

# Pre Wi-Max система Wide IP

## White Paper

Ревизия 3.1 от 21.11.2004

### Содержание

---

<b>Назначение системы WideIP</b> .....	<b>2</b>
<b>Основы достижения преимуществ</b> .....	<b>2</b>
<b>Использование незашумленного радиодиапазона 6ГГц</b> .....	<b>2</b>
<b>Особенности аппаратной платформы</b> .....	<b>3</b>
<b>Специальный радиопrotocol связи FORSAGE™</b> .....	<b>4</b>
<b>FORSAGE™: Сравнение с 802.11 и преодоление его проблем</b> .....	<b>5</b>
Проблема: Низкая утилизация канала при пересылке коротких пакетов в сетях 802.11.....	5
☑ Преодоление проблемы в FORSAGE™: .....	5
Проблема скрытых узлов и проблема эффективности загруженной сети с методом доступа CSMA/CA в системе «точка – много точек» в сетях 802.11. ....	6
☑ Преодоление проблемы в FORSAGE™: Динамический адаптивный поллинг. ....	7
Проблема: Отсутствие управления ресурсами в полосе пропускания в сетях 802.11...	7
☑ Преодоление проблемы в FORSAGE™: .....	8
☑ Примеры управления трафиком в FORSAGE™:.....	8
<b>Програмное обеспечение FORSAGE™: Обзор функциональных возможностей</b> .....	<b>11</b>

## Назначение системы WideIP

Система WideIP является высокопроизводительной беспроводной широкополосной системой пакетной передачи данных с гарантией качества обслуживания, задержки и полосы пропускания. Система предназначена для решения задач широкополосного высокоскоростного абонентского радиодоступа к сетям общего пользования, а также для построения ведомственных высокоскоростных территориально распределенных сетей – пользовательских и/или технологических.

Технология пригодна для построения сетей по топологической схеме «точка - много точек» с радиусом обслуживания до 50 км и линий «точка – точка» с дальностью до 70 км, а также их комбинаций и суперпозиций.

## Основы достижения преимуществ

Технология WideIP базируется на трех «китах»:

1. *На использовании незашумленного С-радиодиапазона 6ГГц;*
2. *На особенностях аппаратной платформы;*
3. *На применении специализированного программного обеспечения FORSAGE™.*

Ниже более подробно раскрываются базовые аспекты технологии WideIP.

## Использование незашумленного радиодиапазона 6ГГц

Значительные преимущества технологии WideIP достигаются за счет использования диапазона 6 ГГц вместо привычных диапазонов 2,4-2,5, 3,4-3,6, 5,15-5,35, 5,725-5,850.

Полоса 2,4 ГГц официально полностью исчерпана, очень зашумлена, реальные радиусы покрытия существующих сетей стремительно снижаются, расходы на поддержку растут.

Полоса 3,4-3,6 ГГц в России разрешена к использованию в сильно урезанном виде относительно международного стандарта. Ресурс полностью исчерпан, причем он исчерпан узкополосными системами и различными операторами. Поэтому переход на современные технологии (типа Wi-Max) проблематичен.

В полосе 5– 5,2 ГГц регистрация затруднена, 5,8 ГГц- то же. Объемы серых продаж и уровни помех в этих диапазонах быстро растут.

Для Wide-IP выделена полоса частот 5925-6425 ГГц, категории СИ. Обобщенное Решение ГКРЧ для всех покупателей, обобщенные Нормы ЧТР утверждены ГКРЧ и действуют для всех пользователей системы. Получение частот для систем Wide-IP реальнее, дешевле и быстрее. Диапазон чистый, серого оборудования нет.

## **Особенности аппаратной платформы**

### **Процессорный блок.**

В зависимости от назначения различные модификации Wide IP, совместимые на программном уровне, базируются на x86, MIPS, ARM платформах, которые отличаются друг от друга производительностью и набором интерфейсов. Стандартная модификация БС поддерживает до 64 абонентов, имеет информационный интерфейс RG-45 и консоль RS-232. Модификация БС верхнего уровня поддерживает до 256 абонентов и имеет кроме стандартных до 4 интерфейсов G-703. Процессорные блоки АС производятся в indoor и outdoor (PoE) исполнении. В outdoor исполнении процессорный блок совмещен в одном корпусе с СВЧ-модулем.

### **СВЧ модуль outdoor исполнения**

Обеспечивает преобразование OFDM и QPSK радиосигналов из/в 5,9-6,4 ГГц. Выдающиеся характеристики радиотракта обеспечивают большой ( $\geq 50$ км) радиус покрытия. Автоматически компенсирует потери в кабеле снижения длиной до 100 м. Любые климатические зоны ( $-50\text{ C}^{\circ}$   $+70\text{ C}^{\circ}$ ), холодный старт  $-40\text{ C}^{\circ}$ .

### **Радиоинтерфейс**

Главная проблема, которая сопровождает операторов сетей уровня МАН – ограниченность частотного ресурса и помехи от серого оборудования, именно они, определяют реальные дальности и пропускные способности радиосистем.

Система Wide IP спроектирована с учетом особенностей и потребностей России. Решением ГКРЧ для системы Wide IP выделено 20 неперекрывающихся (всего 40) частотных каналов в частотной полосе 5925 -6425 МГц.

Радиоинтерфейс основывается на OFDM технологии, модуляция поднесущих QAM - 4, 16, 64. Пропускная способность в канале 54 Mbps (в режиме broadcasting до 108 Мбит) на один частотный канал. Для обслуживания абонентов, не имеющих прямой видимости, при ухудшении качества радиоканала в системе предусмотрено автоматический переход на более помехоустойчивую модуляцию без обрыва соединения и снижения качества обслуживания.

В системе могут быть использованы антенны из стандартного набора секторных (ГП и ВП,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$   $120^{\circ}$ ) и абонентских (18 дБ, 24 дБ, 27 дБ, 30 дБ). Для обслуживания абонентов без прямой видимости на БС предусмотрено использование адаптивных антенных решеток, повышающих ЭИММ в направлении абонента на 10 дБ, а на абонентских окончаниях антенн с круговой поляризацией или с вращением вектора поляризации.

## Специальный радиопrotocol связи FORSAGE™

Применение специального радиопrotocolа FORSAGE™ дает набор беспрецедентных возможностей для данной ценовой категории, обеспечивая гибкость управления ресурсами, доступом, производительностью. В ряде случаев производительность протокола FORSAGE™ дает семикратное (!) увеличение по сравнению с системой Wi-Fi, особенно это касается соединений с передачей преимущественно коротких пакетов. Для оптимизации использования ограниченного ресурса радиоканала в мире были разработаны более эффективные протоколы, такие как TurboCell™ (США) и некоторые другие, но они не решали очень важную проблему распределения ресурсом в полосе пропускания. Протокол FORSAGE™ является прорывом и не имеет аналогов, реализуя все рекомендации, разрабатываемые IEEE.

Нижеследующая таблица коротко резюмирует основные недостатки протоколов IEEE 802.11 и их преодоление через применение протоколов TurboCell™ (используется в предыдущей модификации Wide IP DSS) и новейшей версии FORSAGE™ (FG)

Таблица 1. Недостатки протоколов 802.11 и их преодоление

Проблема/узкое место IEEE 802.11	Преодоление в TurboCell™	Преодоление в FORSAGE™
Неэффективное использование полосы пропускания при передаче коротких кадров	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Агрегирование коротких кадров в «суперкадры»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Агрегирование коротких кадров в «суперкадры»</li> </ul>
Проблема скрытых узлов ( <i>Hidden Node Problem</i> ) в системе «точка – много точек»	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Алгоритм адаптивного динамического поллинга</li> <li>▪ Выключение возможности перехода на более низкие номиналы скорости</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Алгоритм адаптивного динамического поллинга</li> <li>▪ переход на более низкие номиналы скорости обслуживания в зависимости от SNR с сохранением качества обслуживания</li> </ul>
Отсутствие управления ресурсами в полосе пропускания (QoS).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Установление Максимальной полосы пропускания для точки (<i>Maximum Information Rate, MIR</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Установление Максимальной полосы пропускания для точки (<i>Maximum Information Rate, MIR</i>)</li> <li>▪ Установление Минимальной полосы пропускания для точки (<i>Committed Information Rate, CIR</i>)</li> <li>▪ Установка приоритета по типам пакетов</li> <li>▪ Оптимизация скорости в полосе в зависимости от SNR и QoS</li> </ul>

## FORSAGE™: Сравнение с 802.11 и преодоление его проблем

### Проблема: Низкая утилизация канала при пересылке коротких пакетов в сетях 802.11.

В проводной сети ошибки относительно нечасты и время прохождения пакета – относительно мало. Когда станция имеет пакет данных, готовый к передаче, она посылает его немедленно, как только среда передачи освобождается. Подобно этому, пакеты в обычной сети 802.11 посылаются тоже по одному.

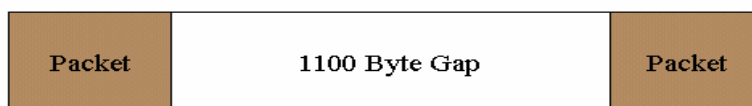


Рис.1 Проблема коротких пакетов

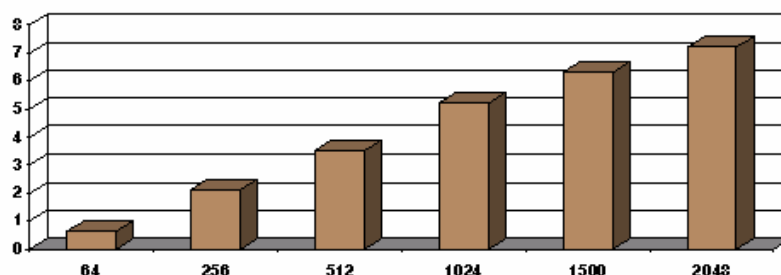


Рис 2. Производительность и длина пакетов

Однако «дополнительные затраты» на посылку одного пакета в беспроводной сети достаточно высоки – выше, чем в проводной. В сети 802.11 пакеты разделяются преамбулами длиной 1100 байт, причем преамбула передается на самой низкой скорости в канале (номинал 1 мбит). Если полезная нагрузка (длина пакета данных) невелика, легко видеть, что утилизация канала в этом случае чрезвычайно мала. Для пакетов длиной 64 байта она не превышает 16%. При этом не стоит недооценивать это узкое место спецификаций 802.11: статистика пакетов при работе с Интернет, например, показывает, что более 50% пакетов имеют длину менее 100 байт! Если образуется технологическая сеть с опросом датчиков, проблема только обостряется.

### ✔ Преодоление проблемы в FORSAGE™:

Протокол FORSAGE™ буферизует короткие пакеты на входе, агрегирует их в большой пакет, и затем передает с единственной преамбулой.

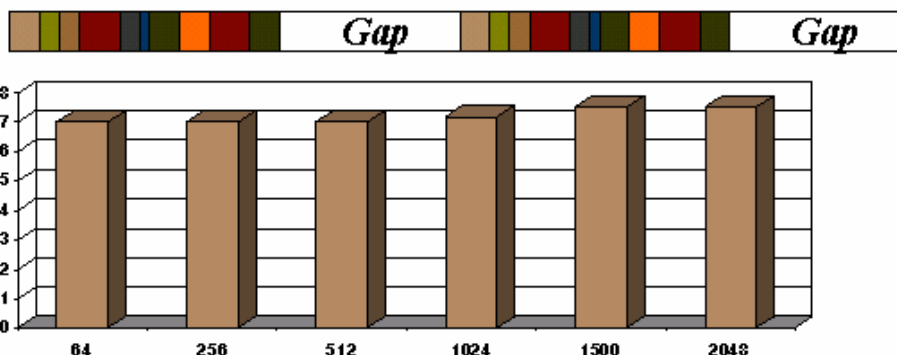


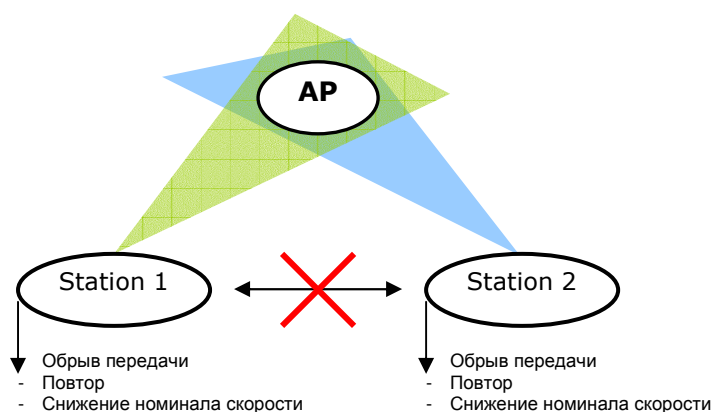
Рис.3. Агрегирование коротких пакетов и производительность.

Понятно, что ожидание пакетов в буфере не является бесконечным – устанавливается достаточно низкий таймаут ожидания. Путем несущественной задержки по времени приобретает чрезвычайно значительный выигрыш в утилизации ресурса канала – в некоторых случаях выигрыш достигает 700%!

Нужно отметить, что эта проблема в предыдущей версии Wide IP решалась столь же эффективно. Системы TurboCell™ и некоторые другие также используют аналогичные методы и успешно решают данную проблему.

### Проблема скрытых узлов и проблема эффективности загруженной сети с методом доступа CSMA/CA в системе «точка – много точек» в сетях 802.11.

В сегменте проводной сети с доступом CSMA/CA каждая станция слышит все остальные станции одинаково хорошо, не пытаясь передавать данные, когда среда занята, и тем не менее даже для проводных сетей наблюдается экспоненциальное снижение производительности при росте числа станций в сегменте сети. В случае беспроводной сети ситуация гораздо хуже (802.11 тоже использует метод доступа CSMA/CA). Вместо кабеля, обеспечивающего относительно равные условия, условия включения в беспроводную сеть весьма неоднородны, что приводит к тому, что некоторые станции не слышат друг друга. Таким образом, в условиях, когда одна передающая станция не слышит другую, они обе начинают передачу, забывая друг друга. В результате они обе прекращают передачу и через случайный интервал времени начинают ее опять – часто с тем же результатом. Эта проблема называется проблемой скрытой точки (*Hidden Node Problem*). Эта проблема крайне характерна территориально-распределенной сети, в которой абоненты подключаются с помощью направленных антенн. Для избежания такой патовой ситуации в сетях 802.11 используется необязательный механизм «RTS/CTS» (Запрос на передачу – Разрешение передачи).



Однако исследования показывают<sup>1</sup>, что этот метод не решает проблему на 100%. Помимо всего прочего, например, станции все равно переходят на более низкий номинал передачи, вплоть до самого низкого (1 мбит), увеличивается время передачи за счет увеличения числа повторов, расходуется время на сам механизм RTS/CTS (ожидание разрешения). Таким образом, даже при задействовании механизма RTS/CTS наличие скрытых узлов существенно снижает скорость передачи в сети.

Проблема, сходная с проблемой скрытых точек (и смежная с ней) – падение эффективности сети при увеличении ее загрузки, причиной чего является отсутствие в 802.11 эффективного централизованного механизма управления доступом. С увеличением числа станций, все больше времени уходит на разрешение конфликтов, повторные передачи и другие непроизводительные затраты. Кроме того, если какая-то станция сильно загружена, она способна фактически монополизировать канал. Ниже приводится типичный график, отражающий изменение эффективности сети в зависимости от ее загрузки.

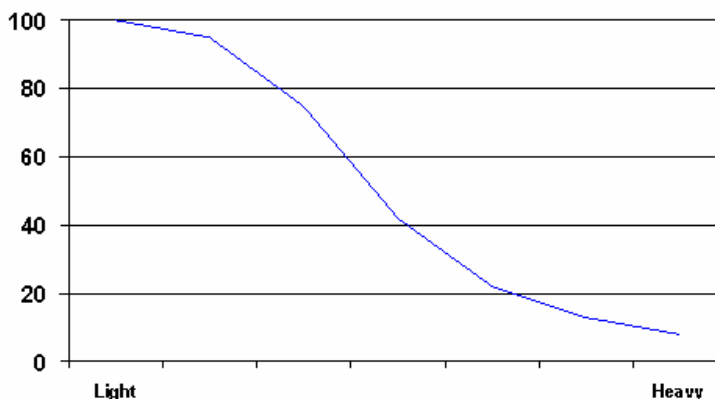


График 1. Эффективность сети в зависимости от ее загрузки.

<sup>1</sup> См. например <http://www.computer.org/proceedings/lcn/8810/88100012abs.htm>

## ✓ Преодоление проблемы в FORSAGE™: Динамический адаптивный поллинг.

Протокол FORSAGE не является контентно-зависимым, то есть никакая станция в сети с высокой загрузкой не может фактически монополизировать канал передачи (что случается в сетях 802.11), с увеличением загрузки сети непроизводительные затраты не начинают превалировать. В сети FORSAGE™ принципиально решена и проблема скрытых точек.

Решение этих проблем достигается за счет тщательно отлаженного под нужды беспроводной сети алгоритма *адаптивного динамического поллинга*.

В сети FORSAGE™ выделяется управляющая станция (чаще всего – это базовая станция в топологии «точка – много точек»), управляющая работой связанных с ней подчиненных станций (абонент).

Управляющая станция постоянно осуществляет поллинг подчиненных станций (абонентов), динамически и адаптивно определяя для каждой станции время начала и длину передачи. Параметры поллинга определяются динамически, исходя из числа активных станций, ближайшей истории для каждой станции, времени ее отклика, скорости ее передачи и т.п. Кроме того, в цикле поллинга всегда оставляется короткий промежуток времени «для всех», когда молчавшая до этого станция может «заявить о себе» базовой станции - для того, чтобы быть включенной в цикл. Следует отметить, что «динамический адаптивный» поллинг – не тавталогия, поскольку базовая станция не только динамически меняет *число* точек и *частоту* их опроса, но и адаптивно изменяет *условия* передачи для каждой точки, балансируя между потребностями всех точек и возможностями канала. Чем чаще станция передает, тем чаще происходит обращение к ней. Чем больше станция передает, тем больше ресурсов канала ей отводится (см. также *Управление ресурсами канала*).

Таким образом, протокол FORSAGE™ обеспечивает максимально эффективную загрузку канала при относительно «справедливом» разделении ресурсов, предотвращая как непроизводительные затраты при полной загрузке канала, так и захват ресурса.

Протоколы **TurboCell™** и некоторые другие, которые также используют аналогичные методы адаптивного поллинга, решают данную проблему. Однако существует важное отличие между протоколами предыдущего поколения и протоколом FORSAGE™. В протоколах предыдущего поколения все станции сети должны работать на одной скорости. Абоненты расположенные в неблагоприятных условиях, которые не могут работать на максимальной пропускной способности или должны быть отключены от обслуживания или должна быть снижена пропускная способность всех абонентов сети. Оба решения нельзя назвать приемлемыми, но с ними приходилось мириться, идя на компромис.

Протокол FORSAGE™ реализует динамический поллинг абонентов, которые могут находиться в различных условиях и работать с различными пропускными способностями. Более того специальная утилита протокола анализирует условия распространения сигнала, SNR, количество сбойных пакетов и управляет каналом абонента поднимая или снижая скорость в канале в зависимости от условий распространения.

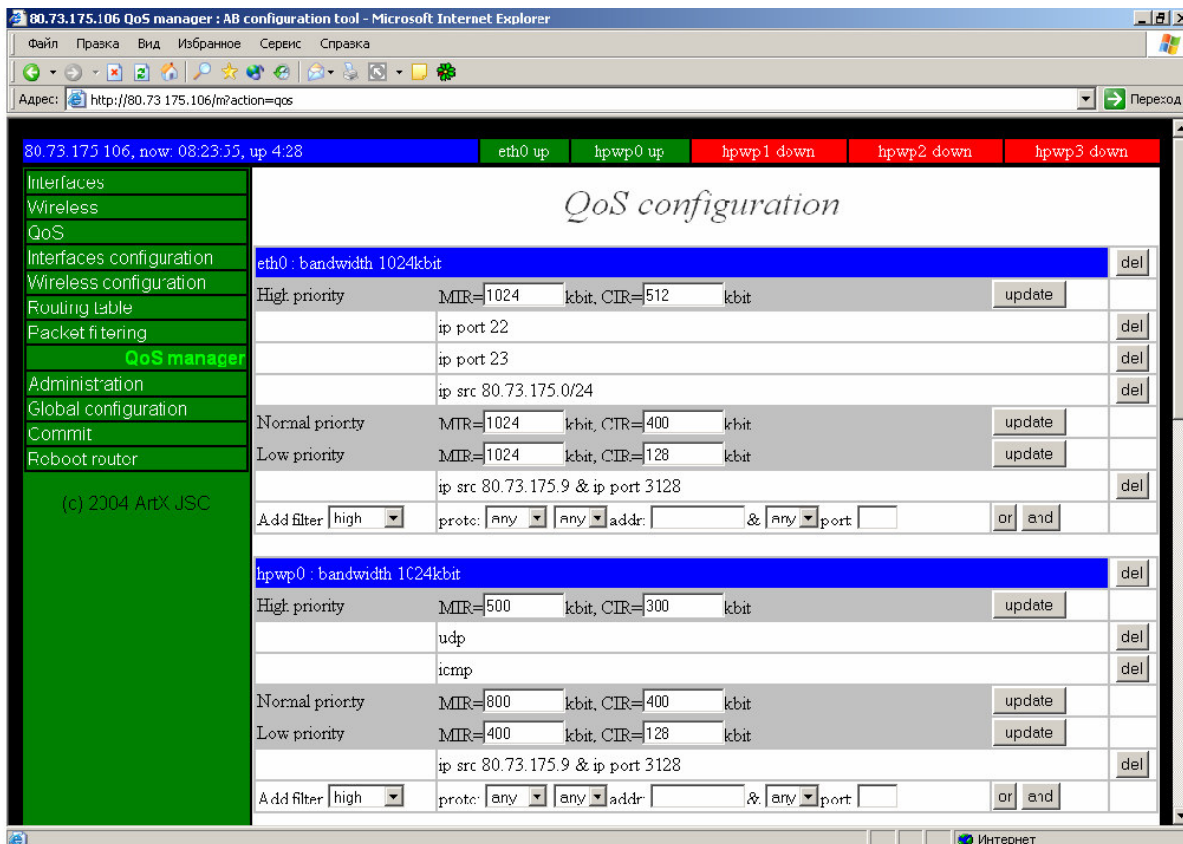
## **Проблема: Отсутствие управления ресурсами в полосе пропускания в сетях 802.11.**

Как уже обсуждалось выше, в сети 802.11 станция, несущая большую загрузку, может захватить практически весь ресурс радиоканала, поскольку метод доступа CSMA/CA фактически декларирует принцип «первым пришел – первым обслужен». Протокол Wi-Fi и его модификации не препятствуют станции с успехом претендовать на львиную долю ресурса в течение всего времени, пока она сильно загружена.

Очевидно, подобная «захватническая» тактика в отношении ресурса канала редко бывает допустимой – как в пользовательских сетях (клиент, загружающий медиафайл, фактически отключает всех остальных), так и в технологических сетях (датчик или видеочамера, от которых вдруг пошел большой объем телеметрии, способен «забить» все прочие).

## ✓ Преодоление проблемы в FORSAGE™:

Протокол FORSAGE™ способен решить эту проблему за счет использования динамического адаптивного поллинга. С помощью QoS меню конфигуризатора (картина 1) можно установить следующие функции, определяющие QoS (*quality of service, качество обслуживания*):



### - Установление Максимальной полосы пропускания для точки (*Maximum Information Rate, MIR*)

Каждой станции ставится в соответствие *максимальная* полоса пропускания, которую она может занять – как в нисходящем, так и в восходящем потоке. Станции не может быть выделено больше ресурса, но может быть выделено меньше.

### - Установление Минимальной полосы пропускания для точки (*Committed Information Rate, CIR*)

Очень перспективная функция, означающая, что станции *гарантируется* выделение обозначенной полосы пропускания, то есть станции всегда выделяется не меньше ресурсов, чем указано - как только она их запросит.

### - Установление приоритета по типам пакетов.

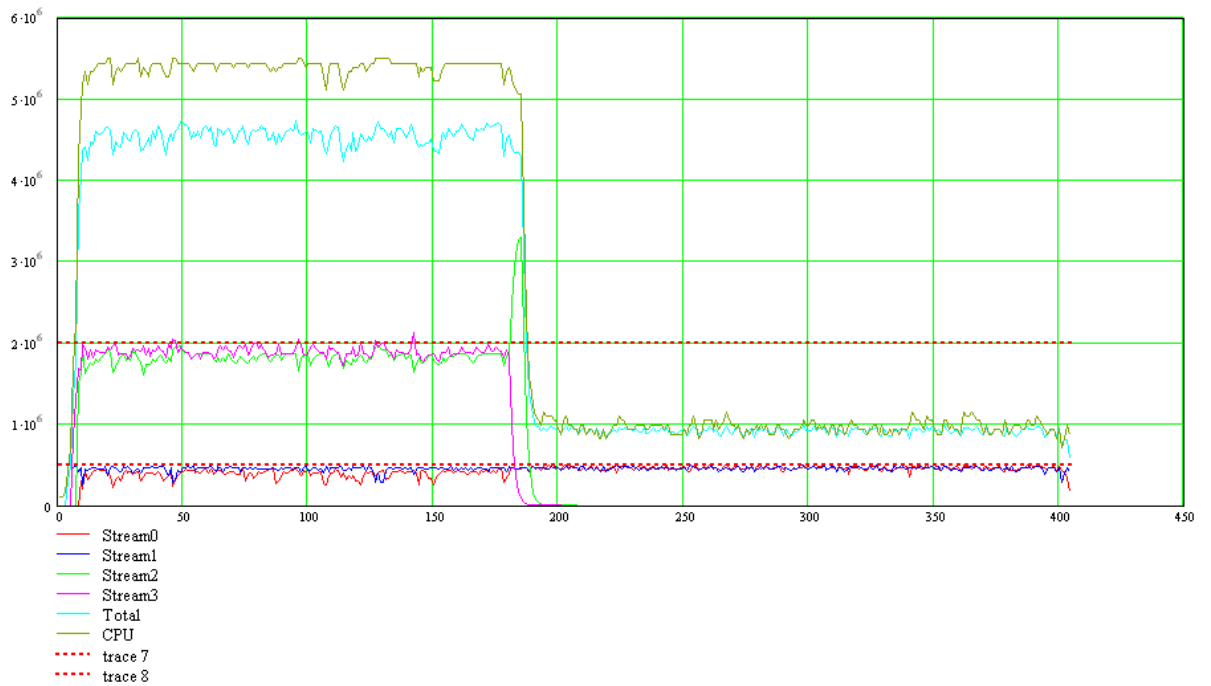
Гарантируется приоритетное прохождение определенных администратором типов пакетов. Эту функцию, особенно в сочетании с CIR, трудно переоценить в свете распространения мультимедиа сервисов и передачи трафика VoIP и TDMoIP.

## ✓ Примеры управления трафиком в FORSAGE™:

Пример эффективности установки MIR и CIR можно увидеть на приведенных ниже графиках. В измерениях была задействована базовая станция и 4 удаленных клиента. Измерения проводились программой TTCP со стандартными параметрами – 1000 пакетов по 8 килобайт.

**График №1.**

Полное включение QoS, указаны MIR и CIR.

**График №2.**

Тоже самое, отключен CIR.

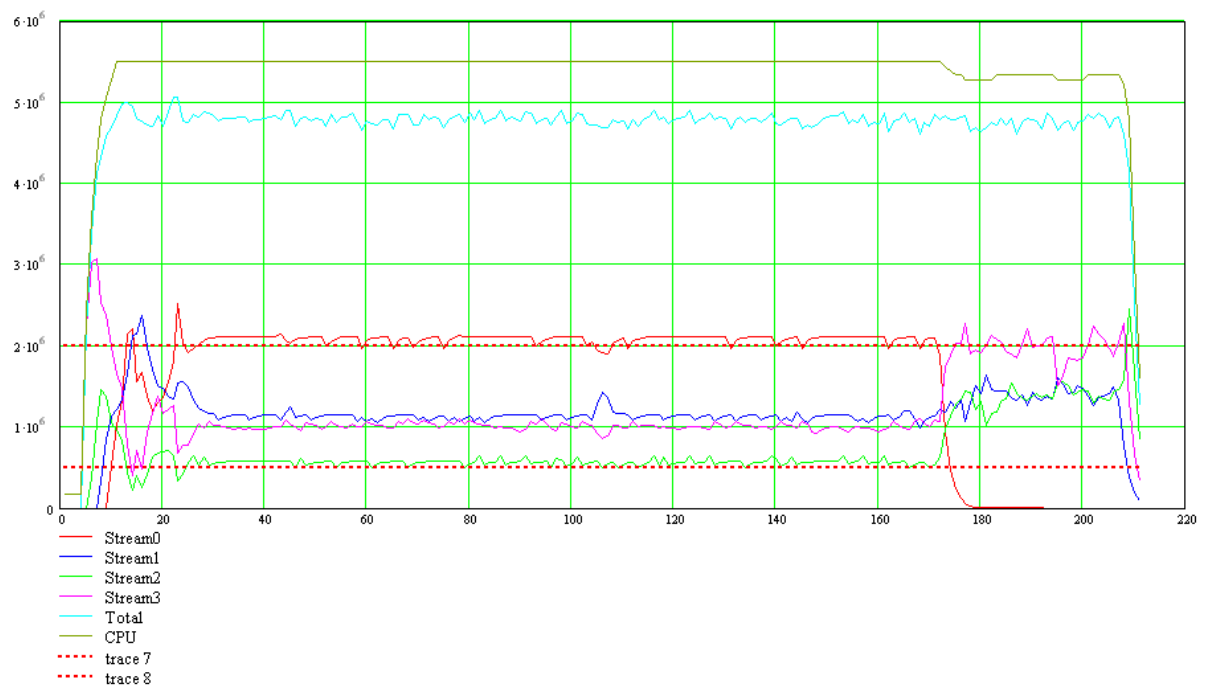


График №3.

Тоже самое, отключен CIR и MIR.

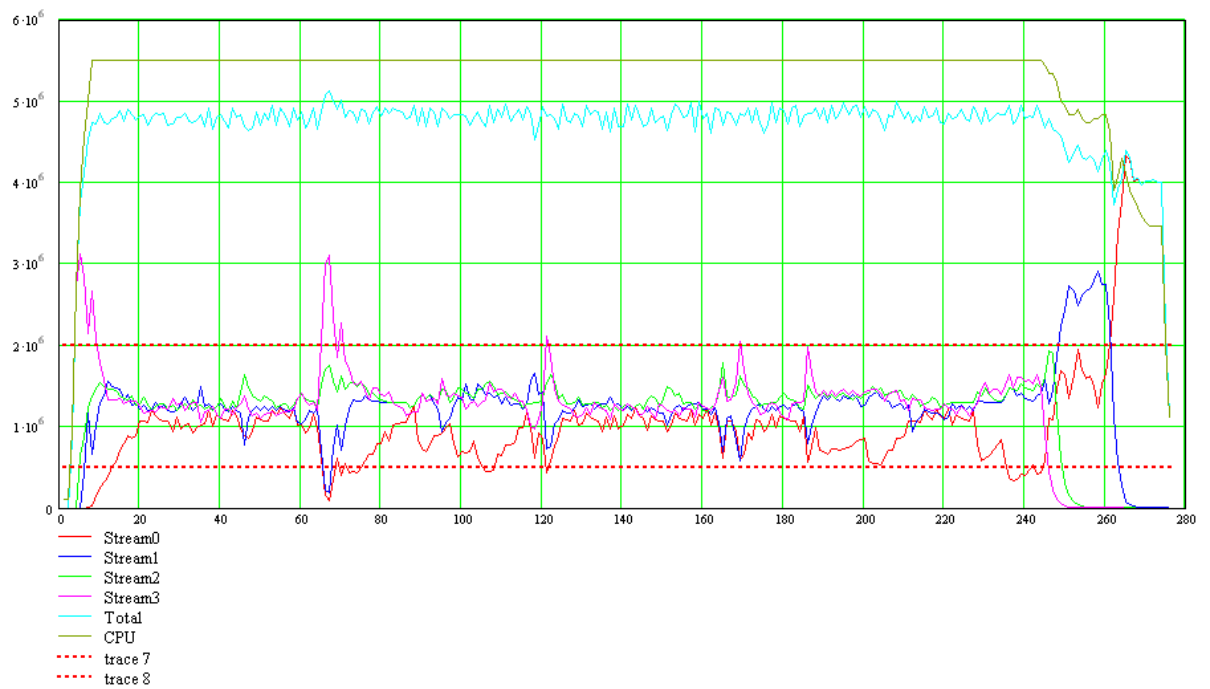
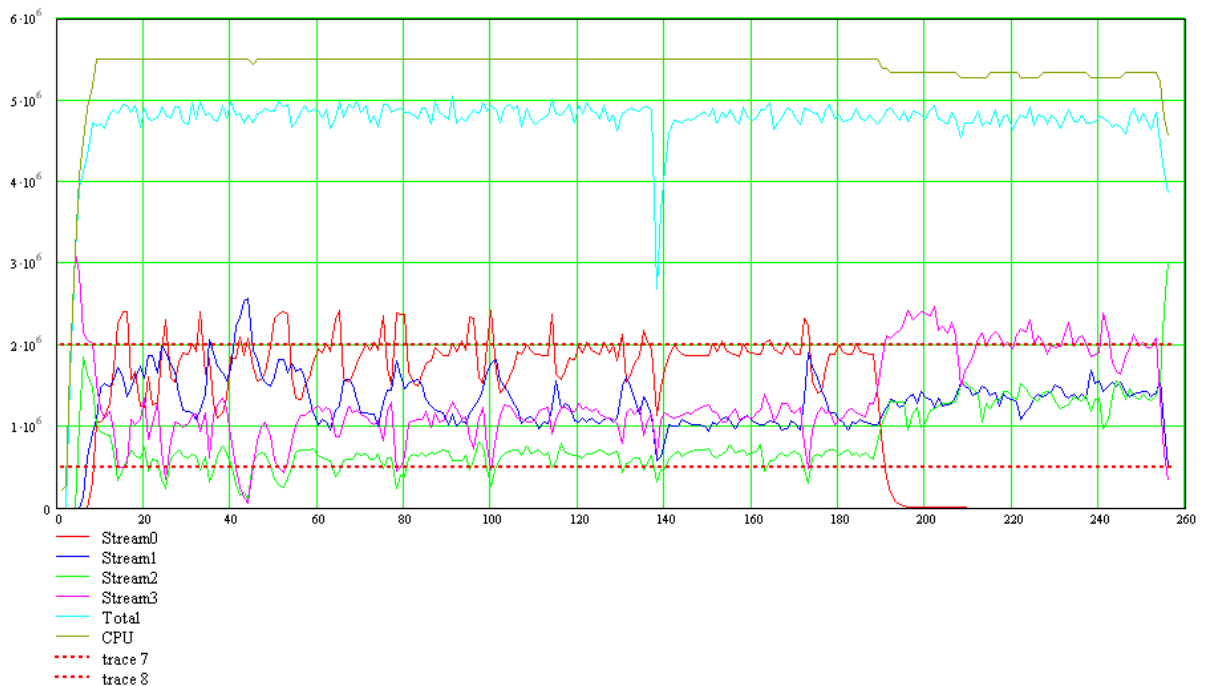


График №4.

Тоже самое, отключен MIR и CIR. Включена приоритизация для «красного» абонента, он последним включился и первым закончил передачу. На этом графике также видно пропорциональное перераспределение полос после освобождения ресурса (динамический полинг).



## **Програмное обеспечение FORSAGE™: Обзор функциональных возможностей.**

В состав программного обеспечения FORSAGE™ включен не только сам радиопrotocol FORSAGE™, но и множество функциональных возможностей, таких как:

- ☑ IP-маршрутизация (RIP, RIP-II, OSPF, RIP NG, BGP);
- ☑ IP-фильтрация (firewall);
- ☑ Применение ключа доступа к беспроводной сети;
- ☑ Аутентификация по MAC адресу;
- ☑ Поддержка 802.1x;
- ☑ NAT, DHCP;
- ☑ VLAN: 802.11g (до 1024 VLAN), Spanning Tree;
- ☑ Анализ и точная параметризация радио соединения;
- ☑ Статистика пропускной способности в режиме on-line;
- ☑ Режим настройки канала, юстировки антенн;
- ☑ Ведение журнала параметров соединения;
- ☑ Управление через Telnet, SSH, HTTP.
- ☑ Изменение любых параметров системы без перегрузки и прерывания обслуживания
- ☑ Возможность управления БС мощностью абонентского передатчика.
- ☑ Возможность управления на БС лучом адаптивной антенной решетки.