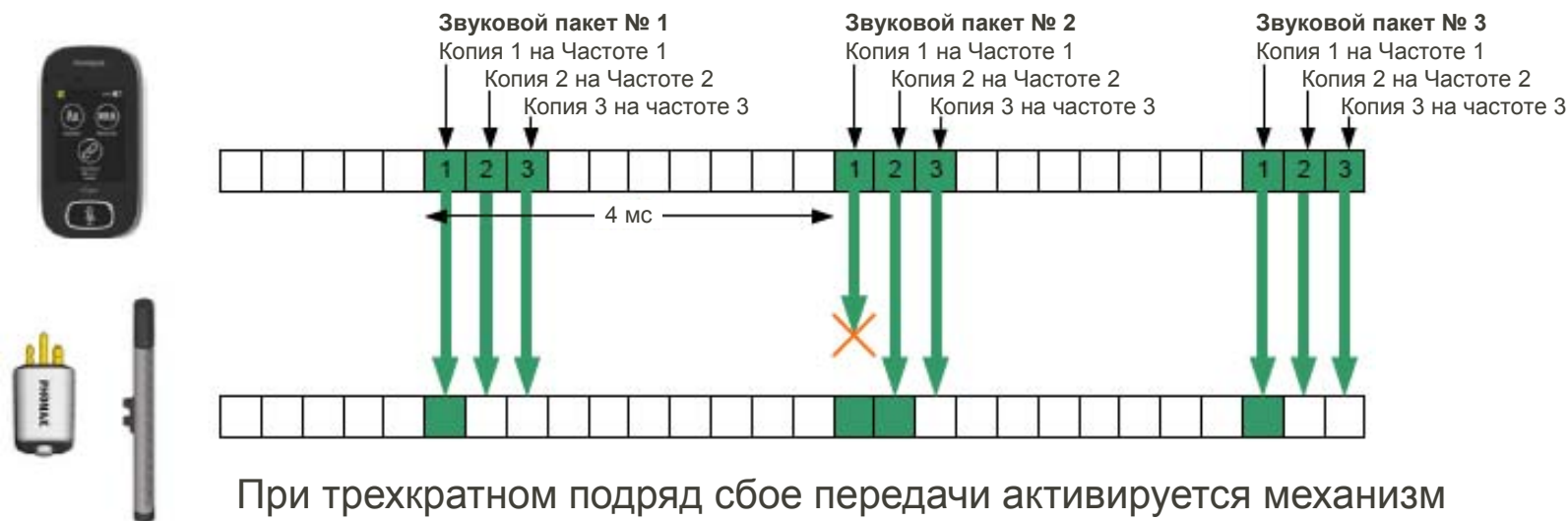


Синие прямоугольники – служебные данные об устройствах и качестве связи

Зеленые прямоугольники – звуковые пакеты, повторяемые трижды на трех разных частотах в разные временные промежутки

Протокол Roger: надежная связь, основанная на временном и частотном разнесении

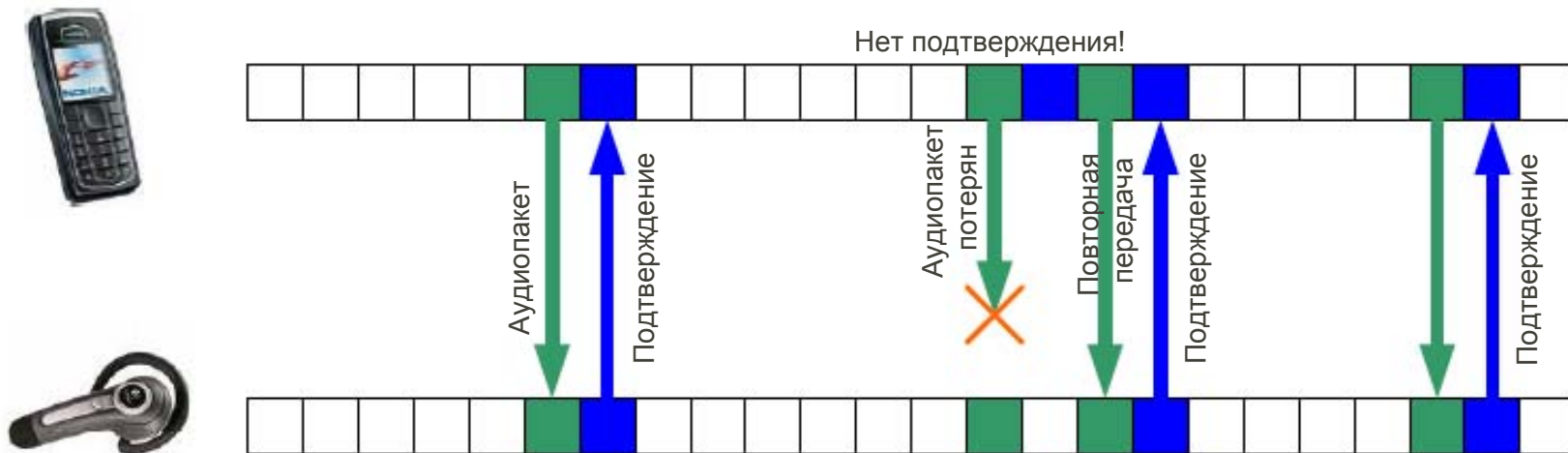
- **Повторная передача** пакетов на **разных частотах** без запроса приемника
- 32 байта в пакете, 64 кб/с. Результат: **полоса пропускания аудиосигнала 8 кГц** с кодеком G722
- **Малая задержка (латентность)**
- **Гибкая двунаправленная связь**, позволяющая осуществлять звуковую трансляцию
- **Низкое энергопотребление** на уровне приемника



При трехкратном подряд сбое передачи активируется механизм **компенсации потери пакетов**, основанный на экстра- и интерполяции предшествующих и последующих пакетов. Задержка не превышает 10 мс.

Сравнение с Bluetooth (протокол "Headset" – гарнитура)

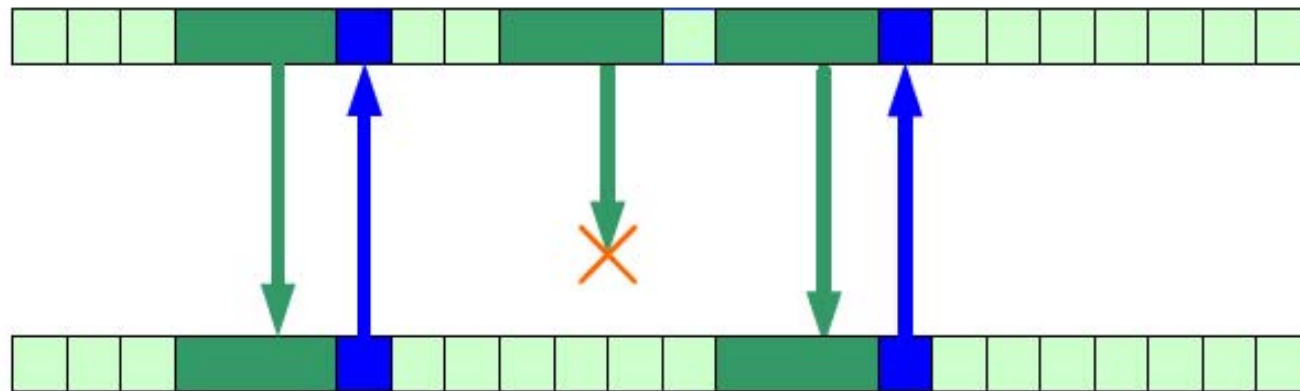
- Повторная передача пакетов **при отсутствии подтверждения приема**
- Полоса пропускания аудиосигнала: **4 кГц**
- **Малая задержка** (10-15 мс)
- Ограниченное число принимающих устройств (**не более трех**)
- **Высокое энергопотребление** на уровне приемника



Если приемник не подтвердил (синие стрелки) получение пакета, передатчик посылает его повторно

Сравнение с Bluetooth (протокол A2DP – потоковая передача аудиосигнала)

- Повторная передача пакетов **при отсутствии подтверждения приема**
- Полоса пропускания аудиосигнала: **20 кГц**
- **Большая задержка** (~100 мс)
- Ограниченное число принимающих устройств (**не более одного**)
- **Намного более высокое энергопотребление** на уровне приемника



Сопряжение и подключение устройств "в один щелчок"



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
В	Р		А	А	А			С	
В	Р			А	А	А	А	А	А
В	Р	А	А	А	А	А	А	А	А

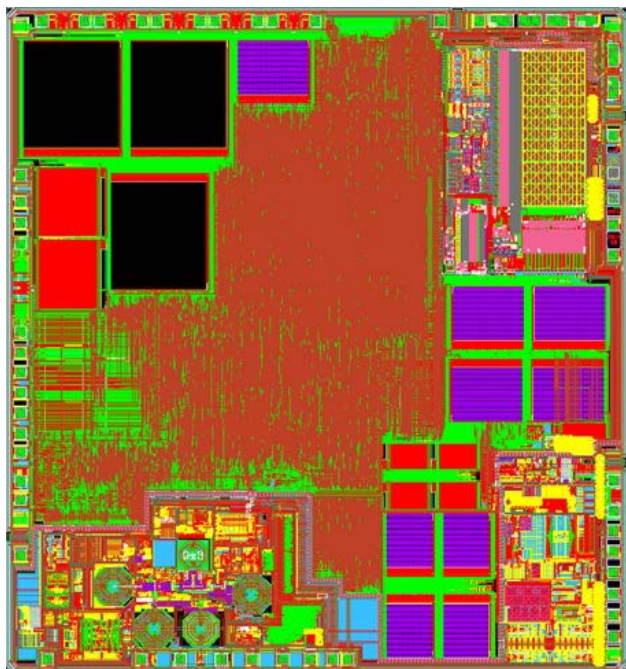
Первый слот

- Содержит список устройств, входящих в сеть
- "Мастер" передает псевдо-случайный код на все устройства, входящие в сеть
- Служит "маяком"

Второй слот

- Содержит информацию о состоянии устройств
- Содержит статистику качества связи

Главный компонент: крошечный микропроцессор,
специально созданный для людей с нарушенным слухом



Микропроцессор, содержащий 6 миллионов транзисторов, используется во всех приемниках и передатчиках

Технология передачи сигнала: заключение

1. Псевдослучайная скачкообразная перестройка частоты
 - Практически неограниченное число пользователей
 - Отсутствие помех
 - Оптимизировано для передачи высококачественного аудиосигнала с низкими энергозатратами
2. Отличия от Bluetooth
 - Возможность сопряжения одного передатчика с неограниченным числом приемников.
 - Не требует подтверждения приема пакета приемником (экономия энергии!)
 - Меньшая задержка (10 мс) и более широкая полоса пропускания аудиосигнала (8 кГц)
3. Подключение
 - Одним щелчком
 - Связь с неограниченным числом приемников
 - Связь с большим числом передатчиков



röger



Беспроводные системы, предназначенные для применения в учебных заведениях, обеспечивают:



Отсутствие проблем

Максимальную эффективность

Полную совместимость

Усложняем, чтобы упростить!!

Максимальная эффективность

- Адаптивное функционирование
- Контекстная обработка сигнала
- Многопользовательские сети

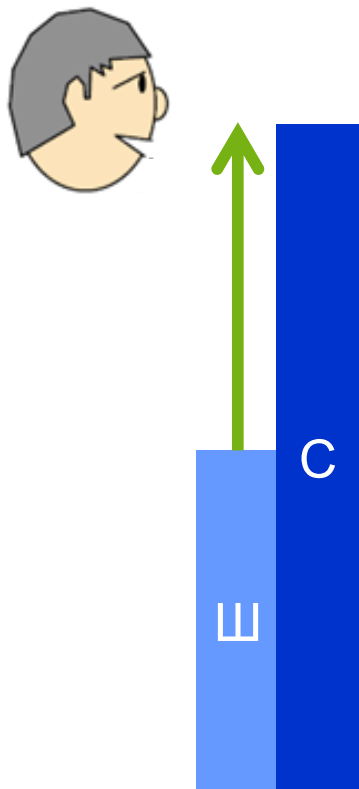
Максимальная эффективность: кратко о сложном

Повышение ОСШ в условиях сильного окружающего шума путем:

- 1. Расположения** микрофона вблизи **источника речи**
- 2. Оптимизации** ОСШ вблизи источника речи благодаря **направленности**
- 3. Адаптивного** смешения сигналов беспроводного микрофона и микрофона слухового аппарата, подразумевающего повышение усиления приемника Roger при повышении уровней окружающего шума
- 4. Снижения** усиления в отсутствие речевого сигнала

Принцип адаптивного смещения: без беспроводной системы

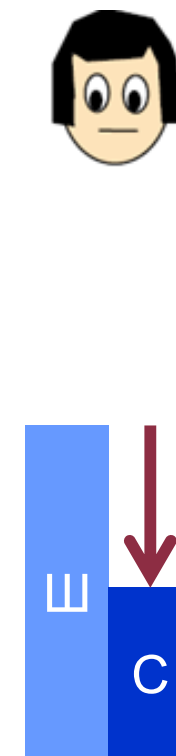
Говорящий



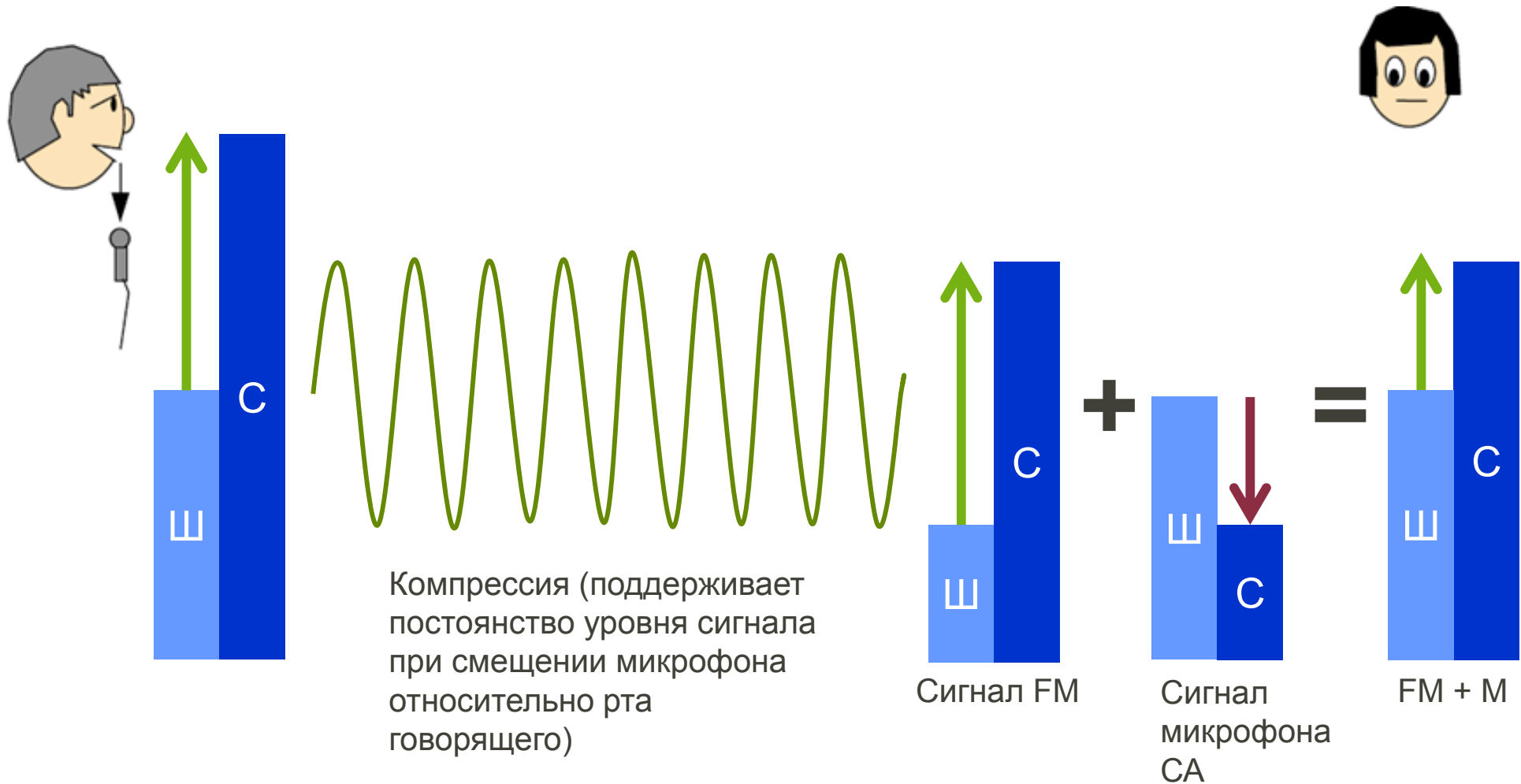
В первом приближении:

- **Шум** в позиции говорящего и слушающего одинаков
- **Сигнал** в позиции слушающего ослабевает на 6 дБ с каждым удвоением расстояния
- Отношение **сигнал-шум** становится отрицательным

Слушающий

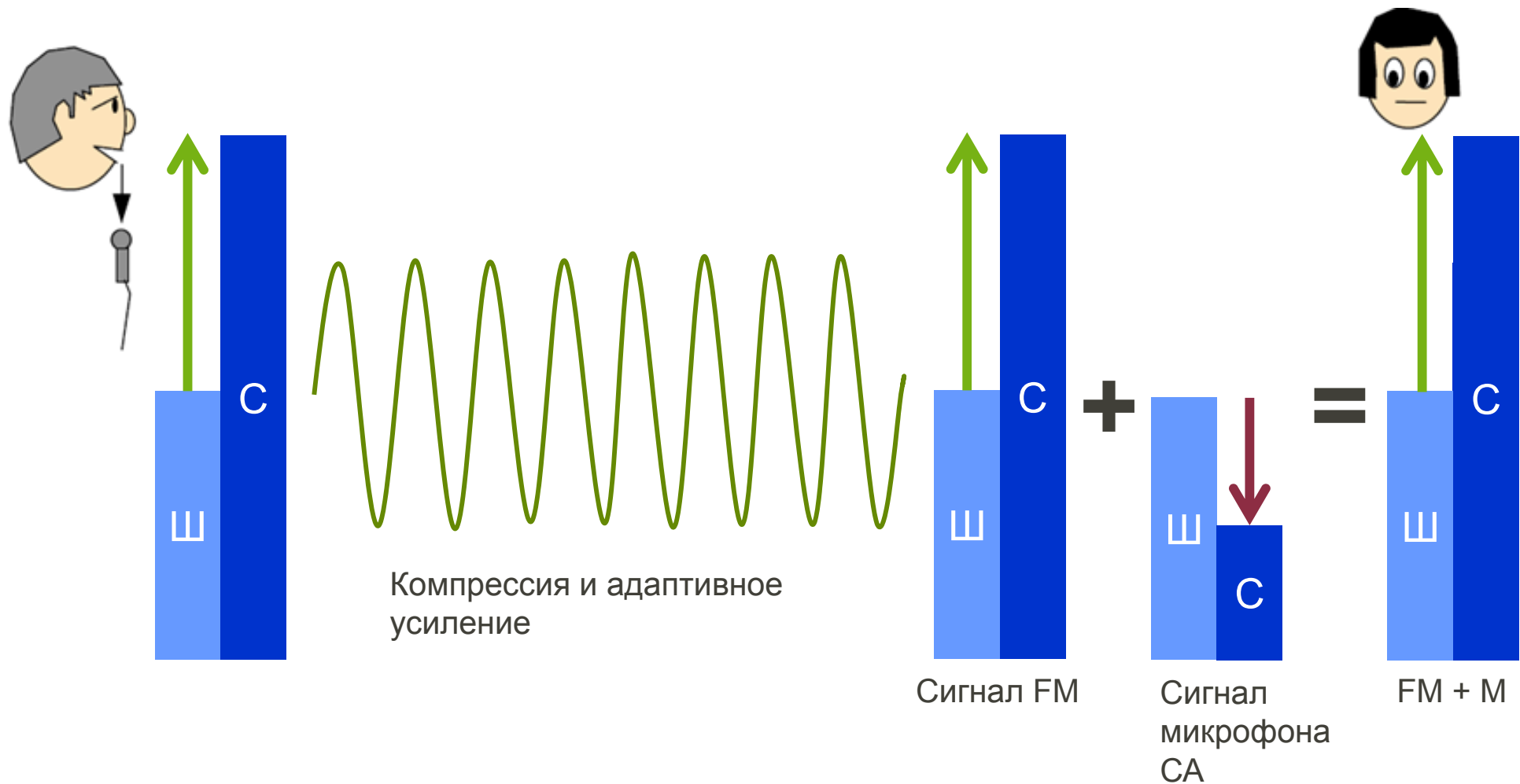


ОСШ с неадаптивной системой



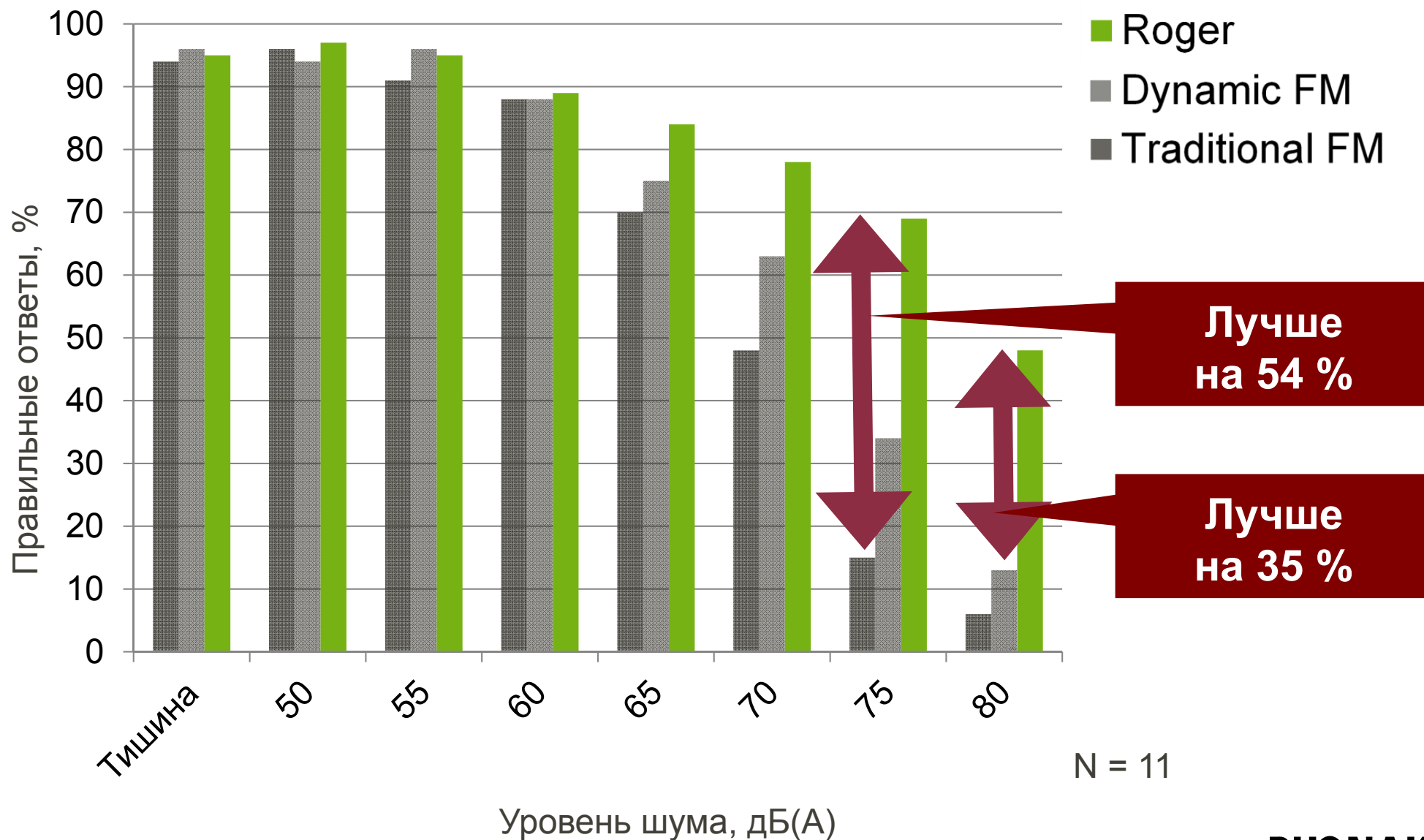
ОСШ в позиции слушающего повысилось, но осталось меньшим, чем в позиции говорящего

ОСШ с системой адаптивного усиления

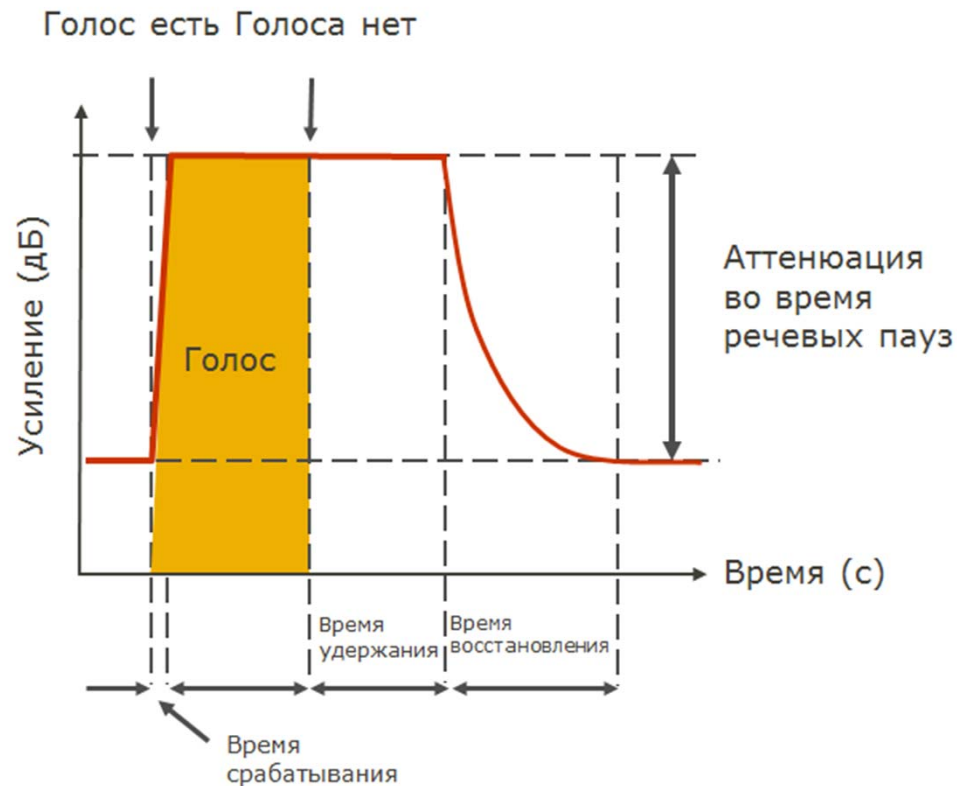


ОСШ в позиции слушающего и говорящего одинаковое (принцип "копировать/вставить")

Разборчивость речи на расстоянии 5,5 м при разных уровнях шума



Уменьшение усиления в отсутствие сигнала: детектор голосовой активности



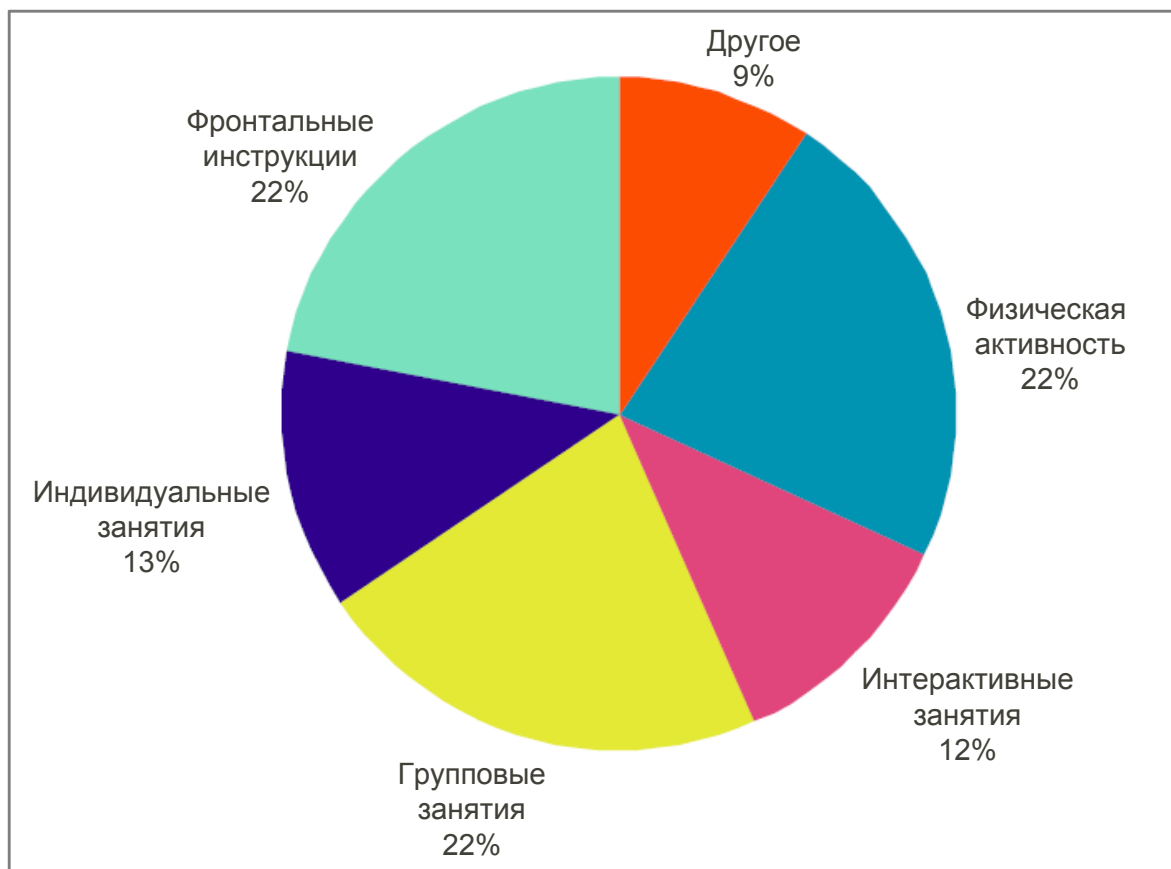
Работа детектора голосовой активности основана на:

- Энергии
- Параметрах голоса
- Направлении поступления голоса

Как только педагог перестает говорить, уровень беспроводного сигнала снижается

Микрофон слухового аппарата вновь готов эффективно усиливать окружающие звуки и собственный голос ученика

Современные динамичные классы



Всё большее значение приобретают **групповые и интерактивные занятия!**

Контекстная обработка сигнала, обеспечивающая максимальную эффективность в любой обстановке

Результаты собственных исследований, проводившихся в школах разных стран

Занятия в малой группе



Акселерометр

- Обнаруживает, что устройство лежит на столе
- Переводит схему усиления в режим малой группы
- Активирует все три встроенных микрофона

Направленность

- Три встроенных микрофона создают направленность в каждом из 4 направлений
- В качестве основного сигнала выбирается сигнал, поступающий из направления с наилучшим ОСШ
- Сигналы, поступающие из других направлений, смешиваются с основным сигналом пропорционально своему ОСШ

Режим занятий в малой группе обладает существенными преимуществами по сравнению с использованием только слуховых аппаратов

Интерактивные занятия



- Контекстная обработка сигнала может также повысить эффективность микрофонов, передаваемых из рук в руки:
 1. На столе в штативе → повышенная чувствительность (идеально для чтения и жестикуляции)
 2. На поверхности стола горизонтально → отключение звука
 3. В руке → высокоэффективная направленность
- Многопользовательская сеть (MTN)
 1. Для истинной интерактивности очень важно ограничить число одновременно передаваемых голосов
 2. Оптимальной считается возможность одновременной передачи двух голосов

Доказано, что передаваемые из рук в руки микрофоны повышают интерактивность занятий

Максимальная эффективность: заключение

Адаптивное функционирование

- Изменение усиления беспроводной системы в соответствии с уровнем окружающего шума
- Уменьшение усиления беспроводной системы в отсутствие или при минимальном уровне полезного сигнала

Контекстная обработка сигнала

- Использование контекста (положение в пространстве, акустическая обстановка и т.д.) для оптимизации обработки сигнала

Многопользовательские сети

- Позволяют нескольким говорящим общаться со слабослышащим ребенком
- Новые системы позволяют одновременно передавать 2 голоса

Способность ребенка понимать и усваивать сказанное определяется эффективностью беспроводной системы

Заключение: беспроводные системы обеспечивают...



Отсутствие
проблем

Максимальную
эффективность

Полную
совместимость

Усложняем, чтобы упростить!!

Совместимость

- Универсальные приемники для любых производителей
- Совместимость с КИ и системами звукового поля
- Подключение к мультимедийным устройствам

Благодарность

Я глубоко признателен всем сотрудникам подразделения Phonak Communications в Муртене (Швейцария) и Хальмстаде (Швеция) за преданность технологиям беспроводной связи для людей с нарушениями слуха



röger

Спасибо!

PHONAK
life is on