

5. Вакась, В. И. Измерения параметров стабильности сигналов синхронизации в пакетных сетях / В. И. Вакась, Н. В. Федорова, Д. А. Демин // Зв'язок.— 2016.— № 1.— С. 40–43.

6. ITU-T G.8261.1/Y.1361.1 (02/2012). Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization).

7. Вакась, В. И. Распространение опорных сигналов синхронизации в IP-сетях. Реализация по протоколу RTP / В. И. Вакась, Н. В. Федорова // Системы управління, навігації та зв'язку.— Полтава.— 2014.— № 1.— С. 91–96.

**Рецензент:** доктор техн. наук, профессор В. А. Дружинин, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

*О. В. Савчук, В. І. Вакась, О. О. Кулінський, Д. О. Дьомін*

### ЕВОЛЮЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТАБІЛЬНОСТІ СИНХРОНІЗАЦІЇ В ПАКЕТНИХ МЕРЕЖАХ

Розглянуто основні параметри стабільності сигналів синхронізації та методи проведення їх вимірювань у пакетних мережах. Окреслено еволюційний шлях, який призвів до модифікації параметрів стабільності при переході на пакетні мережі. Подано результати вимірювань на реальній мережі.

**Ключові слова:** синхронізація; пакетні мережі; вимірювання параметрів стабільності; PDV (Packet Delay Variation); MAFE (Maximum Average Frequency Error).

*O. V. Savchuk, V. I. Vakas, O. O. Kulinskyi, D. A. Diomin*

### EVOLUTION OF STABILITY OF SYNCHRONIZATION PARAMETERS IN PACKET NETWORKS

There are main parameters of synchronization signals stability and methods for their measurement in packet networks in the article. We consider an evolutionary way leading to the modification of stability parameters during the transition to packet networks. Issue the results of measurements on the real network.

**Keywords:** synchronization; package networks; measurement of parameters stability; PDV (Packet Delay Variation); MAFE (Maximum Average Frequency Error).

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Н. В. ФЕДОРОВА, канд. техн. наук, Государственный университет телекоммуникаций, Киев;

Н. В. ПИРОГОВА, ПрАТ «Киевстар»;

Б. М. БЫШОВЕЦ, ПрАТ «Укртелеком», Киев

## Четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью

**Рассмотрены перспективы создания мультисервисной макросети на базе технологий 2-го, 3-го, 4-го и 5-го поколений. Указаны основные требования к мультисервисной макросети, подразумевающей интеграцию существующих и новых технологий. Обозначены актуальные вопросы и задачи по управлению мультисервисной макросетью. Предложена четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью.**

**Ключевые слова:** технологии 2G, 3G, 4G и 5G; мультисервисная макросеть; управление мультисервисной макросетью; четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью.

### Введение

С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг — от интеллектуальных электросчетчиков, автомобилей и подключенных бытовых приборов до промышленных объектов, к таким сетям выдвигаются новые разнообразнейшие требования. Поэтому подход «одна технология для всех» вряд ли может быть эффективным для обеспечения растущего числа запросов со стороны бизнеса, общества и отдельных пользователей. Технологии продолжают свое развитие с целью повышения производительности и приумножения возможностей. В дополнение к существующим технологиям радиодоступа появятся новые технологии, которые позволят решать задачи, не решаемые в рамках 2G/3G/4G [1].

### Основная часть

Согласно прогнозам, уже к 2020 году появится то, что называют 5G [2], т. е. набор органично интегрированных технологий радиодоступа. Учитывая, что 4G — это эволюционное совершенствование технологий мобильной связи, так же, как и развитие HSPA и Wi-Fi, технология 4G в ближайшем будущем сохранит свою актуальность. Даже GSM и далее будет играть важную роль, оставаясь и после

© Н. В. Федорова, Н. В. Пирогова, Б. М. Бышовец, 2017

2020 года доминирующей технологией во многих уголках земного шара. Следовательно, речь идет не о замене существующих технологий на 5G, а скорее, об их развитии и пополнении новыми технологиями радиодоступа, предназначенными для конкретных сценариев и определенных целей.

Прозрачная интеграция существующих и новых технологий будет способствовать повышению качества пользовательского опыта и появлению целого ряда новых услуг. Активное развитие и функционирование технологий, объединяющих общество в едином пространстве, способствует и ведет к созданию макросети оператора (рис. 1).

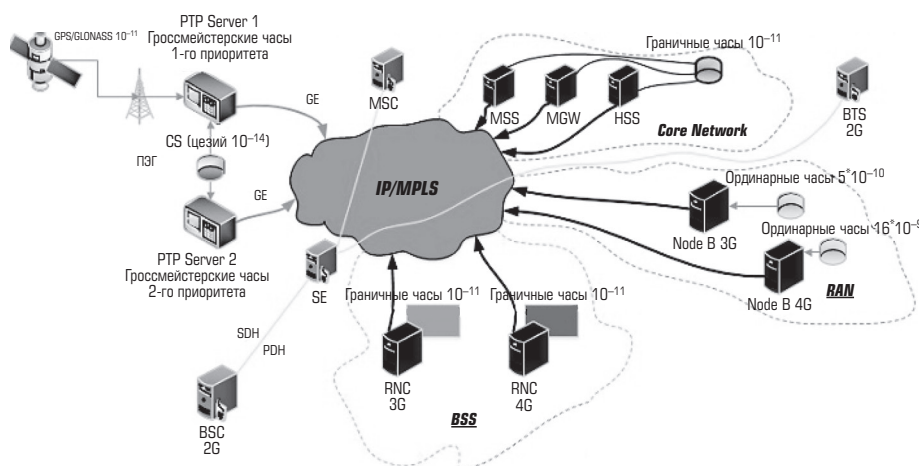


Рис. 1. Макросеть мобильного оператора:

GPS/GLONASS — глобальная навигационная спутниковая система;  
PTP Server 1, 2 — гроссмейстерские часы 1-го/2-го приоритета;  
CS — цезий;  
GE — Gigabyte Ethernet;  
ПЭГ — первичный эталонный генератор;  
SE, SEC — оборудование синхронизации;  
MPLS — многопротокольная коммутация по меткам;  
RAN — сеть радиодоступа;  
Node B — узел B;

Core Network — подсистема коммутации управления;  
Mobile Satellite Service (MSS) — мобильная спутниковая служба;  
MGW — медиашлюз;  
HSS (Home Subscriber Service) — домашний абонентский сервер;  
BSC — контроллер базовых станций;  
MSC — центр коммутации мобильной связи;  
BTS — базовая приемно-передаточная станция;  
BSS — система базовых станций;  
RNC — контроллер радиосети

Основные требования к макросети направлены на достижение следующих целей [3]:

- увеличение в разы максимальной скорости передачи данных;
- обеспечение доступа в сеть Интернет в любой точке;
- переход на облачную инфраструктуру;
- использование масштабируемой и экономичной транспортной сети;
- обеспечение гарантированного качества (QoS) для любых видов услуг.

Проблема перехода от традиционных сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов является одной из наиболее актуальных для операторов связи. Перспективные разработки в области IP-коммуникаций связаны с созданием комплексных решений, позволяющих при развитии сетей следующего поколения сохранять существующие подключения и обеспечивать бесперебойную работу в любой сети доступа: на инфраструктуре медных пар, по оптическим каналам, на беспроводной (WiMAX, Wi-Fi) и проводной (ETTH, PLC и др.) сети.

Согласно концепции «неразрушающего» перехода, подобные решения должны позволять точно переводить отдельные сегменты на новые технологии без кардинальной смены всей структуры сети [4].

Основное отличие сетей следующего поколения от традиционных сетей заключается в том, что вся информация, циркулирующая в сети, разбита на две составляющие: первая — сигнальная информация, обеспечивающая коммутацию абонентов и предоставление услуг; вторая — непосредственно пользовательские данные, содержащие полезную нагрузку, предназначенную абоненту (голос, видео, данные). Пути прохождения сигнальных сообщений (сигналов управления) и пользовательской нагрузки (пользовательских данных) могут не совпадать. Общая архитектура мультисервисной макросети представлена на рис. 2, где пути прохождения сигнальных сообщений обозначены пунктиром, а пользовательской нагрузки — сплошными линиями.

В частности, решения для «неразрушающего» перехода должны отвечать следующим требованиям [4]:

- интеграция в существующую сеть оператора, поддержка новой транспортной технологии;
- полностью модульная архитектура с возможностями географического распределения и резервирования;

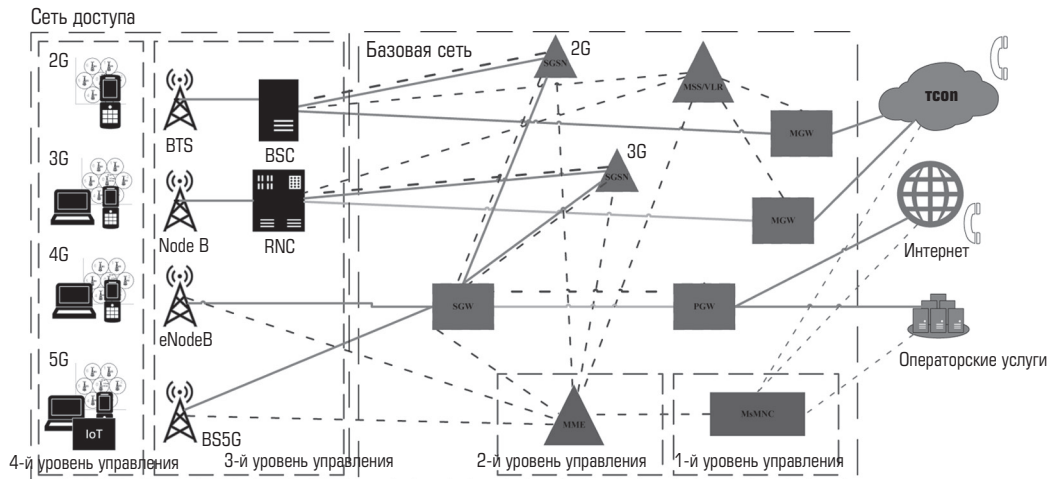


Рис. 2. Общая архитектура мультисервисной макросети:

- IoT — интернет вещей;
- BTS — базовая станция 2G;
- NodeB — базовая станция 3G;
- eNode — базовая станция 4G;
- BS5G — базовая станция 5G;
- BSC — контроллер сети радиодоступа 2G;
- RNC — контроллер сети радиодоступа 3G

- возможность гибкого увеличения производительности благодаря приобретению лицензий и добавлению в систему серверов;
- возможность внедрения новых видов услуг в минимальные сроки;
- соответствие требованиям законодательства об архитектуре сети.

При интеграции в существующую сеть оператора важным критерием становится модель управления сетью — появляется многоуровневая система управления. Для мультисервисной макросети, изображенной на рис. 2, такая модель системы управления приобретает четыре уровня управления (рис. 3).

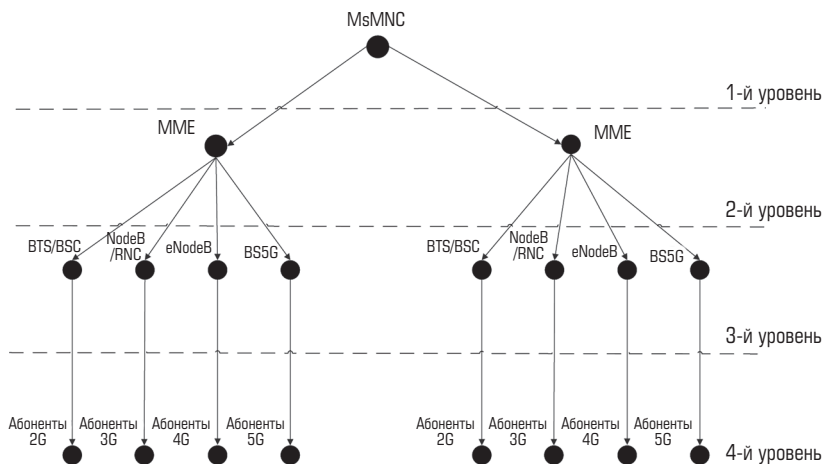


Рис. 3. Четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью:

- BTS — базовая станция 2G;
- NodeB — базовая станция 3G;
- eNode — базовая станция 4G;
- BS 5G — базовая станция 5G;
- BSC — контроллер сети радиодоступа 2G;
- RNC — контроллер сети радиодоступа 3G
- MME — узел управления сетью;
- MsMNS — контроллер мультисервисной макросети

На четвертом уровне располагаются абоненты (абонентские терминалы) сегментов доступа 2G, 3G, 4G, 5G. Абонентские терминалы могут осуществлять управление собственным мобильным ресурсом — непосредственно делать запросы о запуске хэндовера, а также по другому поводу, в частности для удовлетворения своих потребностей, осуществлять выбор используемых ресурсов — сети 2G, 3G, 4G или 5G, т. е. осуществлять местное управление своим трафиком [4; 5].

На третьем уровне находятся базовые станции совместно с контроллерами базовых станций. Именно этот уровень отвечает за управление радиочастотным ресурсом; позволяет направлять вызовы по более короткому маршруту и с минимальным использованием ресурса базовой сети.

Он обеспечивает:

- ◆ контроль радиоресурсов (включая управление доступом), балансировку нагрузки и управление мобильностью, включая принятие решений о хэндовеере для мобильных абонентов или оборудования абонентов;
- ◆ переключение и освобождение разговорных каналов между коммутатором и базовой станцией;
- ◆ управление процедурой Frequency hopping (перескоки разговорного канала по частоте в радиointерфейсе);
- ◆ уведомление мобильной станции о поступившем вызове (Paging);
- ◆ управление уровнями излучаемой мощности мобильной и базовой станциями во время разговора при изменении условий приема;
- ◆ наблюдение за качественными характеристиками радиосигнала во время разговора.

Обслуживание базовых станций предусматривает:

- установку и обновление программного обеспечения;
- мониторинг и устранение аварийных ситуаций;
- изменение логического состояния элементов;
- тестирование оборудования;
- управление всеми интерфейсными каналами к другим элементам сети;
- управление радиоресурсами на интерфейсе между базовой станцией и оборудованием абонента;
- установление, поддержание и разъединение соединений через сеть радиодоступа для голосовых, пакетных и других видов услуг;
- приоритезацию пакетного трафика для различных абонентов;
- контроль качества на радиосоединениях и шифрование трафика на всех интерфейсах [4; 5].

На втором уровне находятся узлы управления мобильностью (ММЕ — *Mobility Management Entity*), которые являются контролирующими модулями и отвечают за процедуры обеспечения мобильности, хэндовеера, слежения и пейджинга оборудования абонента. Этот уровень участвует в процессах активации/деактивации сетевых ресурсов, а также:

- отвечает за выбор сервисного шлюза для оборудования абонента при начальном подключении и при хэндовеере внутри мультисервисной макросети со сменой узла базовой сети;
- обеспечивает аутентификацию пользователя;
- проверяет авторизацию оборудования абонента для доступа к сервис-провайдерам мобильных сетей;
- реализует роуминговые ограничения для оборудования абонента.

ММЕ является заключительной точкой сети для шифрования/защиты целостности сигнализации и отвечает за управление безопасностью; ММЕ предоставляет плоскость функций контроля для обеспечения мобильности между технологиями 4G и 2G/3G в мультисервисной макросети [4; 5].

С появлением на рынке телекоммуникаций технологии 5G [5] для повышения точности и быстродействия мультисервисной макросети возникнет необходимость рационального подхода к управлению данной сетью в целом. Поэтому предложен еще один уровень управления — *первый*.

На первом уровне управления находится контроллер мультисервисной макросети (MsMNC — *Multiservice Macro-Network Controller*), который и осуществляет управление сегментами доступа 2G, 3G, 4G, 5G. Следовательно, основная цель MsMNC — это оценка входного трафика и направление его по конкретному пути прохождения через мультисервисную макросеть согласно изначально заданной таблице приоритетов MsMNC:

| Вход | Технология согласно трафику | Приоритет согласно трафику |
|------|-----------------------------|----------------------------|
| 1    | 2G                          | 1                          |
| 2    | 3G                          | 2                          |
| 3    | 4G                          | 3                          |
| 4    | 5G                          | 4                          |

Данная система управления (СУ) представляет собой разновидность адаптивной системы — структуры, изменяющейся в зависимости от накопленного опыта (в сущности, робастную СУ). Основными параметрами указанной СУ является устойчивость, быстродействие и точность. Система обеспечивает требуемые запасы устойчивости при варьируемых показателях быстродействия и точности.

### Выводы

1. Активное эволюционное развитие технологий в скорой перспективе приведет к созданию макросетей, целью которых станет решение принципиально новых задач. Появятся новые требования и задачи, которые уже сейчас можно определить и обозначить.
2. Согласно концепции «неразрушающего» перехода от традиционных сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов, подобные решения должны позволять точно переводить отдельные сегменты на новые технологии без кардинальной смены всей структуры сети.
3. При интеграции технологий в одну мультисервисную макросеть оператора важным критерием выступает модель управления сетью — появляется многоуровневая система управления.
4. Четырехуровневое управление мультисервисной макросетью позволит в один момент получить выигрыш по быстродействию, в другой момент по точности, а вместе это приведет к повышению эффективности использования ресурсов макросети в целом.

### Список использованной литературы

1. Тихвинский, В. О. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. — М.: Эко-Трендз, 2010.
2. Технологии мобильной связи пятого поколения (5G) [Электронный ресурс] // White Paper. — Ericsson, сентябрь 2013. — Режим доступа: [http://ericsson.com/kz/news/130919\\_wp\\_5g\\_254740124](http://ericsson.com/kz/news/130919_wp_5g_254740124).
3. Федорова, Н. В. Макросеть как объединение технологий 2G, 3G, 4G и 5G / Н. В. Федорова, Н. В. Пирогова // Региональный семинар МСЭ для стран СНГ и Грузии «Тенденции развития конвергентных сетей: пост-NGN, 4G и 5G»: материалы конф. (17–18 ноября 2016). — Киев, 2016. — С. 137–138.
4. Чижиков, Д. Мультисервисные сети следующего поколения: потребности рынка, принципы, мониторинг [Электронный ресурс] / Дмитрий Чижиков. — Режим доступа: <http://www.iksmedia.ru>.
5. Романшенков, Н. О. Гетерогенные сети: ключевые технологии HetNet и сценарии развертывания [Электронный ресурс] / Н. О. Романшенков // Портал о современных технологиях мобильной и беспроводной связи.

**Рецензент:** доктор техн. наук, профессор В. А. Дружинин, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

*Н. В. Федорова, Н. В. Пирогова, Б. М. Бишовець*

### ЧОТИРИРІВНЕВА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНОЮ МАКРОМЕРЕЖЕЮ

Розглянуто перспективи створення мультисервісної макромережі на базі технологій 2-го, 3-го, 4-го та 5-го поколінь. Подано основні вимоги до мультисервісної макромережі, що має на меті інтеграцію існуючих та новітніх технологій, окреслено актуальні питання та завдання щодо управління мультисервісною макромережею. Запропоновано чотирирівневу систему управління мультисервісною макромережею.

**Ключові слова:** технології 2G, 3G, 4G та 5G; мультисервісна макромережа; управління мультисервісною макромережею; чотирирівнева система управління.

*N. V. Fedorova, N. V. Pirogova, B. M. Byshovets*

### FOURLEVEL SYSTEM MANagements MULTISERVICE MACRO-NETWORK

The prospects of creation of multiservice macro-network are considered on the base of technologies 2G, 3G, 4G and 5G. The basic requirements are indicated to multiservice macro-network, implying integration of existent and new technologies. Pressing questions and tasks mark on a management multiservice macro-network. Fourlevel control system is offered by multiservice macro-network.

**Keywords:** technology 2G, 3G, 4G and 5G, multiservice macro-network, multiservice macro-network management, fourlevel control system.