

УДК 681.324

Е.А. Пустошная (6 курс, каф. АиВТ), Л.К. Птицына, д.т.н., проф.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ В IP-СЕТЯХ

Для оценки качества передачи пакетной речи требуются критерии, отличные от тех, которые используются для нормирования аналоговых и цифровых каналов. На сегодняшний день единственный универсальный критерий качества передачи речи – субъективный метод оценки по рекомендациям и методикам МСЭ-Т, ETSI, связанный с восприятием абонента. Оценка производится в единицах рейтинга R (Quality Rating) по сто бальной шкале или единицами MOS (Mean Opinion Score) по пятибалльной шкале. Принятые в 2000 году ETSI ряд спецификаций на характеристики качества каналов и сетей IP-телефонии определяют следующие категории качества речи: наилучшая $90 \leq R < 100$, высокая $80 \leq R < 90$, средняя $70 \leq R < 80$, низкая $60 \leq R < 70$, плохая $50 \leq R < 60$.

Проведенный анализ качества синтезированной речи при передаче речевых данных через IP-сеть позволяет выделить три основные причины возникновения искажений, снижения качества и разборчивости речевого сигнала: задержки пакетов в IP-канале сети и аппаратуре шлюзов, потери пакетов в сети и джиттер пакетов. На результат воздействия этих факторов значительное влияние оказывает используемый тип кодека, который присутствует в аппаратуре шлюзов для связи телефонных сетей общего пользования с IP-сетью.

Каждый кодек вносит некоторую задержку, которая является составной частью общей задержки. В общем случае, задержка при передаче пакетов имеет несколько составляющих, каждая из которых может быть постоянной для конкретного канала сети или меняться в зависимости от состояния канала, его загруженности и характера передаваемых данных (например, увеличиваться при всплесках интенсивности трафика и росте среднего размера пакетов). Задержка кодека определяется в основном длительностью анализируемого им фрагмента речевого сигнала – фрейма. В зависимости от используемых кодеков, качество передачи речи с рейтингом $R > 70$ достижимо в том случае, если IP-тракт и шлюзы будут вносить задержку не более 200...350 мс, при предположении отсутствия потерь пакетов и джиттера.

При возникновении перегрузок в IP-сети маршрутизаторы могут сильно задержать, или сбросить пакеты, то есть происходит потеря пакетов, в результате чего в регенерируемом речевом сигнале возникают “пробелы”. Искажения речевого сигнала от потери пакетов также зависят от применяемых в шлюзах типов кодеков. Потеря 15% пакетов считается неприемлемой. В IP-канале хорошего качества максимально допустимый уровень потерь пакетов может составлять 1...3%, причем меньшая величина относится к низкоскоростным кодекам типа G.723.1 и G.729, а большая – к высокоскоростным кодекам типа G.711. Кроме того, искажения для всех типов кодеков зависят от длины пакета. Оптимальная (с точки зрения искажений, но не полосы) длина пакета для разного типа кодеков не должна превышать 20...60 мс.

Джиттер пакетов – разность во времени прохождения последовательности пакетов – возникает в сети из-за очередей и маршрутизации пакетов одного сегмента речи по разным путям. При “сборке” пакетов на приемном конце их последовательность может быть нарушена. В зависимости от типа кодека не воспринимается джиттер не более 15...50 мс. Таким образом, возникает необходимость включения в приемную часть шлюза буфера для превращения пакетной речи, отягощенной нестационарными задержками в канале, возможными перестановками пакетов, в непрерывный естественный речевой сигнал реального времени, то есть для восстановления исходной последовательности пакетов. Пакеты, джиттер которых превышает время их “удержания” в буферной памяти, не воспринимаются приемным уст-

ройством. Поэтому параметры буфера определяются компромиссом между величиной запаздывания сигнала (величиной времени удержания буфера) и процентом потерянных пакетов. Рекомендуется устанавливать размер буфера равным (или больше) максимальной амплитуде джиттера в сети. В этом случае буфер не вносит дополнительных потерь пакетов, а лишь увеличивает общее время задержки. Качественная реализация буфера в шлюзе IP-телефонии очень важный момент для улучшения качества передаваемого речевого сигнала, но еще важнее спроектировать IP-сеть таким образом, чтобы минимизировать вариацию задержек, так как проблемы с вариацией задержки являются общими для всех пакетных сетей.

Суммарное воздействие задержек и потерь пакетов на качество передачи речи исследовано для кодеков G.723.1 (6,3 Кбит/с) с 1% потери пакетов и G.729 с 2% потери пакетов. Полученные зависимости практически параллельны, что свидетельствует об аддитивном воздействии на речь (в единицах R) искажений от задержек и потерь пакетов. При потерях 1..2% пакетов и задержках более 150 мс качество речи в IP-канале с низкоскоростными кодеками падает ниже порога R=70.

Согласно проекту TIPHON института ETSI, в соответствии с исследованными показателями воздействия на качество речи, установлены следующие классы IP-сетей: класс 1 соответствует показателям потери пакетов менее 0,5%, джиттер менее 10 мс; класс 2 – потери пакетов менее 1%, джиттер менее 20 мс; класс 3 – потери пакетов менее 2%, джиттер менее 40 мс; и классы IP-каналов: наилучший (best) класс соединения для IP-канала с рейтингом качества R>85 и задержкой менее 100 мс. Соединение по этому классу в состоянии обеспечить лучшее качество речи, чем телефонная сеть общего пользования, но требует использования более высокоскоростного кодека, чем G.711 (64 Кбит/с). Высокий (high) класс соответствует рейтингу качества R>85 (эквивалентно или лучше, чем G.726 (32 Кбит/с)) и задержкой менее 100 мс. Средний (medium) класс предполагает R>70 и задержку менее 150 мс. Для низкого класса качество передачи речи установлено предположительно R>50, задержка менее 400 мс.