

УДК: 629.3.066.52

*Аракелян Л. А. - аспирант первого курса института
фундаментального образования
Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина,
Россия, г. Екатеринбург*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ 4G НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ LTE
(НА ПРИМЕРЕ Г. АШТАРАК, АРАГАЦОТНСКАЯ ОБЛАСТЬ,
РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ)**

Аннотация: автор статьи проектирует сеть 4G на базе технологии LTE в небольшом районе республики Армения. Проводится расчет пропускной способности сети, с учетом числа потенциальных абонентов; расчёт зоны покрытия базовых станций. На основе полученных расчётов проводится анализ и выбор оборудования сети LTE.

Ключевые слова: зона покрытия, LTE, оборудование транспортной сети, базовые станции eNB.

*Arakelyan L. A. is a first year PhD student of The Institute of
Fundamental Education
Ural Federal University named after the first President of Russia B. N.
Yeltsin,
Russia, Yekaterinburg*

**DESIGN OF A 4G NETWORK BASED ON THE LTE
TECHNOLOGY (ON THE EXAMPLE OF ASHTARAK, ARAGATSOTN
REGION, REPUBLIC OF ARMENIA)**

Abstract: The author of the article designs a 4G network based on the LTE technology in a small region of the Republic of Armenia. The network bandwidth is calculated, taking into account the number of potential users; the base stations coverage area was calculated. Based on the obtained calculations, analysis and selection of LTE network equipment are carried out.

Keywords: coverage area, LTE, transport network equipment, eNB base stations.

Научно-технический прогресс повлиял на развитие возможностей телекоммуникаций и крупные города в эпоху глобализации стремятся развивать технологии связи, как фиксированной, так и мобильной. Ключевой посыл – улучшение качества коммуникации. Природный ландшафт Армении создает определенные трудности для предоставления операторами связи доступа к сети интернет. Если в крупных городах проблема решена, то в сельской местности, небольших районах республики все еще остро стоит вопрос с беспроводным и проводным доступом. Как правило, крупные операторы мобильной связи выбирают своей адресной аудиторией крупные города, а телефонизировать труднодоступные местности с небольшим количеством жителей и обеспечить их качественным доступом в глобальную сеть уходит на второй план.

Выбор территории проектирования сети обуславливается необходимостью расчета зоны покрытия сети 4G в Аштаракском районе Арагацотнской области, поскольку местность сельская.

Сельская местность предполагает учет планирования радиосети LTE: базовые станции располагаются вдали друг от друга. Это обуславливается низкой плотностью абонентов и как следствие каждый eNB должен покрыть достаточно большой радиус территории. В связи с этим необходимо выбрать подходящий радиочастотный спектр. В этом случае необходимо придерживаться положения, что чем ниже частота, тем дальше распространяется радиосигнал. Радиочастотный спектр 791 – 862 МГц полностью удовлетворит данному решению. Частотный – FDD является необходимым видом дуплекса.

Далее мы рассчитали пропускную способность сети, для того чтобы вычислить пропускную способность базовой станции R_{eNB} , умножим

количество секторов базовой станции на пропускную способность одного сектора, у одной базовой станции eNB число секторов равняется трем, формула будет выглядеть следующим образом:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \times 3$$

Для линии DL:

$$R_{eNB DL} = 34,3 \times 3 = 102,9 \text{ Мбит/с.}$$

Для линии UL:

$$R_{eNB UL} = 18,29 \times 3 = 54,87 \text{ Мбит/с.}$$

Далее мы осуществляем расчет сот в планируемой сети LTE. Расчет будет производиться путем расчета общего количества каналов, которые выделены выделяемых для развертывания проектируемой сети LTE.

В сетях LTE под радиоканалом подразумевается такой термин, как ресурсный блок (РБ), который обладает шириной 180 кГц, $\Delta f_k = 180 \text{ кГц}$.

$$N_k = \frac{71000}{180} \approx 395 \text{ каналов}$$

После установим количество каналов $N_{k.сек}$, необходимое для обслуживания абонентов в 1-ом секторе 1-ой соты:

$$N_{k.сек} = \left[\frac{395}{(3 \times 3)} \right] \approx 44 \text{ канала}$$

Вычислим количество каналов трафика в одном секторе одной соты $N_{кт.сек}$:

$$N_{кт.сек} = 1 \times 44 = 44 \text{ канала}$$

В соответствии с моделью Эрланга, отображенной в виде графика на рисунке 1 установили номинальную нагрузку в секторе одной соты $A_{сек}$ при возможном значении вероятности блокировки равной 1% и вычисленным выше значением $N_{кт.сек}$. Установим, то что $A_{сек} = 50$ Эрл.

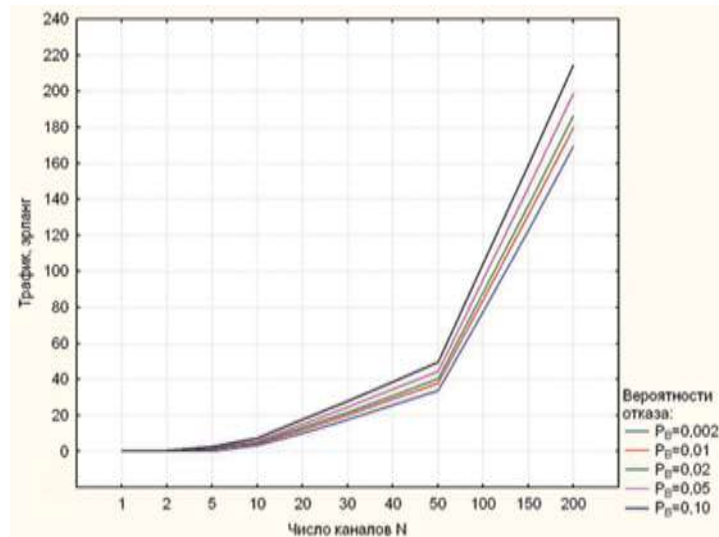


Рис.1 Расчет зависимости допустимой нагрузки в соответствии с числом канала трафика и возможности блокировки.

Затем рассчитали количество абонентов, которое будет обслуживаться одной базовой:

$$N_{аб.еNB} = 3 \times \left[\frac{50}{0.2} \right] = 750 \text{ абонентов}$$

Далее рассчитали количество базовых станций eNB в проектируемой сети LTE:

$$N_{eNB} = \left[\frac{6125}{750} \right] + 1 \approx 9 (eNB).$$

Средняя планируемая пропускная способность RN проектируемой сети рассчитывается путем произведения количества базовых станций на среднюю пропускную способность базовых станций:

$$R_N = (102,9 + 54,87) \times 9 = 1419,93 \text{ (Мбит/с)}.$$

Следующим шагом осуществили оценку емкости проектируемой сети с сопоставлением результатов с рассчитанной нами сетью. Установим средний трафик одного абонента в час наивысшей нагрузки (ЧНН):

$$R_{т.чнн} = \frac{15 \times 2}{7 \times 30} = 0,14 \text{ (Мбит/с)}$$

Определили общий трафик проектируемой сети в ЧНН $R_{общ./чнн}$

$$R_{общ./чнн} = 0,14 \times 5573 = 780,22 \text{ (Мбит/с)}$$

Таким образом, $R_N > R_{общ./чнн}$ соответственно проектируемая сеть не будет подвергаться перегрузкам в ЧНН.

Определение допустимых потерь линии (МДП) является первоочередной задачей. Допустимые потери возможно рассчитать с помощью разности между эквивалентной изотропной излучаемой мощностью передатчика (ЭИИМ) и минимально необходимой мощностью сигнала на входе приемника сопряженной стороны.

Расчет МДП выполняем по следующей формуле:

$$L_{мпд} = P_{эиим.прд} - S_{ч.пр} + G_{А.прд} - L_{ф.прд} - M_{прон} - M_{пом} - M_{затен} + G_{хо}$$

Мы рассчитали все необходимые значения и по полученным результатам рассчитали значение МДП:

Для линии DL:

$$LM_{дп} = 63,7 - (-167,64) - 0,3 - 8 - 6,4 - 8,7 + 1,7 = 209,64 \text{ (дБ)}$$

Для линии UL:

$$LM_{дп} = 33 - (-101,29) - 8 - 2,8 - 8,7 + 1,7 = 116,49 \text{ (дБ)}$$

Из двух значений МДП, полученных для линий DL и UL выбираем минимальное, чтобы вести последующие расчеты дальности связи и радиуса соты. Линия вверх является той самой линией, которая ограничивает дальность линии. Рассчитать дальность связи возможно при помощи эмпирической модели распространения радиоволн Okumura – Hata. Эта модель обобщает опытные факты, в которых отражены различные условия и

виды сред. В данной модели следующим образом определяется среднее затухание радиосигнал в городских возмoжностях:

$$L_r = 69,5 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_t) \times \log d \quad (2.14)$$

Для сельской местности выражение примет вид с поправкой:

$$L_c = L_r - 4,78(\log f_c)^2 + 17,33 \times \log f_c - 40,94, \quad (2.15)$$

Найдем поправочный коэффициент $A(h_r)$ для редко заселённой местности:

$$A(h_r) = (1,1 \times \log 800 - 0,7) \times 3 - (1,56 \times \log 800 - 0,8) = 3,751$$

Вычислив из формул радиус соты, определил, что $d \approx 7$ км. Далее рассчитываем площадь SeNB покрытия трехсекторного сайта по формуле:

$$\text{SeNB} = 9 \frac{\sqrt{3}}{8} \times 7^2 = 95,48 \text{ (км}^2\text{)}$$

Приведенные ранее расчеты продемонстрировали минимальное количество базовых станций eNB, которые необходимы для того, чтобы густонаселенные районы обеспечить устойчивым радиосигналом:

Таблица 1

Характеристики eNB

eNB	Характеристики
Мощность каждого передатчика	40 Вт
Высота подвеса антенны	42 метра
Число приемопередатчиков TRX	3 (по одному на каждый сектор)
Системная полоса для одного сектора	20 МГц (10 МГц для линии «вверх» и 10 МГц для линии «вниз»)
Линия «вниз» поддерживает технологию MIMO	4x2
Пропускная способность: линия «вниз»	102,9 Мбит/с, линия «вверх» 54,87 Мбит/с.

Произведем расстановку базовых станций на местности. Для этого на рисунке 2 разделим Аштаракский район Арагацотнской области на три части.



Рис.2 Территория Аштаракского района Арагацотнской области. Далее увеличим масштаб каждой части и расставим базовые станции.



Рис.3 Первая часть территории



Рис. 4 Вторая часть территории района



Рис.5 Третья часть территории района

На основе полученных расчётов мы определили оборудование транспортной сети. Компания «Huawei» предлагает для организации в транспортной сети LTE маршрутизатор базовых станций ATN 950В с поддержкой соединения Ethernet 10 Гбит/с. ATN 950В расширяет возможности решений «Huawei» для мобильных широкополосных сетей, давая возможность операторам развертывать крупномасштабные сети последнего поколения и предоставлять абонентам широкий набор сервисов.

В качестве транспортного оборудования сети радиодоступа применяется коммутатор Huawei S3700-28TP-EI-24S-AC. Huawei S3700-28TP-EI-24S-AC – интеллектуальный коммутатор, выполняющий коммутацию данных на третьем уровне сетевой модели OSI. Коммутатор поддерживает 24 порта 100Base FX, два порта 1000Base-X, а так же два универсальных 10/100/1000Base-T/SFP для подключения к волоконно-оптической сети.

В качестве одного из решений транспортного оборудования радиодоступа выберем базовую станцию Huawei DBS3900 LTE, она обеспечивает большую емкость сети, – одна eNodeB поддерживает до 3600 абонентов в подключенном состоянии (RRCConnected). DBS3900 LTE обеспечивает большую площадь покрытия, благодаря функциям, таким как много антенный разнесенный прием и Inter-cellInterferenceCoordination

(ICIC) в линии вверх, DBS3900 LTE поддерживает максимальный радиус соты 100 км [10].

Модуль – BBU3900 – это блок, устанавливаемый внутри помещений для обработки базовых частот, который обеспечивает обслуживание и централизованное управление эксплуатацией, обработку сигнализации всей системы базовой станции и наличие опорного сигнала синхронизации. Этот блок имеет физические интерфейсы для соединения с BSC и RRU3908.

DBS3900 – это распределённая базовая станция, использующая платформы BTS компании Huawei. Она состоит из выносного радиочастотного блока (RRU) и блока обработки базовых частот (BBU). Радиочастотный блок RRU3908 поддерживает работу двух/четырёх радиопередатчиков.

Приемопередатчик RRU3908 – это выносной радиочастотный блок. В его функции входит обеспечение обработки радиочастотных сигналов и сигналов основных частот. Вместо двух приёмопередатчиков теперь можно использовать один блок RRU3908. Если в подстатив RRU3908 установить два модуля RRU3908, будут решены задачи, ранее выполняемые четырьмя приемопередатчиками.

Проведенное исследование и разработка сети 4G в Аштаракском районе Арагацотнской области LTE обеспечит население качественной сотовой связью и более широким выбором услуг в сотовой связи.

Использованные источники:

1. Афанасьев В.В., Горностаев Ю.М. Эволюция мобильных сетей – Москва : Связь и бизнес, 2001.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами – Москва : Радио и связь, 1985. – 384 с.
3. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов – Москва : Сов. радио, 1978. – 304 с.

4. Вишнеvский В. М., Портной С. Л., Шахнович И. В. Энциклопедия LTE. Путь к 4G. – М.: Техносфера, 2009. – 156 с.
5. Гельгор А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 188 с.
6. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи – Москва : Мобильные ТелеСистемы – Эко-трендз, 1997.
7. Исследование использования новых стандартов сотовой связи и широкополосного доступа LTE [Электронный ресурс] – URL: <https://moluch.ru/archive/52/6793/> (Дата посещения 12.04.17).
8. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи – Москва : Эко-трендз, 2001.
9. Кловский Д.Д. Теория электрической связи – Москва : Радио и связь, 1998. – 450 с.
10. Лохвицкий М.С., Разумов В.И. Алгоритм оптимального приёма бинарных сигналов в пилотных системах связи при сверхбыстрых замираниях. Труды 5 конференции по теории кодирования и передачи информации. – Горький, 1972.
11. Маглицкий Б.Н. Технология LTE систем сотовой связи четвертого поколения /СибГУТИ, Новосибирск. 2010.-168 с.
12. Мардер Н.С. Нумерация в сетях электросвязи общего пользования Российской Федерации. – Москва: ИРИАС, 2004. – 232 с.
13. Портал о современных технологиях мобильной и беспроводной связи [Электронный ресурс] – URL: <http://1234g.ru/4g/lte> (Дата посещения 17.03.17)
14. Ратынский М.В. Основы сотовой связи – Москва : Радио и связь, 1998.
15. Слюсар В. Системы MIMO: принципы построения и обработки сигналов. – Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2005. – с. 52–58.

16. Техническая спецификация (TS 36.413) [Электронный ресурс] http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136400_136499/136413/10.05.00_60/ts_136413v100500p.pdf. (Дата обращения 12.09.2017).

17. Технический отчет "Исследование возможности и условий использования полос радиочастот 694-915 МГц, 925-960 МГц, 1710-1880 МГц, 1900-1980 МГц, 2010-2025 МГц, 2110-2170 МГц и 2500-2700 МГц для создания в Российской Федерации сетей подвижной связи стандартов LTE/LTE-Advanced".

18. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Высочин В.П. Сети мобильной связи LTE/LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура. – М.: Издательский дом Медиа Паблшер, 2014. – 384 с.

19. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Минаев И.В. Стандартизация, спецификации, эволюция технологии и архитектура базовой сети LTE. Сети и средства связи, № 2(10). Специальный выпуск "Сети доступа". 2009, № 3.