

УДК 621.396.2:621.395

МОДЕЛЬ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СЕТИ 5G В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

КАРПУК А. А., КАБАК Н. И., БАХУР М. В.

*Белорусская государственная академия связи
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: a_karpuk@mail.ru

Аннотация. Предложена модель развертывания сети сотовой подвижной связи стандарта 5G в Республике Беларусь. Описаны этапы перехода от сети стандарта 4G к сети стандарта 5G. Определен порядок развертывания макросот и микросот для оказания услуг электросвязи общего пользования по стандартам технологии 5G в Республике Беларусь.

Abstract. A model for the deployment of a 5G cellular mobile network in the Republic of Belarus is proposed. The stages of transition from a 4G network to a 5G network are described. The procedure for the deployment of macrocells and microcells for the provision of public telecommunication services according to 5G technology standards in the Republic of Belarus has been determined.

Каждое поколение беспроводных технологий традиционно вводится вместе с новыми диапазонами спектра, которые предоставляется для развертывания этой технологии. Поскольку число пользователей, использующих новую технологию, постепенно увеличивается, спектр может быть перенесен из более старой в более новую технологию. Однако в случае сети 5G дополнительным ограничением является то, что новые диапазоны спектра, предлагаемые для сетей 5G, находятся на более высоких частотах и, следовательно, не обеспечивают такой же уровень покрытия, как диапазоны спектра, на которых сети стандарта LTE развернуты в настоящее время. Для устранения этого ограничения в стандарте 5G NR предусмотрена возможность совместного использования радиointерфейсов NR и LTE [1]. Переход операторов оказанию услуг электросвязи общего пользования по стандартам технологии 5G с совместным использованием радиointерфейсов NR и LTE можно выполнить по этапам, предложенным В. Тихвинским в докладе на 3-ей Ежегодной Конференции по управлению спектром для стран СНГ и Центральной и Юго-Восточной Европы в апреле 2019 в г. Минске [2].

В исходном состоянии абонентские терминалы (АТ) взаимодействуют с усовершенствованными базовыми станциями (БС) стандарта 4G (eNB), которые взаимодействуют между собой по интерфейсу X2 и взаимодействуют с усовершенствованным пакетным ядром сети 4G по интерфейсу S1, передавая и получая пользовательские данные (интерфейс S1-U) и данные управления (интерфейсы S1-AP).

На первом этапе добавляются БС стандарта 5G, работающие в сети LTE (en-gNB), каждая из которых взаимодействует с одной из БС стандарта eNB по интерфейсу X2, передавая и получая пользовательские данные (интерфейс X2-U) и данные управления (интерфейс X2-C). В этой паре БС стандарта eNB является главной (Master), а БС стандарта ng-eNB – подчиненной (Secondary). БС стандарта ng-eNB взаимодействуют с пакетным ядром 4G в части передачи и получения пользовательских данных по интерфейсу S1-U. В этом варианте для работы с сетью в стандарте 5G требуются двухстандартные АТ, работающие одновременно с БС стандарта eNB и БС стандарта en-gNB. Двухстандартный АТ сначала регистрируется в сети 4G и передает ее ядру результаты измерений, выполняемых на сети радиодоступа NR. При удовлетворительном качестве радиосигнала сети NR БС стандарта 4G eNB инициирует запрос к БС стандарта 5G en-gNB на выделение двухстандартному АТ сетевых ресурсов. После завершения процедуры двухстандартный АТ подключается одновременно к сетям 4G и 5G.

На втором этапе БС стандарта 4G eNB модернизируются для работы в сети 5G до уровня ng-eNB, добавляются БС стандарта 5G gNB и добавляется функциональное ядро сети 5G. БС стандартов ng-eNB и gNB взаимодействуют с ядром сети 5G по интерфейсу NG, передавая и получая пользовательские данные (интерфейс NG-U) и данные управления (интерфейс NG-C). Между собой БС взаимодействуют по интерфейсу Xn. Кроме того, БС стандарта ng-eNB взаимодействуют с ядром сети 4G и обеспечивают работу в этой сети АТ стандарта LTE. Каждая БС стандарта gNB может либо находиться в связке Master-Secondary с одной из БС стандарта ng-eNB и обеспечивать работу

двухстандартных АТ в сети 5G, либо работать в сети 5G самостоятельно и обеспечивать работу в этой сети АТ стандарта NR.

Наконец, на третьем этапе выводится из эксплуатации пакетное ядро сети 4G, и все функции по оказанию услуг электросвязи общего пользования по стандартам технологии 4G, в том числе обеспечение работы АТ стандарта LTE, берут на себя БС стандарта 5G ng-eNB и функциональное ядро сети 5G.

Этапы 1 и 2 соответствует Спецификации 5G New Radio с неавтономной архитектурой NSA 5G NR, а этап 3 соответствует Спецификации 5G New Radio с автономной архитектурой SA 5G NR. На этапе 1 не используется функциональное ядро сети 5G, включающее технологии NFV (виртуализация сетевых функций), SDN (Software Defined Network, программно-определяемые сети), Cloud RAN (облачная инфраструктура) и Virtualized Backhaul (виртуализация транспортной сети). Вместо этих технологий работает пакетное ядро сети 4G, которое не может обеспечить оказание услуг сверхнадежной межмашинной связи с низкими задержками (URLLC) и имеет ограниченные возможности по оказанию услуг крупномасштабных систем межмашинной связи (mMTC). В связи с этим сети стандарта 5G в варианте этапа 1 создаются только для исследования и демонстрации возможностей сетей стандарта 5G при оказании услуг усовершенствованной подвижной сотовой связи (Extreme Mobile Broadband, eMBB). При реализации коммерческих проектов по созданию сетей стандарта 5G работы будут начинаться с этапа 2.

Перечень услуг электросвязи общего пользования по стандартам 5G, которые могут быть востребованы в Республике Беларусь, включает [3]:

- 1) eMBB с использованием 5G-устройств (смартфонов, планшетов, экранов и т.д.) внутри зданий;
- 2) eMBB с использованием 5G-устройств на территории плотной городской застройки;
- 3) eMBB с использованием 5G-устройств на территории обычной городской и пригородной (малоэтажной) застройки;
- 4) eMBB с использованием 5G-устройств на территории сельской застройки;
- 5) eMBB с использованием 5G-устройств в местах массового скопления пользователей (спортсооружения, концертные залы, вокзалы, аэропорты и т.д.);
- 6) eMBB с использованием 5G-устройств вдоль железнодорожных и шоссейных магистралей;
- 7) mMTC «Умный дом», «Умное здание», «Умный город», «Сенсорные сети», «Окружающая среда», «Умное сельское хозяйство», «Отслеживание грузов»;
- 8) системы URLLC для дистанционного мониторинга и управления в критических ситуациях («Безопасный город», «Дистанционная хирургия»);
- 9) системы URLLC для промышленной автоматизации «Умное предприятие»;
- 10) системы для управления транспортной инфраструктурой «Умные дороги»;
- 11) системы URLLC для управления беспилотными транспортными средствами.

При развертывании сети оператора для оказания услуг электросвязи общего пользования по стандартам технологии 5G в Республике Беларусь следует предусмотреть развертывание следующих макросот и микросот.

1. Развертывание макросот на территории сельской застройки, предназначенных для обеспечения покрытия более крупной и непрерывной широкой зоны. Антенны БС устанавливаются, как правило, на вершине мачты. Выполняется путем модернизации существующих БС стандарта 4G eNB до ng-eNB. На этапе 2 перехода к сети стандарта 5G модернизируются БС тех сельских районов, в которых запланировано оказание услуги 4. На этапе 3 модернизируются остальные БС. Модернизированные БС будут работать в диапазоне 700-800 МГц с шириной полосы 10-20 МГц, обеспечивать скорость обмена данными до 100 Мбит/с, иметь радиус зоны покрытия 5-10 км.

2. Развертывание макросот на территории обычной городской и пригородной застройки, предназначенных для обеспечения покрытия поселков городского типа, пригородов и городских кварталов с обычной (неплотной) застройкой, но исключая ненаселенные зоны между ними. Антенны БС устанавливаются, как правило, на мачте/крыше, а пользователи могут находиться либо вне помещения, либо внутри помещения. Выполняется путем модернизации существующих БС стандарта 4G eNB до ng-eNB. На этапе 2 модернизируются БС тех поселков и городов, в которых запланировано оказание услуг 3 или 7. На этапе 3 модернизируются остальные БС. Модернизированные БС будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 1,5-5 км.

3. Развертывание макросот на территории плотной городской застройки, предназначенных для многоэтажных зданий, когда антенны БС устанавливаются, как правило, на уровне или выше уровня

крыши. Мощность БС может меняться в зависимости от местных потребностей развертывания и покрытия. Пользователи могут находиться либо вне помещения, либо внутри помещения. Выполняется путем модернизации существующих БС стандарта 4G eNB до ng-eNB и добавления БС стандарта 5G gNB. На этапе 2 модернизируются БС тех городов, в которых запланировано оказание услуг 2 или 7. На этапе 3 модернизируются остальные БС. Модернизированные и добавленные БС будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 0,2-1,5 км.

4. Развертывание наружных микросот на территории обычной городской и пригородной застройки для тех макросот, в которых не обеспечивается требуемая пропускная способность. Антенны БС устанавливаются, как правило, на опорах. Пользователи могут находиться либо вне помещения, либо внутри помещения. БС микросот будут работать в диапазоне 26 ГГц с шириной полосы 400-1000 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 50-200 м.

5. Развертывание наружных микросот на территории плотной городской застройки для тех макросот, в которых не обеспечивается требуемая пропускная способность. Антенны БС устанавливаются ниже уровня крыш зданий. Пользователи могут находиться либо вне помещения, либо внутри помещения. БС микросот будут работать в диапазоне 26 ГГц с шириной полосы 400-1000 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 20-100 м.

6. Развертывание внутренних микросот внутри зданий на территории плотной городской, обычной городской и пригородной застройки для тех зданий, в которых не обеспечивается покрытие требуемого качества или требуемая пропускная способность для оказания услуг 1 или 7. БС и пользователи находятся внутри помещений. БС микросот будут работать в диапазоне 26 ГГц с шириной полосы 400-1000 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 10-50 м.

7. Развертывание макросот, наружных и внутренних микросот в местах массового скопления пользователей (спортобъекты, концертные залы, вокзалы, аэропорты и т.д.), в которых запланировано оказание услуги 5. Если это отдельное сооружение, не покрываемое макросотой городской или пригородной застройки (например, Национальный аэропорт), то для него развертывается отдельная макросота с БС, работающей в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивающей скорость обмена данными более 1 Гбит/с и радиус зоны покрытия 0,5-5 км. Если эта макросота не обеспечивает требуемой пропускной способности для оказания услуги 5, то внутри нее развертываются наружные и внутренние микросоты, работающие в диапазоне 26 ГГц с шириной полосы 400-1000 МГц, обеспечивающие скорость обмена данными более 1 Гбит/с и радиус зоны покрытия 20-100 м.

8. Развертывание макросот вдоль железнодорожных и шоссейных магистралей, для которых запланировано оказание услуги 6. Антенны БС направляются вдоль магистралей в обоих направлениях и на магистрали. БС макросот будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь длину зоны покрытия вдоль магистрали в одном направлении 0,5-5 км.

9. Развертывание наружных и внутренних микросот в городах и медицинских центрах, в которых запланировано оказание услуги 8. БС будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 0,2-1 км.

10. Развертывание наружных и внутренних микросот на территории предприятий, для которых запланировано оказание услуги 9. БС будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь радиус зоны покрытия 0,2-1 км.

11. Развертывание наружных микросот вдоль дорог, для которых запланировано оказание услуги 10. Антенны БС направляются вдоль дорог в обоих направлениях и на дороги. БС будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь длину зоны покрытия вдоль дороги в одном направлении 0,2-1 км.

12. Развертывание наружных микросот вдоль дорог, для которых запланировано оказание услуги 11. Антенны БС направляются вдоль дорог в обоих направлениях и на дороги. БС будут работать в диапазоне 3,4-3,8 ГГц с шириной полосы 50-200 МГц, обеспечивать скорость обмена данными более 1 Гбит/с, иметь длину зоны покрытия вдоль дороги в одном направлении 20-100 м.

Список использованных источников

1. Bertenyi, B. 5G NR Radio Interface / B. Bertenyi e. a. // Journal of ICT Standardization. – May 2018. – Vol. 6, Issue 1 & 2. – P. 31–58. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.13052/jicts2245-800X.613>. – Дата доступа: 12.10.2020.
2. Тихвинский, В. Российский путь к 5G / В. Тихвинский // Презентация доклада на 3-ей Ежегодной Конференции по управлению спектром для стран СНГ и Центральной и Юго-Восточной Европы 8-11 апреля 2019, Минск, Беларусь. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drive.google.com/drive/folders/1YbF_a0fUaS68EMwHID-LSqc7XtechUKF. – Дата доступа: 12.10.2020.
3. Разработка рекомендаций по формированию экономически обоснованных размеров плат за выделение и использование радиочастотного спектра для оказания услуг электросвязи общего пользования по стандартам технологии 5G. Отчет по НИР (заключит.) / УО «Белорусская государственная академия связи»; рук. В. В. Дубровский. – Минск, 2019. – 240 с. – № ГР 20190711.