

Тюкавкин Максим Сергеевич,  
Студент, СибГУТИ

## СПОСОБ ВИРТУАЛИЗАЦИИ СЕТИ В МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные положения и технологии, применяемые в сотовой связи и организации виртуализации сети. Проведена работа по разработке конфигурации базовой станции с применением технологии виртуализации и без. Рассмотрена эффективность и целесообразность внедрения данного решения

**Ключевые слова:** LTE, 5G, сотовая связь, виртуализация, Nokia

### 1. Виртуализация

Что мы будем подразумевать под термином «Виртуализация»? Процесс переноса ресурсов: вычислительных мощностей, всевозможных данных из материального вида, или определённую технологию создания абстрагированной системы способной не влиять на аналогичные системы, соседствующие с ней на одной платформе? Да в принципе, и то и другое. Будь то виртуальный рабочий стол работника, виртуальная машина, развёрнутая под решение конкретных задач пользователя, полноценный сервер для хостинга, или решения других масштабных задач. По итогу, под виртуализацией мы будем подразумевать технологию, в ходе которой происходит процесс разворачивания, или представления ресурсов вместо физической в виртуальной форме [1].

Технология 5G в работе упоминается не случайно, это многофункциональный стандарт связи, который может быть применён не только для общения, но и для M2M кооперации (Machine-to-Machine). Межмашинное взаимодействие идёт рука об руку с ним и даст операторам связи новых потребителей. К 2026 году рынок ожидает рост услуг межмашинного взаимодействия на 28%. Стандарт 5G ассоциируется с высокой скоростью, низкими задержками и огромным количеством данных.

Изначально пятое поколение создано как продолжатель стандартов четвёртого поколения. Время, как и технологический прогресс, бежит и телефоны уже давно не те раскладушки, а смартфоны, по функционалу практически не уступают компьютерам. А ведь появились и другие устройства, различные навигаторы, шлемы виртуальной реальности, дроны, требующие от мобильных технологий новых возможностей для передачи и обмена информации. Количество трафика в мире растёт, как и нагрузка на сети и уже сейчас необходимо решать задачи ёмкости и вместимости сетей передачи данных [2].

Таблица 1

Сравнение стандартов 4G (LTE) и 5G

Параметр	4G	5G
Диапазон частот	До 6 ГГц	30 ГГц – 300 ГГц
Скорость передачи данных	1 Гбит/с	10-30 Гбит/с
Максимальная пользовательская скорость	50 км/ч	500 км/ч
Задержка отклика	10 мс	0.5 мс
Действующие абоненты	100,000/км <sup>2</sup>	1,000,000/км <sup>2</sup>
Основная сеть	Internet	Internet

### 1.1. Конфигурация базовой станции

Теперь на примере базовой станции, установленной в метрополитене, составим примерную конфигурацию системы, которая способна будет работать в стандарте IMT-2020 и других необходимых стандартах. Исключим расходы и стоимость таких вещей, как аренда площади для размещения оборудования, так как тут всё индивидуально, исключим расход электроэнергии и постараемся взять средние цены оборудования, чтобы понять выгодно ли разворачивать виртуализацию?

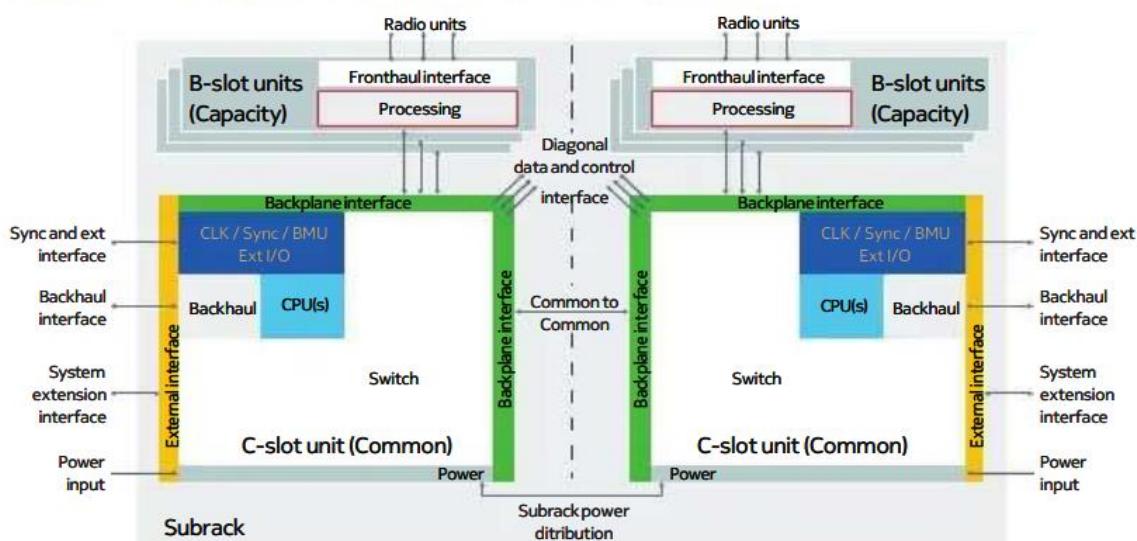


Начнём с транспорта – так как 5G применять рациональнее в городе, где высокая плотность абонентов, то мы возьмём вполне распространённый, в данных условиях, и удобный способ доставки сигнала, ВОЛС. Для организации доступа в сеть необходим маршрутизатор. Для этого подойдёт маршрутизатор Huawei atn910, или аналог фирмы Eltex. На данный момент оборудование компании Huawei ещё широко распространено у операторов и где-то даже поддерживается производителем в рамках гарантийных обязательств, но с завозом нового оборудования ситуация неоднозначная. Eltex – наш отечественный аналог, который стремительно занимает нишу своими предложениями и разрабатывает новые устройства, хоть и не оценён по достоинству многими пользователями.

Далее идёт системный модуль. Для использования будет применяться оборудование производителя Nokia, которое имеется у операторов и, скорее всего, поставляется по параллельному импорту. Их серия устройств под названием Airscale позволит наглядно продемонстрировать и сравнить системы с виртуализацией и без. Airscale это новое поколение устройств которые отличаются как дизайном, так и возможностями. Если ранее у Nokia системный блок FSMF поддерживающий технологии GSM, WCDMA, LTE весил 11,5 кг, а системный блок, работающий только на 2G ESMC 20 с лишним, то плата управления поколения Airscale весит порядка трёх килограмм. Также заметно снизилось потребление электроэнергии. Если у предыдущего поколения (FSMF) максимальное электропотребление составляло 180 Вт, то у данного 129 Вт. Корзина AMIA – модульная платформа нового поколения, на которой размещаются порядка двух системных модулей и шести плат расширения. Данная корзина представляет собой короб с пазами для размещения модулей, и пары вентиляторов для обдува. Для работы ей необходимо 48 В постоянного напряжения. Сама корзина весит 5 кг. Архитектура всей системы представлена на рисунке 1.

**Nokia AirScale System Module consists of common and capacity plug-in units inside a subrack.**

**Figure 3 Nokia AirScale System Module architecture**



**Рисунок 1 – Архитектура Airscale Nokia**

Преимущества данной архитектуры заключены в её модульности, а также в её габаритах. Система обеспечивает большую пропускную способность и масштабируемость [3].

Для обеспечения основного покрытия будет использован системный модуль ASIB который поддерживает работу стандартов GSM, WCDMA, LTE. Обычно базовые станции имеют следующую конфигурацию: GSM+LTE 1800; WCDMA 2100; LTE 800, 2300, 2600 для расширения сети в данном месте. Есть ещё LTE 2100 – веяние сегодняшнего времени, когда операторы сокращают использование 3G в пользу более выгодного LTE. Для нашей базовой станции мы возьмём конфигурацию: 2+4G 1800; LTE 800 и 5G 3400-3600 МГц. Тут стоит



оговориться, что данный частотный диапазон в Российской Федерации занят силовыми структурами и вряд ли сможет использоваться, однако, некоторым операторам разрешено использование определённых частот для тестовых целей. Так что, можно сделать данное отступление в этой работе. Для полноценной работы такой базовой станции нам необходима корзина AMIA, системный блок ASIB две платы расширения ABIA (см. рисунок 2). Для 5G в правую часть корзины будет вставлен аналог ASIB – ASIK и плата расширения ABIL – аналог ABIA. Соединение передатчиков с системным модулем будет проходить через оптику и оптические модули со скоростью 9,8 Гбит/с.

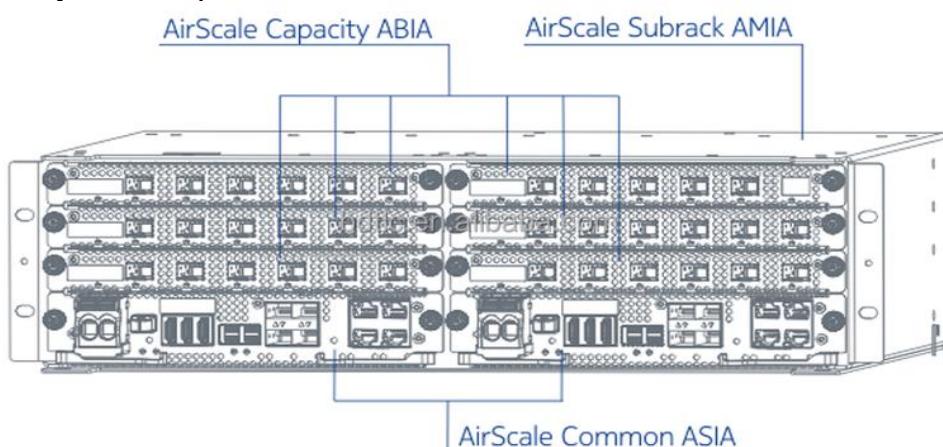


Рисунок 2 – Внешний вид комплекта AirScale Nokia

Стоит немного поговорить о характеристиках, которые заложены в данном оборудовании компании Nokia.

ASIB – системный модуль, является гибким инструментом для разворачивания базовой станции в сети оператора. Данная плата обеспечивает ожидаемую пропускную способность транспортной системы в районе 6-7.5 Гбит/с и поддерживает работу GSM, WCDMA, LTE.

ABIA – плата расширения, обеспечивающая определённую ёмкость. Она поддерживает скорость передачи данных при downlink 1,8 Гбит/с, при uplink 0,6 Гбит/с. Максимально одна плата поддерживает 16 несущих.

AREA – приёмопередатчик, поддерживает следующие технологии: GSM, LTE-FDD, GSM-LTE. Передачу он осуществляет в диапазоне частот 1805-1880 МГц, приём – 1710-1785 МГц. Передатчик поддерживает 256 QAM-модуляцию при канале связи от базовой станции к абоненту (Downlink) и 64 QAM-модуляции от абонента (Uplink). Фильтр полосы пропускания в обоих случаях 75 МГц. Поддерживает полосы пропускания: 1, 4, 3, 5, 10 и 20 МГц.

ARMA – приёмопередатчик, обладает более низкими показателями и работает только с FDD-LTE. Передачу он осуществляет в диапазоне 791-821 МГц, а приём – 832-862 МГц. С модуляцией у ARMA аналогично AREA, но фильтр полосы пропускания чуть ниже 30 МГц. Полосы пропускания доступные для работы блоку равны 5, 10, 15 и 20 МГц.

ASIK – системный модуль под стандарт IMT-2020, выдающий от 7.5 Гбит/с пропускной способности транспортной системы.

ABIL – плата расширения, позволяет оперировать скоростью передачи данных при downlink 7 Гбит/с, при uplink 3,5 Гбит/с. Максимальное количество несущих – двенадцать.

AEQB – активная антенна (антенна + приёмопередающий модуль) поддерживает следующие технологии: TD-LTE, 5G. Работает AEQB в диапазоне от 3400 до 3600 МГц, поддерживает полосы пропускания: 20, 40, 60, 80, 100, 20+20, 40+40 МГц. Блоку доступна 256 QAM модуляция от базовой станции (DL) и 64 к базовой станции (UL) [2].

Итого наша конфигурация будет выглядеть как представлено на рисунке 3. В данной конфигурации мы опускаем часть АФУ (антенно-фидерных устройств), так как это не основная часть нашей работы плюс в данном случае, можно переиспользовать антенны для ранее используемых стандартов.

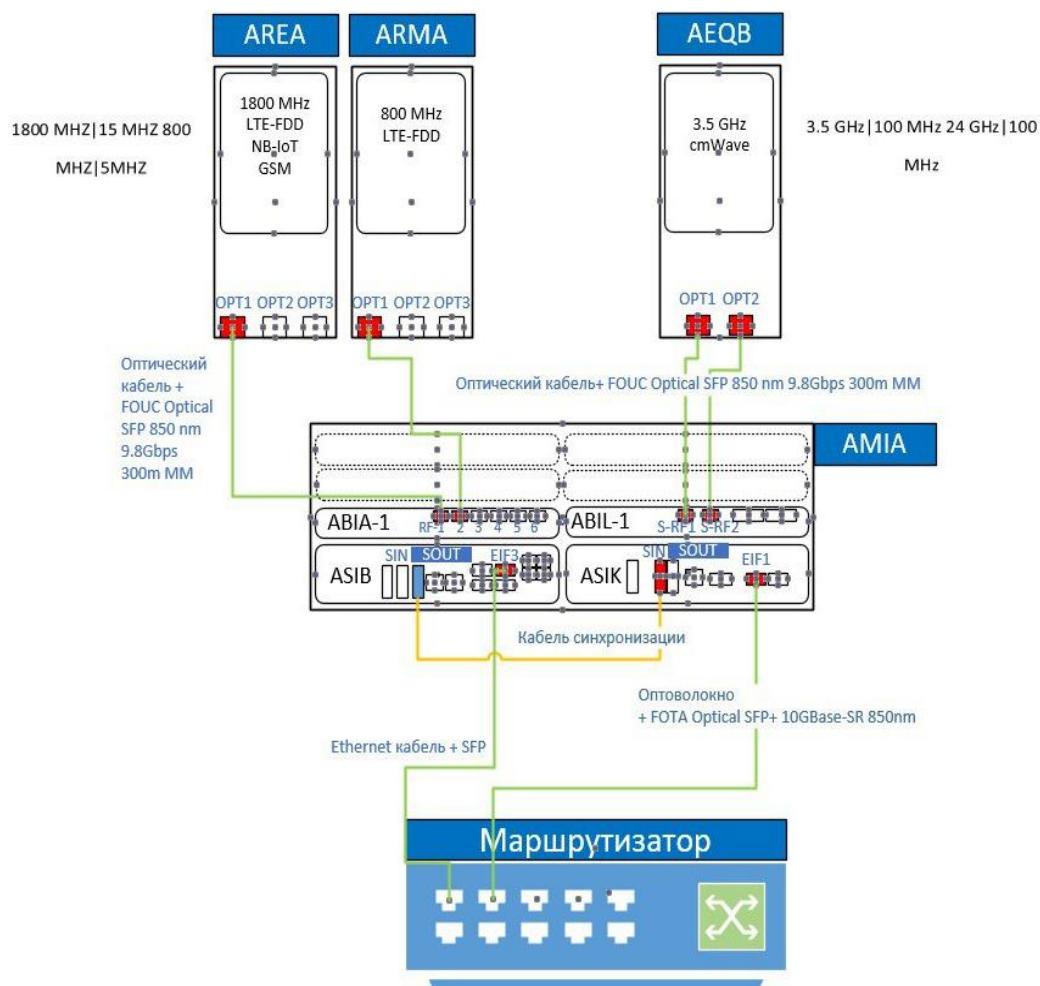


Рисунок 3 – Схематическая конфигурация базовой станции

## 1.2. Стоимость оборудования БС

Таблица 2

Сравнение стоимости оборудования [5]

2. Оборудование БС	Цена, руб	Цена, руб	Оборудование для виртуализации
Корзина AMIA	89 221,5	540 240	2 сервера HP DL 360 Gen9 10SFF с конфигурацией
Системный модуль ASIB	76 410	219 062	Основное хранилище Thecus N12000
Ёмкостная плата расширения ABIA	59 815	20 296	4 SSD накопителя OCZ Agility 3 AGT3-25SAT3-256G
Ёмкостная плата расширения ABIL	119 882	70 854	6 HDD накопителей Seagate ST3600057SS объёмом памяти 600 Гб
Системный модуль ASIK	219 168	189 930	Резервное хранилище Thecus N8800PRO
-	-	76 256	8 накопителей HDD накопителя Seagate Constellation ES ST2000NM0011
-	-	32 860	Коммутатор D-Link DGS-1210-28P-B1A
-	-	477 371,29	Лицензия VMware vSphere 7 Essentials Plus Kit for 3 hosts (Max 2 processors per host) для виртуализации 3 серверов
<b>Итого:</b> 564 496,5 руб. за одну бс. За 13 = 7 338 454,5 руб.		<b>Итого:</b> 1 626 869, 29 руб.	



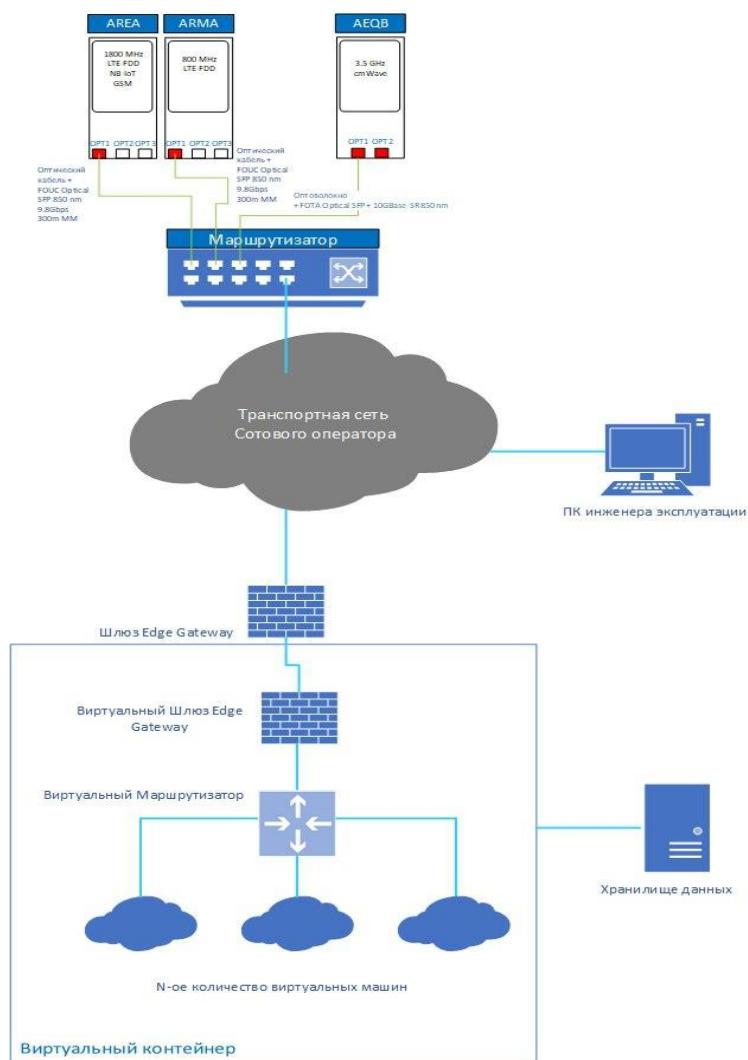


Рис. 4 – Схематическое изображение базовой станции с виртуальной инфраструктурой

Сравнивается стоимость исключённых из конфигурации БС блоков и затраты на виртуальную инфраструктуру. Опираясь на данные из таблицы 2 [5], можно сделать вывод, что стоимость комплектов исключённого оборудования в 4,5 раз больше стоимости оборудования виртуализации [6]. Да, цифры не являются абсолютно точными, так как взяты с интернета, но они подтверждают мысль, что, внедряя виртуальную инфраструктуру, оператор экономит весомое количество средств.

Можно сделать вывод, что виртуальная инфраструктура – это удобно, так как можно легко восстановить, развернуть функцию, или системный блок базовой станции. Она располагается на территории оператора, а значит, что никакой контрагент не будет препятствовать плановым, или аварийным работам на сети. Уменьшается количество оборудования в телекоммуникационных шкафах, а значит температура, вырабатываемая шкафом, уменьшается, как и риск перегрева оборудования. Виртуализация сети сотовой связи имеет не только положительные моменты, есть и некоторые недостатки. Виртуализация добавляет дополнительные слои абстракции и управления, что может усложнить процессы мониторинга, отладки и обслуживания сети. Администраторам требуется более глубокое понимание виртуализационных технологий и их взаимодействия с другими компонентами сети. Эти же дополнительные слои виртуализации могут привести к незначительной потере производительности из-за увеличенного объема обработки. Это особенно важно для приложений, требующих высокой пропускной способности и низкой задержки. Неправильная конфигурация или управление виртуализированными сетями может увеличить уязвимость сети.

**Список литературы:**

1. Гульяев А. Виртуальные машины – несколько компьютеров в одном. СПб.: Питер, 2006. 224 с.
2. Степунин А. Н., Николаев А. Д. Мобильная связь на пути к 6G // Инфра-Инженерия. 2021. С. 796.
3. Single RAN, Rel. SRAN 19B, Operating documentation issue 02. Nokia AirScale Radio Description
4. 5G RAN, Rel. 5G19, Operating documentation, Pre-release Issue 04. Nokia AirScale System Module Product Description
5. Цена корзины Nokia AirScale AMIA [Электронный ресурс]. URL: [https://www.avito.ru/moskva/orgtehnika\\_i\\_rashodniki/bazovaya\\_stantsiya\\_nokia\\_amia\\_airscale\\_473098a\\_3133056465](https://www.avito.ru/moskva/orgtehnika_i_rashodniki/bazovaya_stantsiya_nokia_amia_airscale_473098a_3133056465) (дата обращения: 03.10.2025).
6. Конфигурация сервера от Servermall URL: <https://servermall.ru/config/dl360-gen9-8-2-5-ref/>

