



Мониторинг и оптимизация качества услуг и функционирования сетей сотовой и подвижной связи

www.rnd-group.ru

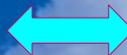


Мониторинг качества услуг и функционирования сетей

GSM / GPRS / EDGE

Проведение измерений в сетях сотовой связи и мониторинг качества услуг

- драйв тесты
- измерения параметров работы сети
- измерения зон покрытия
- измерения зон перегрузок
- измерения параметров базовых станций
- измерения параметров линий связи



Оптимизация параметров сети GSM и оценка качества услуг

- верификация сети
- оптимизация частотного покрытия сети
- оптимизация размещения элементов сети
- оптимизация конфигурации сети
- оптимизация использования ресурсов сети
- оптимизация качества услуг

Высокое качество услуг

www.rnd-group.ru

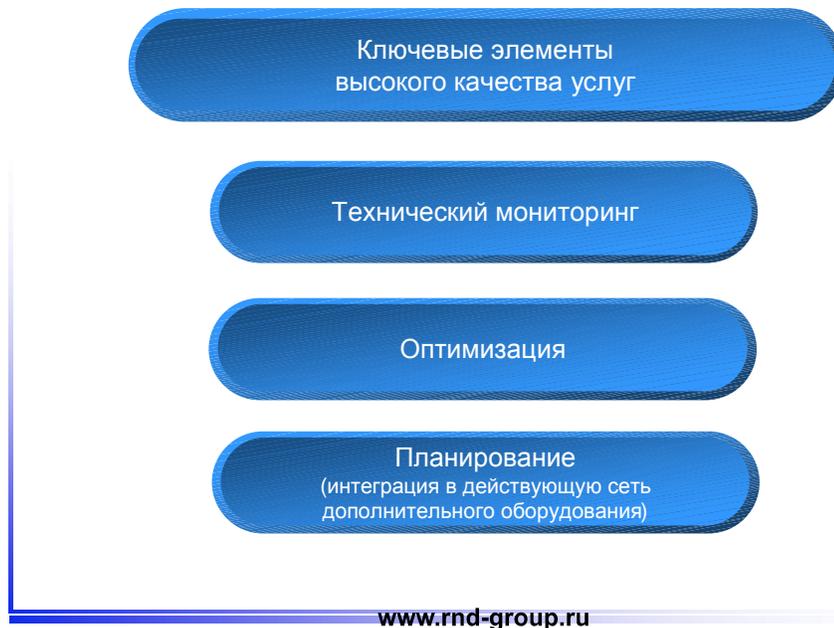




Технический аспект определения качества услуг



Ключевые элементы высокого качества услуг

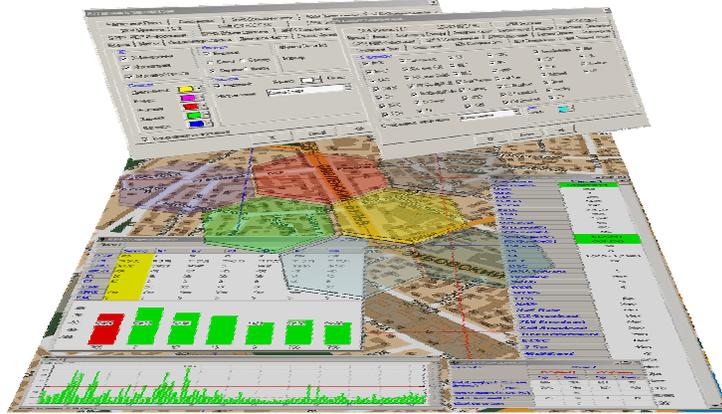




Технический мониторинг – проведение измерений



Результаты проведения измерений и анализа качества услуг связи в микрорайоне



www.rnd-group.ru

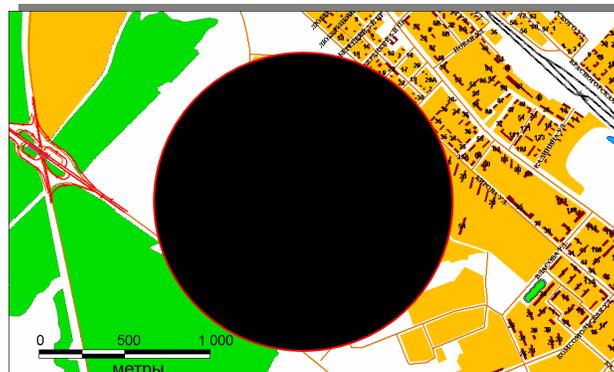


Характеристика района проведения измерений



№п/п	Параметр	Значение
1	Площадь (км ²)	1,49
2	Население (тыс. человек)	52
3	Абонентов GSM всего тыс. человек	36
4	Затраты абонента на мобильную связь в сутки (руб.)	20
5	Длительность нахождения абонента в районе проживания (часы)	12
6	Период проведения тестов (время суток)	16-20

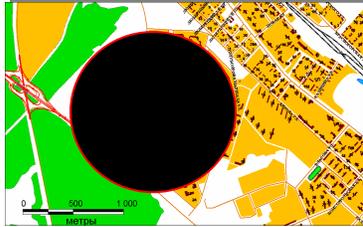
Карта района и зона измерений



www.rnd-group.ru



Карта района и зона проведения измерений



В районе проведения измерений функционируют сети GSM трех операторов

Количество функционирующих базовых станций в районе проведения измерений:

- ОПЕРАТОР №1 – 1 БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ
- ОПЕРАТОР №2 – 3 БАЗОВЫХ СТАНЦИИ
- ОПЕРАТОР №3 – 2 БАЗОВЫХ СТАНЦИИ

www.rnd-group.ru



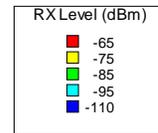
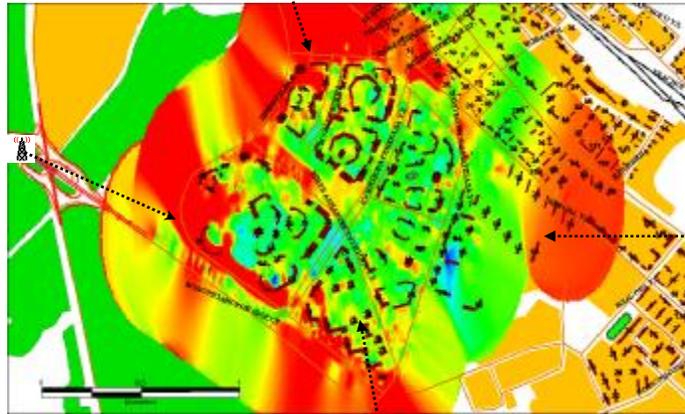
Маршрут движения



www.rnd-group.ru



Оценка частотно-территориального покрытия.
Уровень радиосигнала (*RxLevel*) на входе мобильного телефона.
для Оператора №1

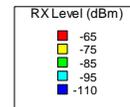
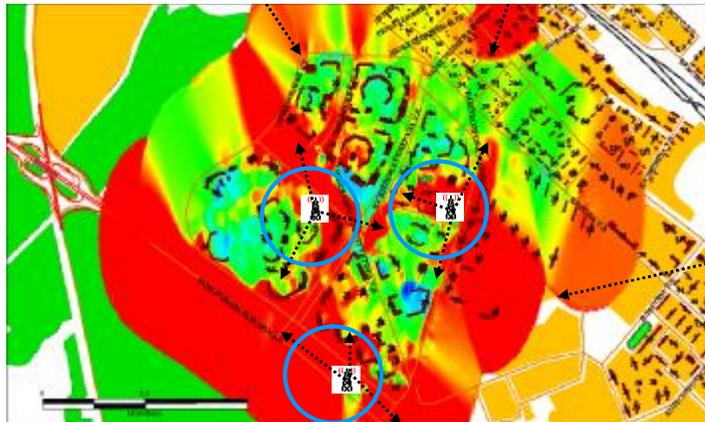


- Red square: -уверенный прием для всех условий (включая комплексы)
- Yellow square: -уверенный прием для отдельных зданий
- Green square: -уверенный прием для автомобильного транспорта
- Cyan square: -уверенный прием для открытой местности
- Blue square: -невозможность приема
- Antenna icon: - Базовая станция

www.rnd-group.ru



Оценка частотно-территориального покрытия.
Уровень радиосигнала (*RxLevel*) на входе мобильного телефона.
для Оператора №2

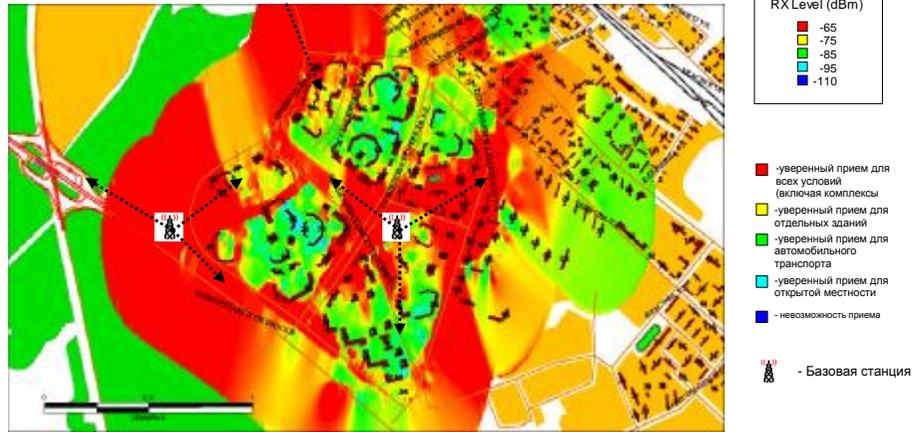


- Red square: -уверенный прием для всех условий (включая комплексы)
- Yellow square: -уверенный прием для отдельных зданий
- Green square: -уверенный прием для автомобильного транспорта
- Cyan square: -уверенный прием для открытой местности
- Blue square: -невозможность приема
- Antenna icon: - Базовая станция

www.rnd-group.ru



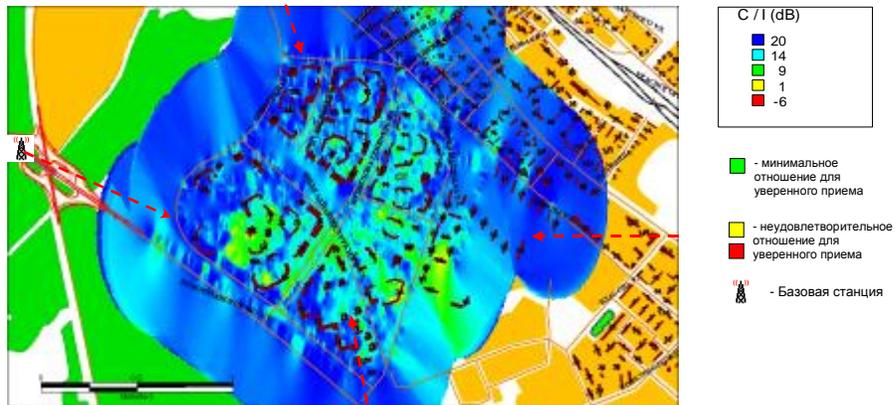
Оценка частотно-территориального покрытия.
Уровень радиосигнала ($RxLevel$) на входе мобильного телефона.
для Оператора №3



www.rnd-group.ru



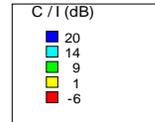
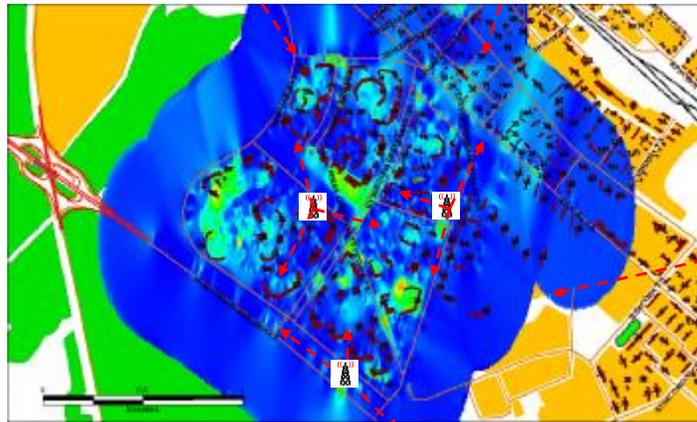
Соотношение сигнал-помеха (C/I) на входе мобильного телефона
для Оператора №1



www.rnd-group.ru



Соотношение сигнал-помеха (C/I) на входе мобильного телефона
для Оператора №2

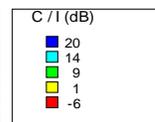
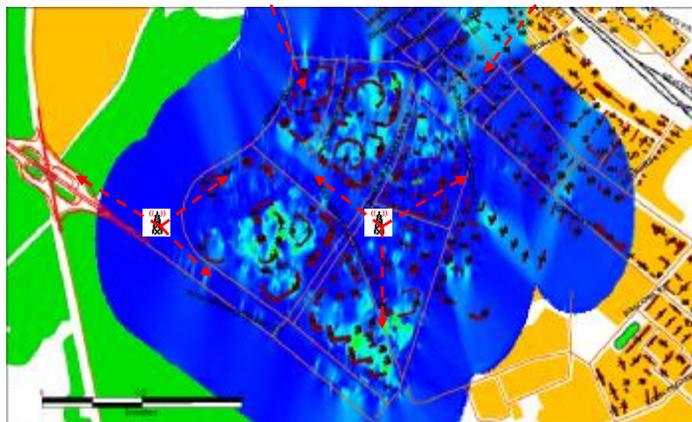


- минимальное отношение для уверенного приема
- неудовлетворительное отношение для уверенного приема
- Базовая станция

www.rnd-group.ru



Соотношение сигнал-помеха (C/I) на входе мобильного телефона
для Оператора №3

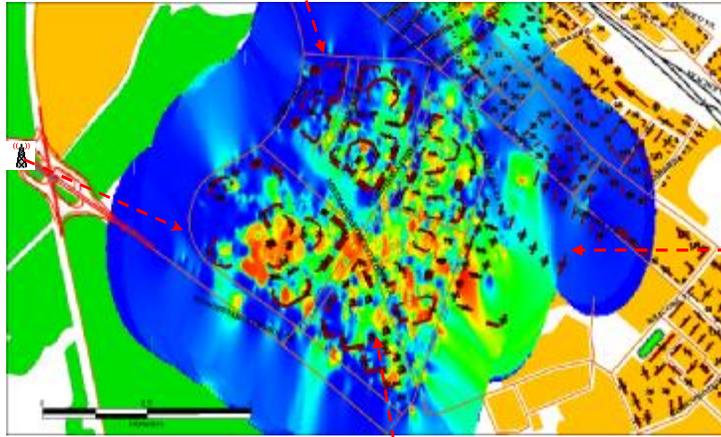


- минимальное отношение для уверенного приема
- неудовлетворительное отношение для уверенного приема
- Базовая станция

www.rnd-group.ru



Качество (достоверность) передачи речи (*RxQuality Full*)
для Оператора №1



RX Quality (Full) Bit Error Rate	
7	> 12,8%
6	≤ 12,8%
5	≤ 6,4%
4	≤ 3,2%
3	≤ 1,6%
2	≤ 0,8%
1	≤ 0,4%
0	≤ 0,2%

■ -хорошее
качество связи
(высокая
разборчивость речи)

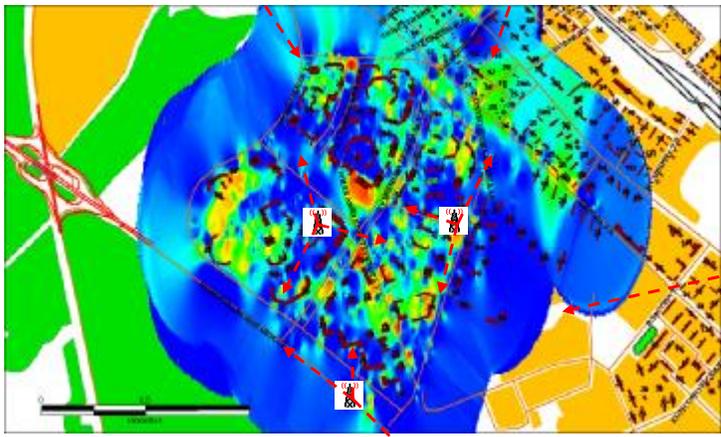
■ -плохое
качество связи
(низкая
разборчивость речи)

📶 - Базовая станция

www.rnd-group.ru



Качество (достоверность) передачи речи (*RxQuality Full*)
для Оператора №2



RX Quality (Full) Bit Error Rate	
7	> 12,8%
6	≤ 12,8%
5	≤ 6,4%
4	≤ 3,2%
3	≤ 1,6%
2	≤ 0,8%
1	≤ 0,4%
0	≤ 0,2%

■ -хорошее
качество связи
(высокая
разборчивость речи)

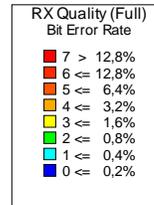
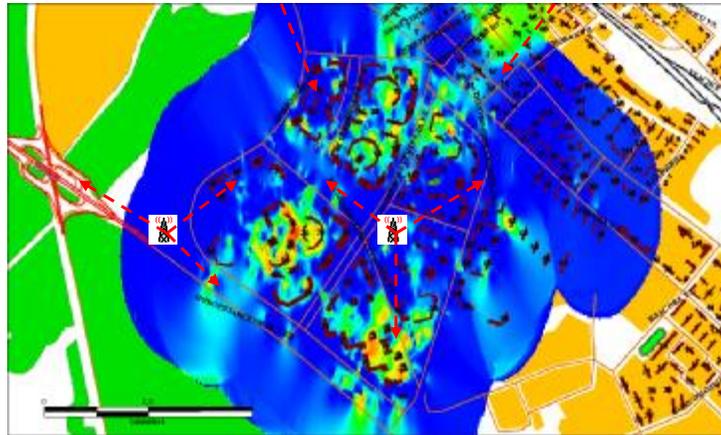
■ -плохое
качество связи
(низкая
разборчивость речи)

📶 - Базовая станция

www.rnd-group.ru



Качество (достоверность) передачи речи (RxQuality Full) для Оператора №3



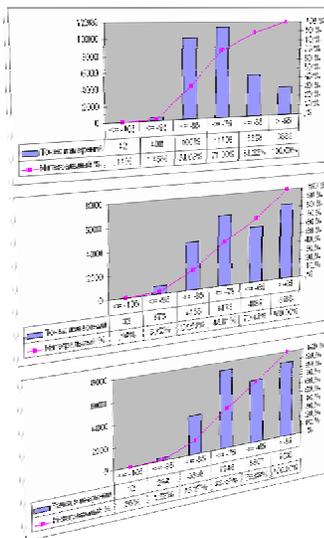
www.rnd-group.ru



Статистический анализ параметров.



Распределение уровней полезного сигнала на входе мобильного телефона (RxLevel) в районе исследования (доступ к сети)



- 1
- 2
- 3

Вероятность того, что уровень сигнала меньше или равен -75 dBm (данный уровень является нижней Границей уверенного приема в зданиях) на исследуемой области составляет:

- для оператора 1 – 71,00 %
- для оператора 2 – 48,81 %
- для оператора 3 – 46,47 %

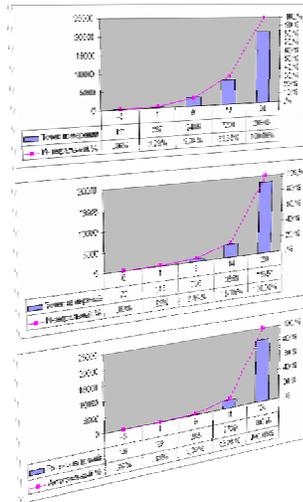
www.rnd-group.ru



Статистический анализ параметров.



Распределение отношения сигнал-помеха на входе мобильного телефона (C / I) в районе исследования.



1

Вероятность того, что соотношение сигнал-помеха меньше или равно -9 dBm (нижняя граница для уверенного приема

2

согласно стандарту GSM) на исследуемой области составляет:

- для оператора 1 – 9,34 %
- для оператора 2 – 3,93 %
- для оператора 3 – 1,39 %

3

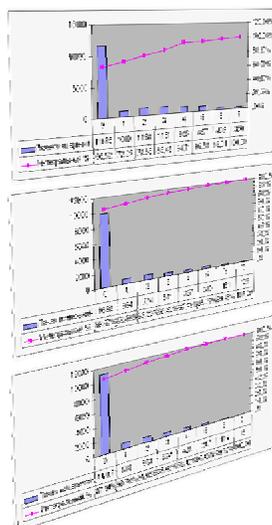
www.rnd-group.ru



Статистический анализ параметров.



Распределение значений качества (достоверности) передачи речи в районе исследования.



1

Вероятность того, что уровень качества приема больше или равен 5 (низкая разборчивость речи, определяющая отказ абонента от дальнейшего использования услуги) на исследуемой области составляет:

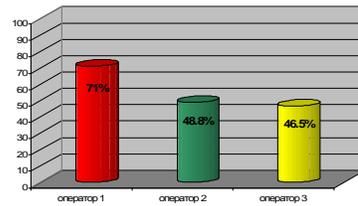
2

- для оператора 1 – 9,34 %
- для оператора 2 – 3,93 %
- для оператора 3 – 1,39 %

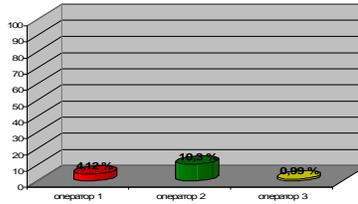
3

www.rnd-group.ru

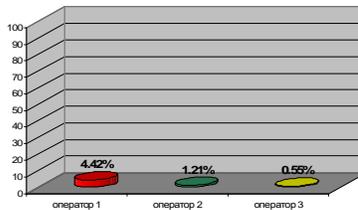




Потери операторов из-за отсутствия доступа к сети



Потери операторов из-за отсутствия доступа к услуге



Потери операторов из-за отсутствия полноты услуги

www.rnd-group.ru



Выводы



Все три оператора не обеспечивают требуемого уровня качества услуг голосовой связи.

Каждый оператор несет существенные потери в доходах, измеряемые сотнями тысяч рублей в месяц.

По результатам проведенного мониторинга в исследуемом районе всем трем операторам рекомендуется провести оптимизацию данного участка сети GSM:

Оператору №1 необходимо установить дополнительную базовую станцию и провести ее интеграцию в действующую сеть.

Оператору №2 необходимо произвести оптимизацию параметров базы данных для трех БС этого района (регулировка выходной мощности передатчиков) и провести проверку антенно-фидерных трактов.

Оператору №3 необходимо установить дополнительные передатчики на обеих БС для перераспределения нагрузки, в местах с низким уровнем сигнала предусмотреть установку репитеров и провести проверку антенно-фидерных трактов БС.

www.rnd-group.ru

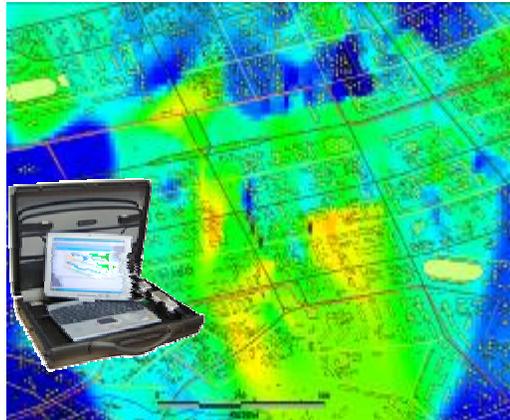


Для мониторинга и оптимизации сетей сотовой связи используется система «КОРУНД», которая обеспечивает **комплексный** подход к оценке качественных характеристик работы сети:



- параметры доступа к сети
- параметры доступа к услуге
- параметры полноты услуги
- параметры непрерывности услуги

- До 4-х тестовых терминалов
- Возможности 2 и 2.5G
- Измерение параметров сети в режиме ожидания или соединения
- Возможность статистической пост-обработки результатов измерений (доступность связи, время установления и качество соединений, и др.)



www.rnd-group.ru



Основные контролируемые параметры



Статистические

- Попытки соединения
- Прерванные соединения
- Блокированные соединения
- Попытки хэндовера
- Успешные хэндоверы
- Неуспешные хэндоверы

Измеряемые

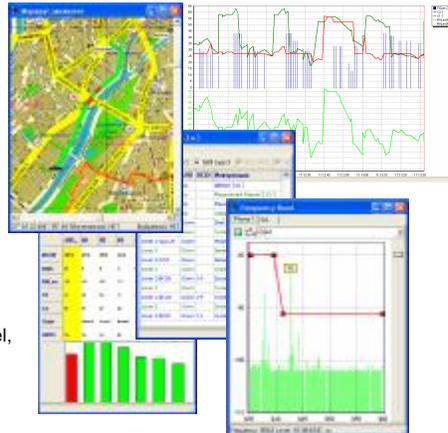
- RxLev
- RxQual/FER
- Соседние соты RxLev
- Timing Advance
- Tx Power
- Сообщения L3
- Длительность соединения
- Время установления соединения
- **Анализ качества восприятия речи (new)**

www.rnd-group.ru



Измерения GSM

- **Serving Cell Information**
MCC, MNC, LAC, CellId, BSIC, RAC, C1, C2, C31, C32, BCCH, TCHs
- **Neighbour Cell Information**
RxLev, BSIC, RAC, Channel Number, C1, C2, C31, C32
- **Layer3 messages**
with Rest Octets
- **Measurement Reports**
RxLevFull, RxLevSub, RxQualFull, RxQualSub, TA, TxPower, C/I
- **Radio Link Timeout**
Configured value, Actual value
- **RR**
Channel Type, Timeslot, TSN, Sub Channel, MAIO, HSN, Hopping Frequencies, DTX Uplink, T3314, T3212



www.rnd-group.ru



Измерения GPRS

- **TS allocation**
Uplink, Downlink
- **L1**
Frame Erasure Rate, Block Error Rate, TxPower, TX integer
- **PDP Context**
IP address, Peak Throughput, Mean Throughput, Delay Class, Reliability Class, Precedence Class
- **RLC**
Uplink Throughput, Uplink total number of frames, Uplink number of repeated frames, Downlink Throughput, Downlink total number of frames, Downlink number of repeated frames, Uplink/Downlink ack/unack mode, RLC/MAC messages,
- **LLC**
Uplink Throughput, Uplink total number of frames, Uplink number of repeated frames, Downlink Throughput, Downlink total number of frames, Downlink number of repeated frames, LLC messages,
- **Coding Scheme**
Uplink, Downlink.



www.rnd-group.ru



Блокированный вызов

Отсутствие сообщений на линии вниз после Channel Request

RR Channel Request	←	1-й Запрос RACH
RR Channel Request		
RR Channel Request		
RR Channel Request	↘	Повтор запросов (количество зависит от параметра max_retransmission)
RR Channel Request	↘	
RR System Information 1	→	Переход телефона в режим ожидания Блокированный вызов !!!
RR Paging Request Type 2		
RR Paging Request Type 2		
RR System Information		

Причина : Проблема на линии вниз (Отсутствие зоны покрытия / Помеха)

www.rnd-group.ru



Блокированный вызов

Сообщения на линии вниз после Channel Request

RR Channel Request		
RR Paging Request Type 1	↘	Повтор запросов (количество зависит от параметра max_retransmission)
RR Immediate Assigment	↘	
RR Sytem Information Type 3	↘	
RR Channel Request	→	
RR Immediate Assignment	→	
RR Immediate Assignment Extended	→	
RR Paging Request Type 1	↘	Переход телефона в режим ожидания Блокированный вызов !!!
RR Channel Request		
RR Immediate Assignment		
RR Immediate Assignment		
RR Paging Request Type 1	→	
RR System Information 1		
RR Paging Request Type 2		
RR Paging Request Type 2		
RR System Information		

Причина : Проблема на линии вверх (Помеха)

www.rnd-group.ru



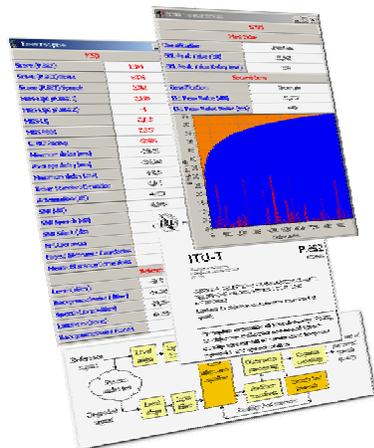
- параметры доступа к сети
- параметры доступа к услуге
- **параметры полноты услуги**
- параметры непрерывности услуги



www.rnd-group.ru



Система "КОРУНД" Анализатор качества восприятия речи Измерения согласно требованиям ITU P.862 / ITU P862.1/ ITU P862.2 / ITU P862.3 (алгоритм PESQ)



На сегодняшний день имеется несколько приемлемых алгоритмов, для автоматизированной оценки качества речевой информации.

Одним из них является алгоритм оценки качества восприятия речи - PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality).

Этот алгоритм разработан совместными усилиями ведущих компаний – разработчиков контрольно-измерительного оборудования в области телекоммуникаций и акустики.

Международный союз электросвязи (ITU) после проведения комплекса испытаний алгоритма оценки качества восприятия речи - PESQ принял решение использовать его в качестве стандарта для оценки качества речевой информации в области телекоммуникаций и связи - Спецификация ITU-T P.862.

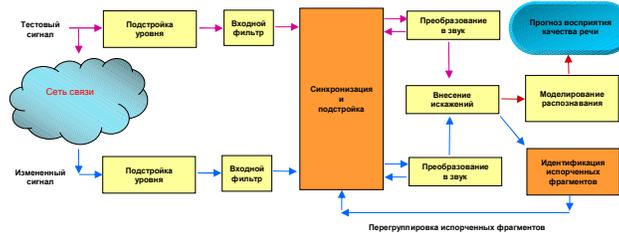
www.rnd-group.ru



Анализатор качества восприятия речи Измерения согласно требованиям ITU P.862 / ITU P862.1/ ITU P862.2 / ITU P862.3



Схема алгоритма PESQ



Компания «R&D», как один из ведущих разработчиков в России контрольно-измерительного оборудования для операторов сетей сотовой связи, учитывая требования современных методов комплексного анализа качества работы сотовых сетей стандарта GSM, провела модернизацию системы «КОРУНД».

Результатом этой модернизации является интеграция в систему измерений параметров сетей и средств связи «КОРУНД» алгоритма качества восприятия речи – PESQ. Наличие этой опции существенно расширяет возможности системы «КОРУНД» и позволяет использовать ее как инструмент для автоматизации процесса мониторинга качества восприятия речи.

В опции «Корунд Т-1006» применяется самый современный и эффективный алгоритм оценки качества восприятия речи - PESQ. (Спецификация ITU-T P.862).

www.rnd-group.ru



RXQual и Voice Quality



- RXQual не рассматривает изменяющуюся эффективность чередования и коррекцию ошибок при различных условиях окружающей среды (интерфейсы).
- RXQual не рассматривает ухудшение качества вызванное исчезновением речевых кадров.
- RXQual не обнаруживает эхо и другие эффекты, ухудшающие качество в телефонных сетях общего пользования.

www.rnd-group.ru



RXQual и Voice Quality

- Анализ качества речи – это уникальный метод обнаружения дефектов в каналах передачи данных
- RXQual - интерпретация последствий грубого квантования
- RXQual не различает какой речевой кадр и в результате чего он поврежден
- RXQual не корректно характеризует качество речи после активации функции «Frequency Hopping» (скачкообразная перестройка частоты)

www.rnd-group.ru



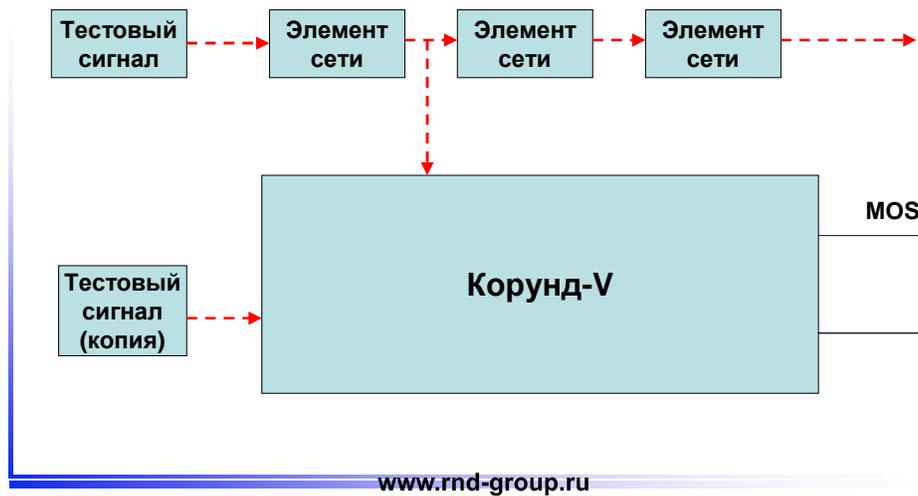
RXQual и Voice Quality

- В случае использования EFR кодека параметр RXQual дает некорректное отображение качества речи
- Качество речи – это уникальная характеристика для сравнения сетей с разными технологиями
- Измерение RXQual в направлении от базовой станции (downlink) может быть недостаточно для определения ухудшения качества обслуживания в обратном направлении (uplink)
- RXQual не учитывает изменение мощности акустического сигнала

www.rnd-group.ru



Измерения качества речи



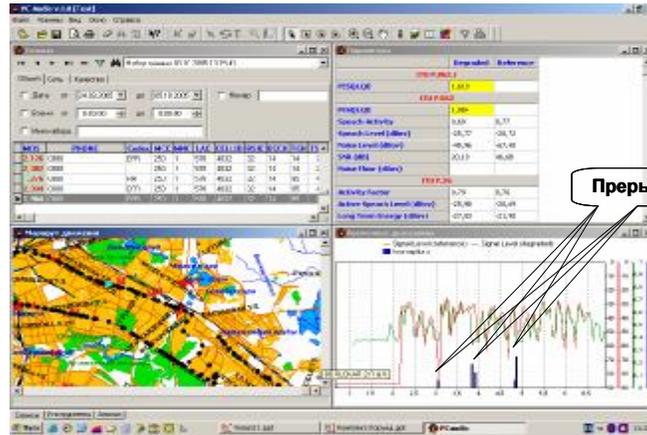
Основные параметры используемые для анализа качества речи

- Уровень речи на входе кодека
- Ошибки в канале передачи
- Потеря пакетов и исчезновение пакетов маскирования при использовании кодеков CELP
- Скорость передачи, если кодек имеет больше чем одну скорость передачи
- Транскодирование
- Окружающие шумы с передающей стороны
- Эффект изменения задержки сигнала
- Кратковременное искажение аудио сигнала
- Длительное искажение аудио сигнала

www.rnd-group.ru



Пост- обработка качества речи



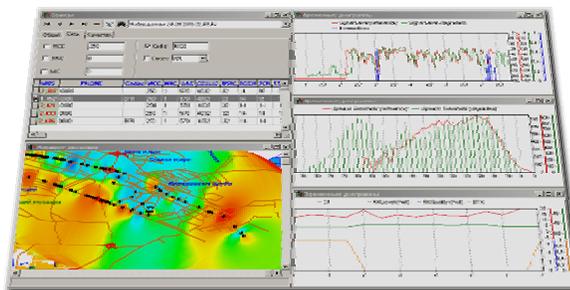
www.rnd-group.ru



Основные отображаемые параметры
 Общее количество отображаемых параметров при
 проведении анализа качества речи – 70

Основные параметры, могут
 отображаться в графической
 форме

Основные параметры, могут
 отображаться в табличной
 форме



Parameter Name	Value
Score (P-ABX)	2.968
Score (P-ABX) Positive	4.295
Score (P-ABX) Negative	2.284
Score (Q-ABX) S	0.209
Score (Q-ABX) Z	-1
Score (Q)	2.348
Score (P)	0.813
Score (P)	0.808
Score (P) (dB)	-206.25
Score (P) (dB)	206.988
Score (P) (dB)	196.2
Score (P) (dB)	168.5
Score (P) (dB)	4.825
Score (P) (dB)	-3.804
Score (P) (dB)	-3.982
Score (P) (dB)	-1.02762
Score (P) (dB)	1
Score (P) (dB)	14.42
Score (P) (dB)	1.027
Score (P) (dB)	Substrate
Score (P) (dB)	Propagator
Score (P) (dB)	-25.71
Score (P) (dB)	29.42
Score (P) (dB)	-49.202
Score (P) (dB)	49.202
Score (P) (dB)	-29.999
Score (P) (dB)	29.999
Score (P) (dB)	44.282
Score (P) (dB)	44.282
Score (P) (dB)	1293

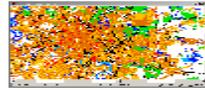
www.rnd-group.ru



Основные параметры, отображаемые в графической форме

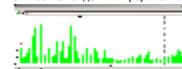
- PESQ оценка для каждого кадра
- Задержка в мс каждого сэмпла* эталонного сигнала
- Разница в усилении между эталонным и тестируемым сигналом для каждого кадра
- Спектрограмма эталонного сигнала
- Спектрограмма тестируемого сигнала (шкала в Гц)
- Спектрограмма эталонного сигнала (психоакустическая шкала)
- Спектрограмма тестируемого сигнала (психоакустическая шкала)
- Спектрограмма "громкости" шума
- Спектрограмма "громкости" шума (психоакустическая шкала)
- Вектор начала ограничения динамического диапазона для каждого речевого фрагмента, мс
- Вектор задержки для каждого речевого фрагмента
- Вектор начального момента для каждого речевого фрагмента в эталонном сигнале, мс
- Вектор окончания для каждого речевого фрагмента в эталонном сигнале, мс
- Вектор начального момента для каждого речевого фрагмента в тестируемом сигнале, мс
- Вектор окончания для каждого речевого фрагмента в тестируемом сигнале, мс
- Вектор начального момента для каждого речевого фрагмента в восстановленном сигнале, мс
- Вектор окончания для каждого речевого фрагмента в восстановленном сигнале, мс
- Вектор начального момента прерывания
- Вектор конечного момента прерывания
- Вектор начального момента для каждой постоянной времени ограничения в эталонном сигнале
- Вектор момента окончания для каждой постоянной времени ограничения в эталонном сигнале

* Сэмпл – единица выборки оцифрованного сигнала



Основные параметры, отображаемые в табличной форме

- PESQ-оценка во время интервала молчания
- PESQ-оценка во время активного разговора
- PESQ – оценка в соответствии со шкалой рекомендации P.800, используя функцию оценки PESQ-LWQ
- PESQ – оценка, выставленная по MOS-LOQ в соответствии с P.862.1 для узкополосного диапазона
- PESQ – оценка, выставленная по MOS-LOQ в соответствии с P.862.1 для широкополосного диапазона
- PESQ – оценка, выставленная по шкале от 1 до 5 баллов в соответствии с P.800
- PESQ оценка, выставленная в соответствии с рекомендацией G.107 (E – модель)
- Уровень сигнала эталонного звукового файла, дБ
- Уровень сигнала искаженного звукового файла, дБ
- Уровень сигнала в интервалах молчания (уровень фоновых шумов) в эталонном сигнале, dBoV
- Уровень сигнала в интервалах молчания (уровень фоновых шумов) в искаженном сигнале, dBoV
- Отношение Сигнал/Шум, дБ
- Отношение Сигнал/Шум только во время разговора, дБ
- Отношение Сигнал/Шум только во время молчания, дБ
- Количество фрагментов речи, найденных в эталонном файле
- Количество фрагментов речи, найденных в тестируемом файле
- Количество фрагментов речи, найденных в восстановленном искаженном файле
- Количество найденных прерываний



www.rnd-group.ru



Применение



- **Мониторинг и плановая проверка качества функционирующих сетей**
- **Поиск неисправностей в оборудовании использующем функции кодирования / декодирования речи**
- **Выбор комбинации кодеков (ACS) при использовании AMR (Adaptive Multi Rate)**
- **Оптимизация параметров работающих и строящихся сетей сотовой связи**
- **Проверка качества функционирования сетей после проведения оптимизации параметров**

www.rnd-group.ru