

## **АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ СИНХРОНИЗАЦИИ НА ЭТАПЕ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СЕТЕЙ 5G**

**Триска Н.Р.**

*ИТС КПИ им. Игоря Сикорского, Украина*

*E-mail: ntriska@ukr.net*

### **The actual issues of time synchronization during 5G networks deployment**

The main factors and perspectives of 5G mobile networks deployment are summarized. The role of time synchronization in the 5G concept development is emphasized, including standardization issues.

На сегодняшний день ведущие мировые операторы телекоммуникаций и производители оборудования находятся на этапе подготовки к развертыванию сетей мобильной связи нового, 5-го поколения (5G). Ожидается, что технология 5G станет толчком к развитию целого ряда перспективных приложений и концепций, таких как Интернет вещей, автоматически управляемые транспортные средства и “виртуальная реальность”.

Движущей силой разработки и последующей реализации концепции 5G стал сформировавшийся устойчивый спрос пользователей мобильной связи на более высокие скорости передачи данных, с одной стороны, и на повышение качества обслуживания – с другой. Чтобы удовлетворить этот спрос в условиях постоянного роста количества абонентов и обслуживаемых мобильных устройств, операторы готовы инвестировать средства в проекты 5G, что, в свою очередь, стимулирует научные исследования и стандартизацию в данной области. Учитывая, что большинство операторов будут строить сети 5G не “с нуля”, а на основе уже существующей инфраструктуры сетей предыдущих поколений, важным аспектом будет обеспечение преемственности и сосуществования технологий.

Согласно прогнозам, первые коммерческие сети 5G появятся в начале 2020-х годов [1, 2]. К этому времени необходимо разработать, проверить на практике и стандартизировать основные технические решения, на что уже сейчас направлены усилия ведущих органов по стандартизации, специализированных форумов и рабочих групп. На данном этапе 5G – это еще не технология в привычном понимании, а скорее общая концепция – набор ожидаемых технических характеристик, призванных удовлетворить растущие требования абонентов. Так, предполагается обеспечить передачу данных к абоненту со скоростью до 20 Гбит/с с задержкой менее 1 мс (для сравнения, в сетях 4G эти параметры составляют 1 Гбит/с и 70 мс соответственно). Для решения поставленных задач предполагается использовать целый ряд новых подходов и технических решений – как в технологическом плане, так и в части планирования сети и адаптации инфраструктуры. При этом ожидается, что для

опытной эксплуатации и тестирования первых сетей 5G будет выбран упрощенный сценарий организации широкополосного беспроводного доступа для фиксированных, а не мобильных абонентов, что позволит отработать основные технические решения 5G для последующей реализации мобильного доступа [2].

Среди наиболее перспективных направлений, которые могут найти применение в сетях 5G, выделяют следующее:

- использование миллиметрового диапазона (30 – 300 ГГц);
- малые соты;
- технология MIMO (антенные решетки);
- использование полного дуплекса (с обязательным подавлением эха);
- адаптивное формирование диаграммы направленности (beamforming), что позволит выбрать наиболее эффективный путь распространения сигнала к каждому абоненту с подавлением межканальных помех.

Вопрос о том, какие из этих решений и в каких сочетаниях будут реализованы в сетях 5G, пока остается открытым. Разработчикам предстоит решить целый ряд технических проблем, одна из которых – обеспечение жестких требований по параметрам задержки (менее 1 мс). По мнению ряда экспертов, для достижения таких показателей следует максимально приблизить сетевые ресурсы, используемые для предоставления чувствительных к задержке услуг (в частности, серверы), к конечному абоненту. На практике это может означать, что, например, сервер, с которого абонент получает запрашиваемую информацию, должен находиться на расстоянии не более 1 км от местонахождения абонента [1]. Такой подход потребует существенных изменений структуры сети мобильной связи и, в частности, принципов хранения и распределения данных на информационных серверах.

С другой стороны, величина задержки, как и другие показатели качества работы сети, непосредственно связана с параметрами синхронизации по тактовой частоте и времени. Необходимость поддержания точной синхронизации в пакетной сети операторского класса (прежде всего, при предоставлении услуг в реальном времени) подтверждена еще на этапе внедрения сетей 3G и сегодня уже не вызывает сомнений. Детальный анализ данного вопроса и соответствующей нормативной базы ITU можно найти, например, в [3]. С появлением технических требований к сетям 4G и 5G (в первую очередь, по показателям задержек) актуальность задач синхронизации еще более возросла, о чем свидетельствует активность исследований (в частности ITU и IEEE), а также последние разработки ведущих производителей оборудования синхронизации, позиционируемые на рынке как решения для сетей 5G.

В контексте услуг 3G-5G, как правило, говорят о необходимости синхронизации по фазе и/или по времени, то есть о согласовании шкал времени сетевых элементов с использованием стандартизированного двустороннего протокола передачи меток точного времени PTP (IEEE1588v2). Однако точность фазовой синхронизации напрямую связана с точностью тактовой синхронизации на физическом уровне, и поэтому на практике все шире

применяется комбинированный сценарий, предусматривающий совместное использование синхронного Ethernet для передачи тактовой частоты и протокола RTP для передачи точного времени. Кроме того, для синхронизации пакетных сетей широко применяются приемники спутниковых навигационных систем (прежде всего, GPS), причем не только в базовой транспортной сети, но и на участке радиодоступа.

Повышение требований к точности синхронизации с учетом перспективы внедрения 5G ставит новые задачи перед разработчиками специализированного оборудования и инженерами, занимающимися проектированием и эксплуатацией сетей синхронизации. Обновляется и международная нормативная база, в частности, требования к генераторному оборудованию различного класса. Примером может служить недавно вышедшая Рекомендация ITU-T G.8272.1/Y.1367.1 [4], определяющая основные характеристики улучшенного первичного эталонного генератора частоты и времени ePRTC (enhanced primary reference time clock), предназначенного для синхронизации будущих сетей 5G. По сравнению с “обычным” PRTC (Рекомендация ITU-T G.8272/Y.1367 [5]), к генераторному оборудованию ePRTC предъявляются более жесткие требования в части уровня фазовых шумов на выходе:

- в режиме захвата опорного сигнала максимальное отклонение временного интервала МОБИ (MTIE) не должно превышать 30 нс при  $\tau \geq 400\,000$  с (в то время как для “обычного” PRTC значение МОБИ не должно превышать 100 нс при  $\tau \geq 273$  с);
- в режиме удержания максимальный уход фазы за 14 суток не должен превышать 100 нс.

В настоящее время ведущие производители работают над созданием образцов генераторного оборудования, способных обеспечить подобные показатели кратковременной и долговременной стабильности. Однако даже если такое соответствие будет подтверждено в лабораторных условиях, остается еще целый ряд задач, связанных с практической реализацией требований к синхронизации в сетях 5G. Это планирование распределительной сети синхронизации, методики тестирования, метрологическое обеспечение, образование (подготовка специалистов) и другие вопросы, нуждающиеся в серьезной научной и практической проработке.

### Литература

1. Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile. Analysis./ Den Warren, Calum Dewar. – GSMA Intelligence, December 2014.
2. <http://spectrum.ieee.org/video/telecom/wireless/everything-you-need-to-know-about-5g>.
3. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р., Худынцев Н.Н. Обзор направлений исследований МСЭ в области частотно-временного обеспечения современных сетей связи. – Т-Comm, № 2-2014. – с.12-17.
4. ITU-T Recommendation G.8272.1/Y.1367.1 (11/2016) Timing characteristics of enhanced primary reference time clocks.
5. ITU-T Recommendation G.8272/Y.1367 (01/2015) Timing characteristics of primary reference time clocks.