

Измерване на нивото на сигнала в 4G LTE мрежа в София

Philip Atanasov, Zhivko Kiss'ovski

Sofia University, Faculty of Physics, 5 J. Bourchier Blvd., BG-1164, Sofia, Bulgaria
phone: 02/8161 643, e-mail : ph_atanasov@phys.uni-sofia.bg

Филип Атанасов и Живко Кисъовски

СУ „Св. Кл. Охридски”, Физически факултет, бул. Дж. Баучър 5, BG 1164 София, България
телефон : 02/8161 643, e-mail: ph_atanasov@phys.uni-sofia.bg

Keywords : 4G, LTE, path loss, signal level measurement, path loss exponent

***Abstract** - 4G LTE networks are characterized by high-speed data rate, efficient use of the radio spectrum and low latency. For the successful implementation and deployment of 4G LTE networks in Bulgaria is extremely important to precisely determine the signal path loss (PL). The key parameter in determining the link budget of cells in the LTE network is the path loss and its accurate evaluation ensures high quality of offered service in the coverage area. The path loss of the signal strongly depends on the specific propagation environment. Because of this fact, it is necessary to measure the signal level in the investigated area and the obtained experimental results will allow to determine the path loss. In this paper are presented and analyzed the experimental results for the signal level in Bulsatcom 4G LTE network in Sofia - Studentski grad. The path loss exponent in the investigated region is determined, based on the measured data.*

***Резюме** - 4G LTE мрежите се характеризират с високоскоростен пренос на данни, ефективно използване на радиочестотния спектър и ниска латентност. За успешната реализация и разгръщане на 4G LTE мрежи в България е изключително важно, точно определяне на затихването на сигнала. Основен параметър при определяне енергийния бюджет на клетките в LTE мрежата е затихването на сигнала, като неговата правилна оценка гарантира високо качество на предлаганите услуги в зоната на покритие. Затихването на сигнала силно зависи от конкретната среда на разпространение. Поради този факт е необходимо да се измери нивото на сигнала в изследваната област, като получените експериментални резултати ще позволят да се определи затихването. В настоящата статия са представени и анализирани експерименталните резултати за нивото на сигнала в част от 4G LTE мрежата на Булсатком ЕАД в град София – квартал Студентски град. На базата на получените резултати е определена експонентата на затихване за изследвания район.*

1. Увод

Мобилните мрежи от четвърто поколение 4G, работещи по стандарта Long Term Evolution (LTE), осигуряват високоскоростен пренос на данни и предлагат нови интерактивни услуги с високо качество. LTE стандарта (3GPP Release 9) осигурява скоростите за пренос на данни от 100 Mbit/s в downlink и 50 Mbit/s в uplink [1]. Могат да бъдат достигнати пикови скорости за пренос на

данни от 300 Mbit/s в downlink и 75 Mbit/s в uplink, като за постигането на посочените скорости е необходимо да се използва 20 MHz честотна лента и антенна система 4x4 MIMO [1]. При LTE-Advanced (3GPP Release 11) се постигат скорости от 1 Gbit/s в downlink и 500 Mbit/s в uplink. На практика стандарта LTE-Advanced е проектиран така, че е възможно евентуално да се постигнат пикови скорости от 3 Gbit/s в downlink и 1,5 Gbit/s в uplink, като за тази цел се използва 100 MHz.

обща честотна лента [1]. Необходимостта от високо качество и капацитет при LTE мрежите налага тяхното прецизно планиране и проектиране.

За успешната реализация и разгръщане на 4G LTE мрежи в България е от изключителна важност точното определяне на затихването на сигнала (Path loss - PL) [2]. Точното определяне на затихването в LTE мрежите дава възможност да бъдат определени зоната на покритие (радиуса на клетката) на всяка базова станция (eNodeB) и качеството на услугите в тази зона. Затихването на сигнала силно зависи от конкретната среда на разпространение (градски, крайградски, селски райони, гъсто застроена градска среда, наличие на растителност и др.). 4G LTE мрежи в България се разгръщат предимно в големите градове и затова градската среда е интересна за проучване, както и поради сложността на разпространението на радиовълните в тази среда. Плътно застроената градска среда се състои от голям брой близко разположени сгради с различни геометрични размери, както и различни по размери обекти по улиците, което неминуемо води до многобройни отражения, дифракции, интерференции и разсейвания при разпространението на радиосигнала от базовата станция до потребителя.

Поради тази причина е важно да се изследва разпространението на радиосигнала и неговото затихване в 4G LTE мрежа на територията на София. За да се определи затихването в изследвания район е необходимо да бъде измерено нивото на сигнала.

2. Затихване на сигнала

Основен параметър при изчисляване на енергийния бюджет на клетката е определянето на PL на сигнала между eNodeB и UE. Затихване на сигнала се дефинира, като отношението между приетата мощност P_r и излъчената мощност P_t [3]:

$$PL = \frac{P_r}{P_t} \quad (1)$$

В dB формулата за затихването на сигнала има следния вид:

$$PL = -10 \log PL = -10 \log P_r + 10 \log P_t \text{ (dB)} \quad (2)$$

2.1 Log-distance модел

Log-distance е модел с широко приложение, който е базиран на формулата на Фрийз за изчисляване на затихването на сигнала. Този модел се прилага за определяне на затихването при различни характеристики и

условия на средата на разпространение, като се използва както при наличие на пряка видимост (LOS), така и при липса на пряка видимост (NLOS). Уравнението за определяне на затихването е следното [4]:

$$PL = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + \chi_\sigma \text{ (dB)} \quad (3)$$

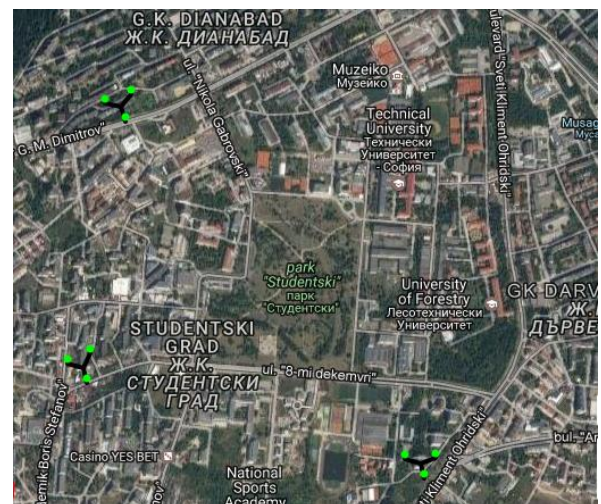
$PL(d_0)$ е затихването на референтно разстояние d_0 и се дефинира:

$$PL(d_0) = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right), \text{ (dB)} \quad (4)$$

където $d_0 = 100$ m и λ е дължината на вълната m. Другите параметри в уравнение (4) са d - разстоянието между базовата и мобилната станция в m, n - експонентата на затихване и χ_σ в dB е случайна величина, която се описва с Гаусово разпределение с нулева средна стойност и дисперсия σ също в dB [4]. χ_σ отчита влиянието на large scale fading при определяне на затихването.

3. Експериментална постановка

Експериментът за измерване на нивото на сигнала е осъществен в част от 4G LTE мрежата на Булсатком ЕАД в град София – квартал Студентски град. В този район покритието се осигурява от 3 базови станции (eNodeB). На фиг. 1 е показана карта на района на изследвания, както и разположението на базовите станции.



Фигура 1. Карта на изследвания район в София

Базовите станции (eNodeB) се състоят от RRU Huawei 3938 и 2 MIMO антени Kathrein. Всяка от базовите станции (eNodeB) има следните основни параметри $P = 40$ W (46 dBm) и $G = 18$ dBi.

За да бъде осъществено прецизно измерване на нивото на референтния сигнал в 4G LTE мрежата на Булсатком ЕАД е използвана специализирана

измервателна апаратура Narda Selective Radiation Meter (SRM) 3006 [5]. Narda SRM-3006 е компактна, честотно-селективна измервателна система за високочестотни електромагнитни полета, която работи в честотния обхват от 9 kHz до 6 GHz [5]. На фиг. 2 е представен измервателния уред Narda SRM-3006.



Фигура 2 Narda SRM-3006

Това устройство има вграден GPS модул, който позволява автоматично записване на координатите в точките на измерване. Нивото на сигнала се измерва чрез три-аксиална антена, която осигурява изотропно приемане на сигналите в честотния обхват 420 MHz - 6 GHz [5]. Измервателният уред (Narda SRM-3006) е калибриран заедно със свързаната към него приемна антена.

Narda SRM-3006 предоставя основно два различни метода за измерване на сигналите на LTE базовите станции. Тези два основни метода за измерване на сигналите от LTE базовите станции са: спектрално измерване и код-селективно (code selective measurement) измерване (измерва се сигнала от клетка (сектор) с определен код - cell ID). Код-селективният метод е предпочитан при измерване на LTE сигналите поради неговите предимства в сравнение с спектралния метод, особено възможността за разделяне на сигналите на отделни базови станции един от друг [6]. Друг съществен проблем, който се решава чрез използването на code selective measurement метода е премахването на влиянието на трафика в мрежата, който оказва влияние върху излъчената мощност от базовата станция. Това се осъществява, като при код-селективният метод приетия сигнал се декодира, като се измерва мощността само на референтния сигнал (Reference Signal) в LTE downlink.

Проведените измервания са в честотната лента 1852.7 - 1857.7 MHz, която се използва за излъчване в downlink канала в LTE мрежата на Булсатком ЕАД в Студентски град.

Измерването на нивото на референтния сигнал (RS Avg) в 4G LTE мрежата на Булсатком ЕАД за територията на Студентски град е извършено в голям брой различни точки (52 различни локации) с цел да бъдат отчетени характеристиките на изследвания район и тяхното влияние върху нивото на измерения референтен сигнал (респективно затихването). Вградения GPS модул осигурява, също така записване на координати на точките на измерване, което позволява лесно да се определи разстоянието между базовата станция и точка на измерване. Във всяка една от точките, нивото на сигнала е измервано в продължение на 6 мин., за се снее времевата зависимост на измерваната величина. За целите на изследването са използвани измерените стойности за RS Avg (осреднената мощност от двете предавателни антени).

Използването на измервателната апаратура Narda SRM-3006, която има специален режим за измерване на LTE сигнали (code selective measurement), предоставя възможност да се измери нивото на сигнала, излъчен от конкретна базова станция. Направените прецизни измервания на нивото на референтния сигнал са използвани за определяне на експонентата на затихване в изследвания район на София.

4. Определяне на експонентата на затихване

Затихването на сигнала в изследвания район на София е определено чрез използването на експерименталните данни. За определяне на затихването, първо трябва да се изчисли мощността за излъчване на един ресурсен елемент (RE). Тази мощност се изчислява по следния начин [6]:

$$P_{tx_RE} = P_{tx} - 10 \log_{10}(12N_{RB}), \quad (\text{dBm}) \quad (5)$$

където P_{tx_RE} е мощността за излъчване на един RE в dBm, $P_{tx} = 46 \text{ dBm}$ е мощността на базовата станция (eNodeB) в dBm и N_{RB} е броя на ресурсните блокове.

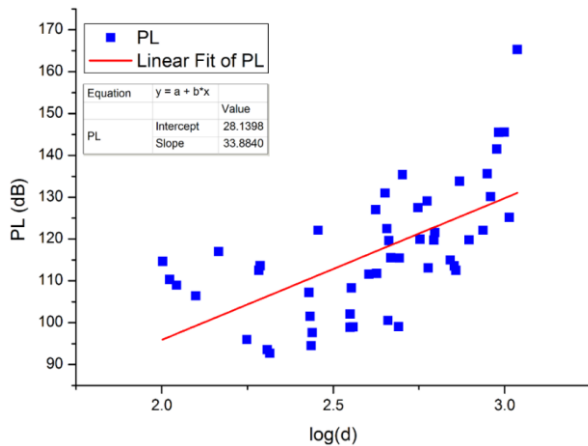
След това определяме затихването чрез следното уравнение:

$$PL = P_{tx_RE} + G_{tx} + G_{rx} - P_{RS_measure} \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

В тази формула P_{tx_RE} е мощността за излъчване на един RE, изчислена от уравнение (5) в dBm, $G_{tx} = 18 \text{ dBi}$ е усилването на антената на базовата станция (eNodeB) в dBi, G_{rx} е усилването на приемната антена в dBi и $P_{RS_measure}$ е приетата

мощност на референтния сигнал, измерена с Narda SRM-3006. В нашия случай сме приели, че G_{rx} е 0, защото измервателният уред Narda SRM-3006 е калибриран заедно с антената (в измерената стойност с този уред е отчетено усиляването на приемната антена).

Използвайки гореописаната процедура са получени експериментални резултати за зависимостта на затихването (PL) от разстоянието d (между базовата станция и точките на измерване). На фиг. 3 е в логаритмичен мащаб са представени експериментално получените резултати за затихването на сигнала (PL) в dB, като функция на разстоянието $\log_{10} d$, като d е в m. При разстояния по-къси от 100 m и наличието на пряка видимост (LOS), затихването може да бъде изчислено по формулата на Фрииз. Затова резултатите за затихването са определени за разстояния по-големи от 100 m.



Фигура 3 Зависимостта на експерименталните данни за затихването (PL) от разстоянието между eNodeB и точката на измерване

Представените резултати на фиг. 3 дават възможността да се определи точната зависимост на затихването от разстоянието, поради факта, че PL в dB е линейна функция на $\log_{10} d$, която има вида:

$$PL = a + b * \log_{10} d, \quad (7)$$

където a и b са реални коефициенти. Чрез прилагане на метода на най-малките квадрати определяме наклона ($b \approx 33.884$) на линейната зависимост на PL(dB) от $\log_{10} d$. Наклонът на тази линейна зависимост представлява физична величина, която е мярка за експонентата на затихване (наклона е равен на 10 n) в изследваната

област. Следователно стойността на експонентата на затихването в изследваната част от София е 3.38, като получената стойност е между 2 (свободно пространство) и 4 (многолъчево разпространение – липса на пряка видимост - NLOS). От получената линейната зависимост на PL (dB) от $\log_{10} d$ може да се определи и затихването при фиксирано $d_0 = 100$ m.

Експерименталните резултати предоставят възможността да се определи зависимостта на затихването (PL) от разстоянието d в изследвания район на София – Студентски град.

5. Заключение

Измерено е нивото на референтния сигнал в 4G LTE мрежа в София. Изчислено е затихването на сигнала в изследваната област. На базата на получените експериментални резултати е определена зависимостта на затихването, като функция на разстоянието в изследвания район на София.

6. Благодарности

Авторите изказват своите благодарности към Булсатком ЕАД за сътрудничеството и възможността да се извършат измервания във високоскоростната им 4G LTE мрежа в София.

Специални благодарности изказваме и към Кабитс ООД - официален представител на Narda за България, за предоставената специализирана измервателна апаратура за осъществяване на част от експериментите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Christopher Cox, An introduction to LTE LTE, LTE-advanced, SAE, VoLTE and 4G mobile communications, John Wiley & Sons Ltd., 2014 (2nd edition)
- [2] Philip Atanasov and Zhivko Kiss'ovski, „Investigations of the signal path loss in 4G LTE network”, Bulgarian Journal of Physics, vol.40, no.3, 2013, pp. 265-268
- [3] Michel Daoud Yacoub, Foundations of Mobile Radio Engineering, CRC Press, 1993.
- [4] RAPPAPORT T. S. Wireless Communications: Principles and Practice. 2nd ed. Prentice Hall, 2002.
- [5] NARDA, Datasheet SRM-3006, [Online] Available at: <https://www.narda-sts.com/en/selective-emf/srm-3006/>
- [6] NARDA, LTE Measurement and Methods, [Online] Available at: <https://www.narda-sts.com/en/selective-emf/srm-3006/>