

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В СЕТЯХ LTE ПОСРЕДСТВОМ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ СИГНАЛОВ

А.В. Киреев, Г.А. Фокин

Сети четвертого поколения стандарта LTE активно развиваются в Российской Федерации. Позиционирование источников радиоизлучения в сетях LTE посредством измерения времени прохождения сигналов является одним из существующих методов на базе сети. Имитационное моделирование позволяет оценить возможную точность позиционирования путем статистической оценки.

Ключевые слова: позиционирование, имитационная модель, LTE

POSITIONING OF OBJECTS IN LTE NETWORKS BY MEASURING SIGNAL TIME OF ARRIVAL

Kireev A., Fokin G.

LTE networks become increasingly popular in Russia. Positioning of objects in LTE networks by measuring signal time of arrival is one of existing algorithms based on network infrastructure. Computer modelling is the way of measuring positioning accuracy by statistical approximation.

Key words: positioning, computer modelling, LTE

Определение местоположения абонента в сетях LTE является важной задачей с точки зрения, как мобильных операторов, так и государственных органов. В статье предлагается анализ возможности решения задачи по позиционированию абонентской станции в двумерном пространстве посредством использования параметра Timing advance (TA) средствами имитационного моделирования в Matlab.

В мобильных сетях четвертого поколения LTE для решения задачи позиционирования абонентов используют методы, основанные на пространственной обработке сигналов [1, 2], разностно-дальномерные [3] и пеленгационные [4] методы, а также алгоритмы, использующие ресурсы наземной инфраструктуры сети (Cell ID, Cell ID-TA, OTD, E-OTD).

Рассмотрим метод измерения разности времени прихода сигнала (*Time difference of arrival* (TDoA)). В сетях LTE данный метод может быть реализован на базе сети с помощью параметра TA.

Параметр Timing advance используется для синхронизации в канале сети LTE путем компенсации временной задержки времени прохождения сигнала. Другими словами, TA это параметр времени упреждения ответного сигнала (рис. 1). Так как, эта информация необходима для работы сети, позиционирование с ее помощью не потребует дополнительных затрат на модернизацию оборудования.

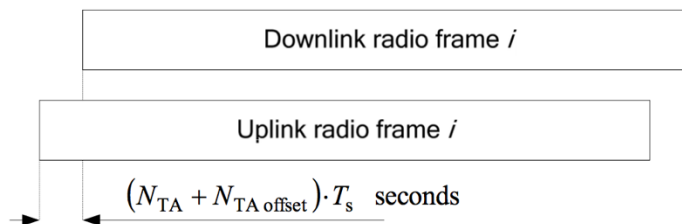


Рис. 1. Значение TA на физическом уровне

Используя спецификацию 3GPP TS 36.101 подсчитаем какую точность дает единичное значение параметра TA:

$$1\ TA = 16 * T_{slot} = 16 * \left(\frac{0,5\ \text{мс}}{15360} \right) = 0,52\ \text{мкс},$$

где T_{slot} – время одного таймслота. Таким образом, единичное значение параметра TA равно 0,52 мкс. Определим радиус окружности между базовой станцией и абонентским устройством:

$$1\ TA = \frac{3 * 10^8 * 0,52 * 10^{-6}}{2} \approx 78\ \text{м}.$$

С помощью среды Matlab проведем статистическую оценку возможности позиционирования для разного количества базовых станций (БС) и взаимного расположения. Моделирование позволит выявить оптимальные конфигурации БС и АС, а также возможность использования имитационной модели для комплексования данных с другими методами позиционирования. В процессе моделирования с помощью статистического метода Монте-Карло будут исследованы 3 случая:

1. Случайное распределение местоположения БС со случайным распределением расстояний между ними.
2. Равномерное распределение местоположения БС со случайным распределением расстояний между ними.
3. Равномерное распределение местоположения БС с фиксированным расстоянием между ними.

Необходимо отметить, что моделируется идеальный случай при условиях прямой видимости, так как это одно из требований методов TDoA [5]. На рисунках 2–4 приведены схематические результаты моделирования и увеличена область местонахождения АС.

Моделирование проводилось для 100000 выборок. Проведенный анализ (рис. 5) позволяет сделать вывод о том, что в случае случайного расположения БС и расстояний между ними точность позиционирования составит порядка 35 метров. Для увеличения точности в будущем целесообразно добавить учет высот расположения БС, то есть реализовать моделирование в трехмерном пространстве. Проведение эксперимента планируется с использованием технологии Software-defined Radio SDR [6, 7] на имеющейся лабораторной базе универ-

ситета [8]. Также стоит включить в симулятор алгоритмы обнаружения «спящих» сот [9] для оценки возможности их использования.

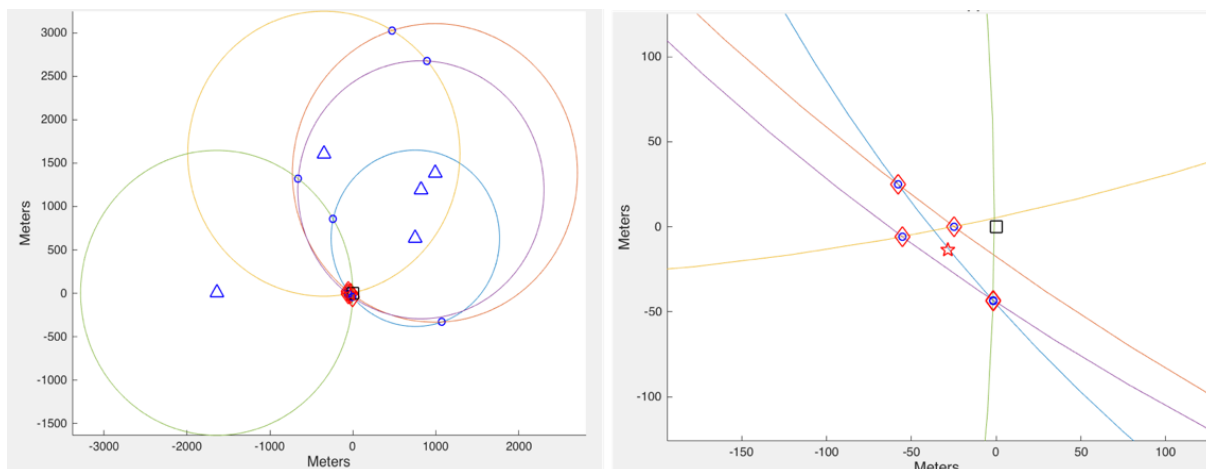


Рис. 2. Пять случайно расположенных БС на расстоянии 1,2 м с СКО 400 м

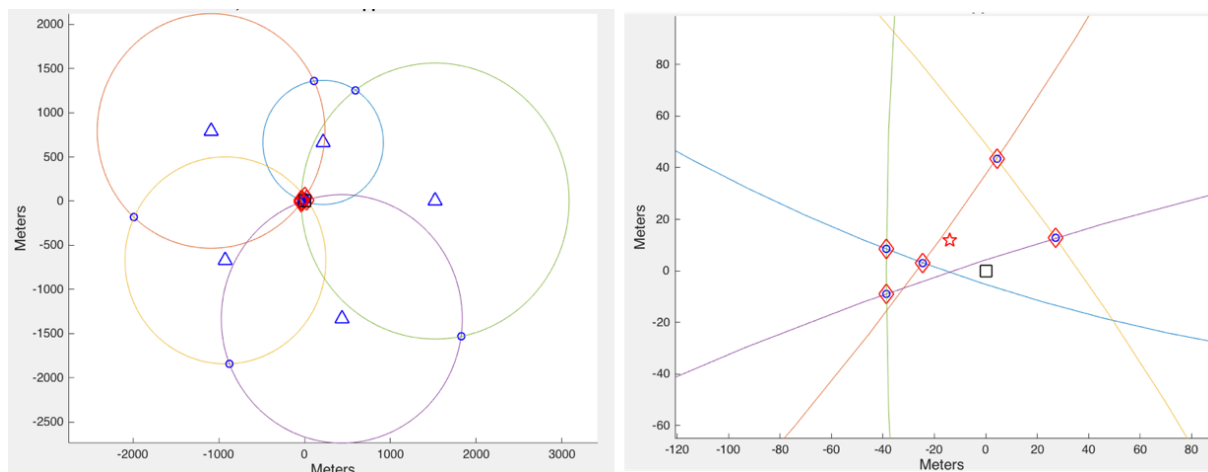


Рис. 3. Пять равномерно расположенных БС на расстоянии 1,2 м с СКО 400 м

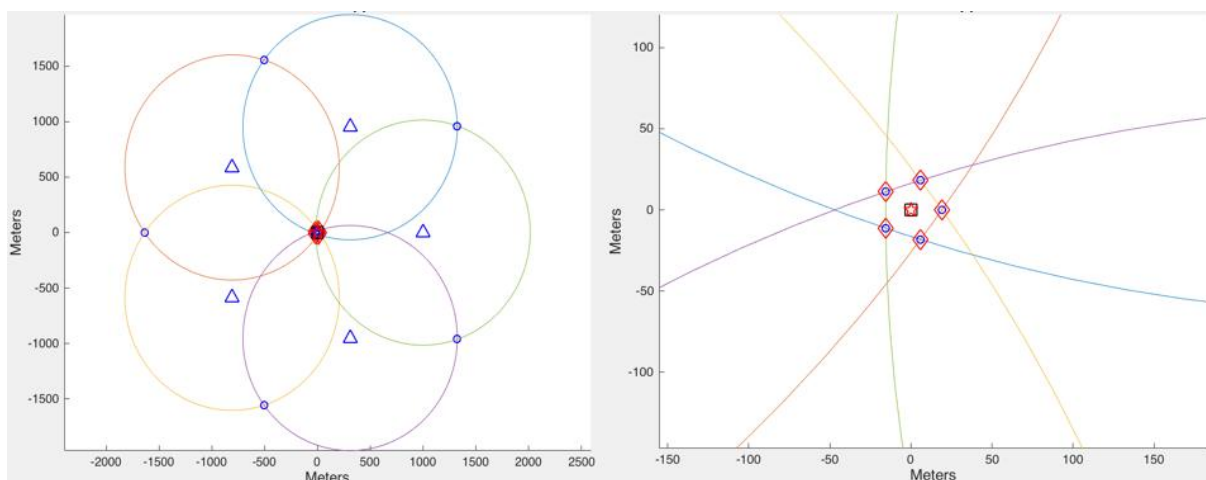


Рис. 4. Пять равномерно расположенных БС на фиксированном расстоянии 1,2 м

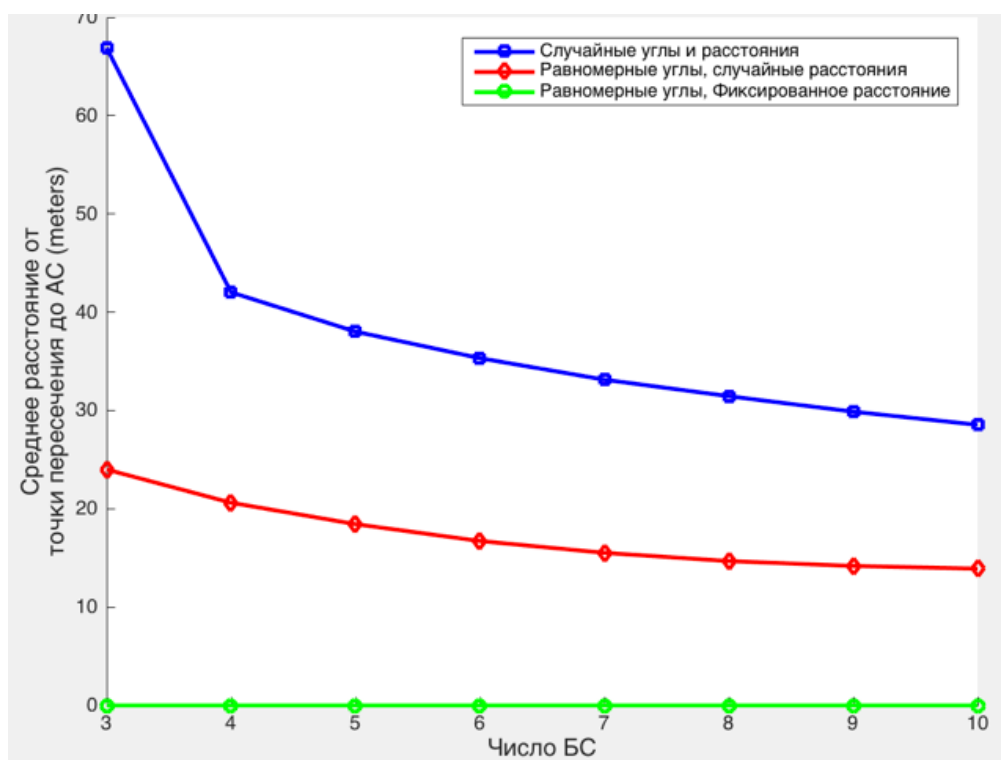


Рис. 5. График изменения точности позиционирования от числа БС

По итогам исследования сделаны следующие выводы:

1. Разработана имитационная модель для статистической оценки точности позиционирования АС в сетях LTE
2. По результатам моделирования получены кривые, оценивающие точность позиционирования АС.
3. Полученные результаты целесообразно использовать будут использоваться в дальнейшем для комплексирования данных других методов позиционирования

Список используемых источников

1. Киреев А. В., Фокин Г. А. Пеленгация источников радиоизлучения LTE мобильным пунктом радиоконтроля с круговой антенной решеткой // Труды Научно-исследовательского института радио. 2015. № 2. С. 68–71.
2. Sivers M., Fokin G. LTE Positioning Accuracy Performance Evaluation // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. Springer International Publishing, 2015. С. 393–406.
3. Сиверс М. А., Фокин Г. А., Духовницкий О. Г. Позиционирование абонентских станций в сетях мобильной связи разностно-дальномерным методом // Системы управления и информационные технологии. 2015. Т. 59. № 1. С. 55–61.
4. Киреев А. В., Фокин Г. А. Позиционирование источников радиоизлучения в сетях LTE с использованием круговой антенной решетки // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. СПбГУТ. СПб., 2015. С. 122–126.
5. Дмитриев П. Д., Писарев С. Б., Сиверс М. А. Анализ методов и алгоритмов позиционирования в сетях Wi-Fi // Вестник связи. 2015. № 10. С. 44–49.

6. Fokin G., Volgushev D., Kireev A., Bulanov D., Lavrukhin V. Designing the MIMO SDR-based LPD transceiver for long-range robot control applications // Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2014. 6th International Congress on. IEEE, 2014. pp. 456–461.

7. Фокин Г. А., Лаврухин В. А., Волгушев Д. А., Киреев А. В. Модельно-ориентированное проектирование на основе SDR // Системы управления и информационные технологии. 2015. Т. 60. № 2. С. 94–99.

8. Mashkov G., Borisov E., Fokin G. Experimental validation of multipoint joint processing of range measurements via software-defined radio testbed // 2016 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). IEEE, 2016. pp. 268–273.

9. Глазков Р. В. Анализ существующих методов обнаружения «спящих» сот в сетях LTE // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей. СПбГУТ. СПб., 2014. С. 72–77.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

Д.И. Кирик, Т.Ю. Ковалева, Ю.И. Пустарнакова

Моделирование и исследование экранирующих свойств защитных материалов и покрытий является одним из эффективных пассивных методов в проблемы обеспечения электромагнитной совместимости узлов и блоков ВЧ и СВЧ устройств и технических средств передачи информации, повышения их помехоустойчивости.

Ключевые слова: электромагнитные параметры, коэффициент отражения, экранирование электромагнитной совместимости

MODELING AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE SHIELDING PROPERTIES OF PROTECTIVE MATERIALS AND COATINGS

Kirik, D., Kovaleva T., Pustarnakova Y.

Modeling and study of shielding properties of protective materials and coatings is one of the effective passive methods in problems of electromagnetic compatibility of units and blocks RF and microwave devices and technical means of information transmission, improve their noise immunity.

Keywords: electromagnetic parameters, reflection coefficient and shielding electromagnetic compatibility

Внедрение новых, более современных средств обнаружения целей требует привлечения новых защитных материалов и покрытий, обеспечивающих эффективность и экологическую безопасность при функционировании радиоэлектронных систем (РЭС), в том числе технических средств передачи информации (ТСПИ), а также обеспечивающие радиолокационную защиту объектов в широкой полосе частот.