

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН НА МОБИЛЬНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ С ВЛИЯНИЕМ НА ЗАМИРАНИЯ

EVALUATION OF THE USE OF DIRECTIONAL ANTENNAS ON A MOBILE BASE STATION WITH AN EFFECT ON FADING

**A. Goltsov
V. Kotorov
I. Bulatov**

Formulation of the task. It is necessary to estimate the difference when directional antennas are using with different directional angles on the effect of fading.

Purpose. The aim of the work is to compare and select the optimal method for using different antennas.

Methods. The math modeling.

Novelty. The novelty of this experiment is that it clearly demonstrates the effectiveness of using either the method of using different antennas on a mobile base station.

Results. The use of directional antennas for fixed objects significantly improves the quality of data transmission, but their use with moving objects affects the inverse proportion to the quality of data transmission.

Practical relevance. This research allows more efficiently to build cells of base stations of mobile networks.

Keywords: directional antennas, fading, Doppler spectrum, mobile communication, wireless communication.

Гольцов Александр Сергеевич

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
gas06081992@yandex.ru

Которов Василий Владимирович

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
kotorov@live.com

Булатов Иван Иванович

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
bulatov.vanek@mail.ru

Аннотация. Постановка задачи: оценить разницу использования направленных антенн различного угла направленности с влиянием на замирания.

Целью работы является сравнение полученных данных эксперимента и выбор предпочитаемого метода использования различных антенн.

Используемые методы. математическое моделирование.

Новизна данного эксперимента в том, что он наглядно покажет эффективность использования того или метода использования различных антенн на мобильной базовой станции.

Результат: использование направленных антенн для неподвижных объектов значительно улучшают качественные показатели передачи данных, однако использование их с движущимися объектами влияет обратно пропорционально на качество передачи данных.

Практическая значимость: данное исследование позволяет более эффективно строить соты базовых станций мобильных сетей.

Ключевые слова: направленные антенны, замирания, доплеровский спектр, подвижная связь, беспроводная связь.

Актуальность

В этой статье мы проанализируем влияние использования направленных антенн базовой станции на доплеровский спектр, что в свою очередь должно показать на сколько изменяются значения замираний сигнала. Что необходимо для увеличения качественных показателей передачи данных. Хорошо известно, что доплеровский спектр зависит от вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мобильному абоненту и направления его движения. Доплеровский спектр принимает U-образную форму, когда значения вероятностной функции неопределён-

ной плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мобильному абоненту являются однородными.

Постановка задачи

В этой статье, мы рассматриваем доплеровские замирания на базовой станции с использованием направленных антенн, также предполагаем, что отражатели равномерно расположены внутри зоны покрытия антенны мобильного абонента, и извлекают значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мобильному абоненту.

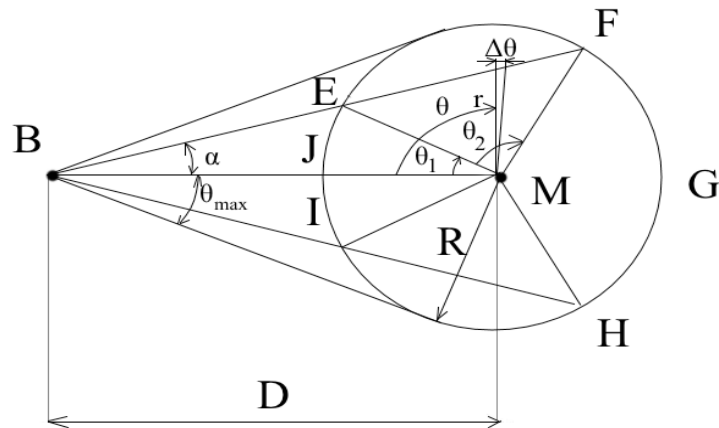


Рис. 1. (вид сверху) Иллюстрация спектра мобильного абонента, при использовании направленной антенны на базовой станции

Характерные спектра сигнала мобильного абонента при использовании направленных антенн на базовой станции

Здесь мы предполагаем, что отражатели равномерно расположены вокруг мобильного абонента (M) в пределах круга радиусом (R), как показано на рис. 1. Базовая станция (B) находится на расстоянии (D) от мобильного абонента. Кроме того, мы предполагаем, что сигнал проходит один интервал, при перемещении от базовой станции к мобильному абоненту. То есть сигнал от мобильного абонента отражается от отражателя и достигает базовой станции без влияния других отражателей. Рис. 1 иллюстрирует состояние, когда на базовой станции установлена направленная антенна с плоской вершиной [2], постоянным усилением и шириной луча 2α . Поскольку отражатели ограничиваются радиусом покрытия антенны мобильного абонента, то спектр сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к базовой станции ограничен угловой областью $2\theta_{max}$. Если $\alpha \geq 2\theta_{max}$, то антенна базовой станции будет покрывать все зоны функционирования и следовательно, значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала к мобильному абоненту будут являться однородными. Но если $\alpha < 2\theta_{max}$, то антенна базовой станции будет только частично покрывать зоны функционирования и следовательно, значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала к мобильному абоненту не будут равномерными.

На рис. 1, зона покрытия антенны базовой станции отмечена буквами EFGHIJ. Давайте теперь выведем значения вероятностной функции неопределённой плотности θ к мобильному абоненту, когда $\alpha < 2\theta_{max}$. Рассмотрим только зону EFGMJ, где $0 < \theta \leq \pi$. Разобьем зону EFGMJ ещё на три зоны: JEM, EFM, и FGM. Значения θ_1 , θ_2 , и π определяют три зоны. Значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала могут быть получены вычислением площади узкой полосы (заштрихованная область), показанной на рис. 1. Область (A_1), внутри полоски между θ и $\theta + \Delta\theta$, может быть показана с помощью формулы:

$$A_1 = \int_{\theta}^{\theta+\Delta\theta} \frac{1}{2} r^2 d\theta \quad (1)$$

где значение r для трёх зон:

$$r = \begin{cases} R, & 0 < \theta \leq \theta_1 \\ \frac{D \tan(\alpha)}{\sin(\theta) + \cos(\theta) \tan(\alpha)}, & \theta_1 < \theta \leq \theta_2 \\ R, & \theta_2 < \theta \leq \pi \end{cases} \quad (2)$$

Основываясь на геометрии рис. 1, следует:

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{D}{r} \sin^2(\alpha) \pm \frac{\cos(\alpha)}{r} \sqrt{r^2 - D^2 \sin^2(\alpha)} \right], \quad (3)$$

Теперь θ_1 и θ_2 может быть определён путём замены $r = R$ в формуле (3). Поскольку предполагается, что отражатели равномерно распределены внутри зоны EFGHIJ, плотность покрытия внутри зоны является обратной величиной области. Плотность покрытия может быть показана, как:

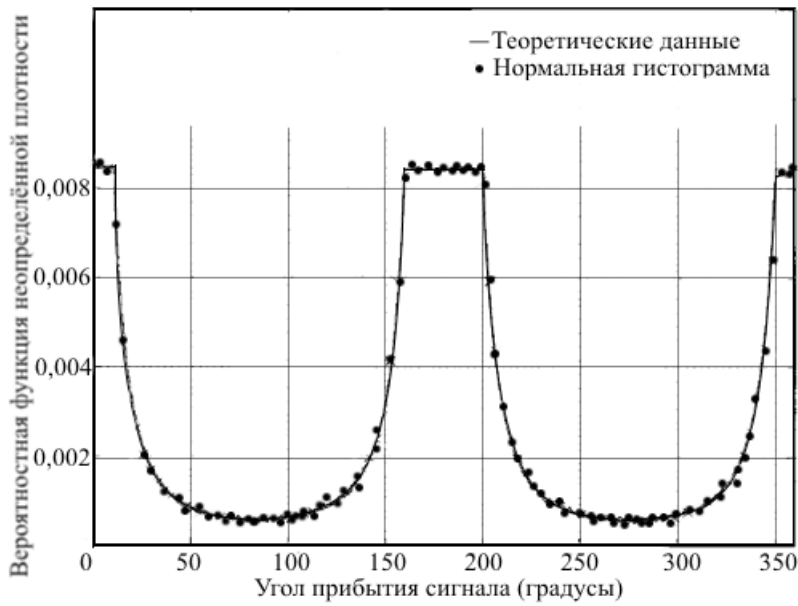


Рис. 2. Теоретическая вероятностная функции неопределённой плотности и смоделированные нормативные гистограммы спектра сигнала к мобильному абоненту. При значениях $2\alpha = 10^\circ$, $D/R = 3$ и $2\theta_{max} = 38,9^\circ$.

$$f_{area} = \frac{1}{R^2 (\pi + \theta_1 - \theta_2) + 2D \sin(\alpha) \sqrt{R^2 - D^2 \sin^2(\alpha)}} \quad (4)$$

Используя выражение (1) и (4), совокупная функция распределения от спектра сигнала может быть выражена как:

$$F_\theta(\theta) = \int_0^\theta \frac{f_{area} \times r^2}{2} d\beta \quad (5)$$

где β является фиктивной переменной и r задается выражением (2).

Функция вероятностной плотности, это производная от совокупности функции распределения, которая может быть выражена как:

$$f_\theta(\theta) = \begin{cases} \frac{R^2}{I}, & -\theta < \theta \leq \theta_1 \\ \frac{(D \tan(\alpha))^2}{I(\sin(\theta) + \cos(\theta) \tan(\alpha))^2}, & \theta_1 < |\theta| \leq \theta_2 \\ \frac{R^2}{I}, & \theta_2 < \theta \leq -\theta_2 \end{cases} \quad (6)$$

где

$$I = 2R^2(\pi + \theta_1 - \theta_2) + 4D \sin(\alpha) \sqrt{R^2 - D^2 \sin^2(\alpha)}.$$

Рис. 2 подтверждает теоретическую вероятность функции плотности, описанную в этом разделе. Рассмотрим измерения, где $D = 3$ км и $R = 1$ км, следовательно $2\theta_{max} = 38,9^\circ$. Если на базовой станции используется луч с плоской вершиной, с постоянным усилением и шириной луча 10° , то теоретическая вероятность функции плотности оценивается с помощью формулы (6) и показана на рис. 2. Для получения нормативной гистограммы моделируемого спектра сигнала, отражатели равномерно установлены вокруг мобильного абонента. Стандартная гистограмма также показана на рис. 2 и она приближается к характеристической кривой теоретической вероятности функции плотности.

Доплеровский спектр и замирания огибающей

Движение мобильного абонента (приёмника) приводит к разбросу по доплеровской частоте принимаемого сигнала. Рис. 3 иллюстрирует состояние, когда мобильный абонент движется под углом ϕ_v по отношению к постоянной составляющей в зоне видимости. i -ый компонент многолучевого распространения поступает к мобильному абоненту под углом ϕ_i относительно составляющих компонентов находящихся в зоне видимости. Составляющие компоненты многолучевого распространения в приёмнике подвержены воздействию доплеровского сдвига по частоте в зависимости от направления движения мобильного абонента. i -ый компо-

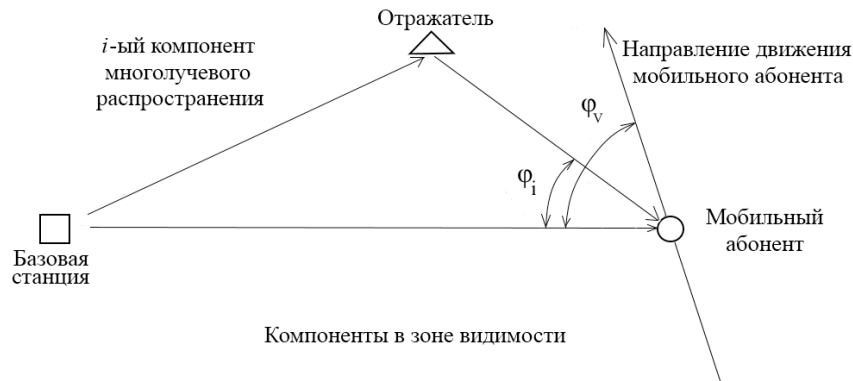


Рис. 3. Иллюстрация составляющих компонентов многолучевого распространения, поступающих к мобильному абоненту от базовой станции

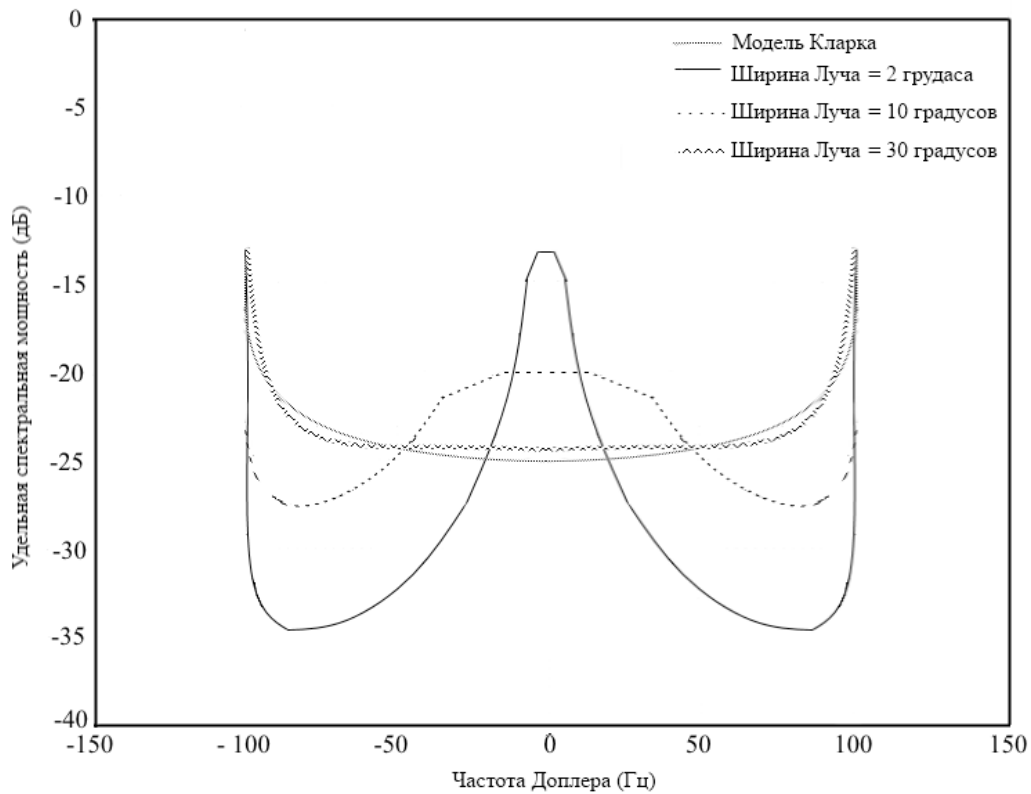


Рис. 4. Доплеровский спектр в сравнении с моделью Кларка

нент многолучевого распространения подвержен воздействию доплеровского сдвига $v_i = f_m \cos(\phi_i - \phi_v)$, где f_m — это максимально допустимый доплеровский сдвиг, который определяется как $f_m = v/\lambda$, v — это скорость мобильного абонента, и λ — это длина волны несущей. Если предположить, что мобильный абонент использует антенну с разнонаправленными свойствами, то можно вычислить спектральную мощность с учётом воздействия доплеровского сдвига:

$$S_r(f) = \frac{A_s^2}{f_m \sqrt{1 - (f/f_m)^2}} \left[f_\theta(\phi_v + |\cos^{-1}(f/f_m)|) + f_\theta(\phi_v - |\cos^{-1}(f/f_m)|) \right], |f| < f_m \quad (7)$$

где $f_\theta(\cdot)$ — значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мо-

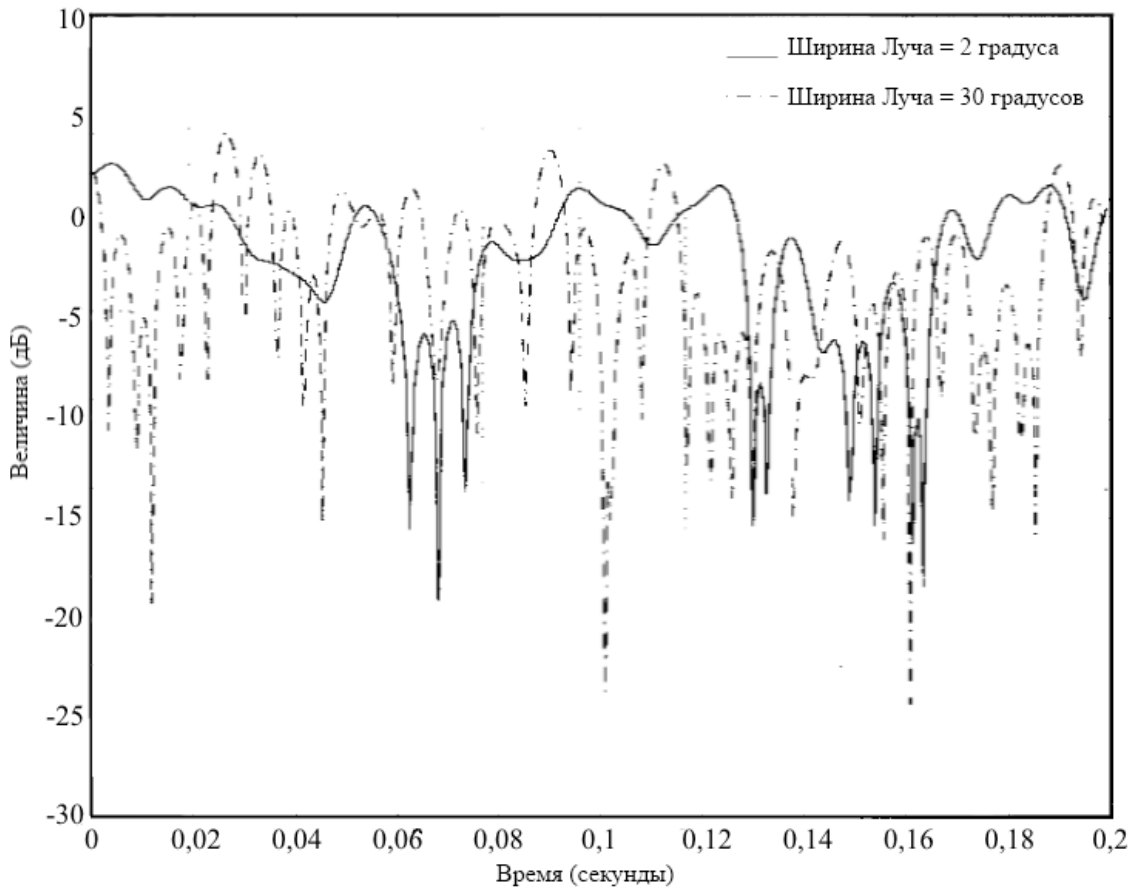


Рис. 5. Замирания огибающих нормированных среднеквадратичным значением для ширины луча 2° и 30° . Значения $2\theta_{max} = 38,9^\circ$.

бильному абоненту. Если спектр сигнала к мобильному абоненту однороден, то доплеровский спектр определяется моделью Кларка [1] как:

$$S_r(f) = \frac{A^2}{\pi f_m \sqrt{1 - (f/f_m)^2}}, |f| < f_m$$

Если на базовой станции используется антенна с «лучевой» диаграммой направленности, то значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения определяется формулой (6). Подставляя выражение (6) в (7), можно вычислить доплеровский спектр, полученный при использовании на базовой станции антенны с «лучевой» диаграммой направленности. Рассмотрим измерения, когда мобильный абонент перемещается со скоростью 54 км/ч и несущая частота 2 ГГц. Максимальный доплеровский сдвиг по частоте — 100 Гц. Разделение T-R 3 км и $R = 1$ км. Здесь рассмотрены три различных спектра сигнала для ширины луча: 2° , 10° , и 30° , значение $2\theta_{max} = 38,9^\circ$ и $A_o = 1$.

Значения R, D, ϕ_v , и $f_m = 1$ км, 3 км, 90° и 100 Гц, соответственно

Рис. 4 показывает доплеровский спектр для $\phi_v = 90^\circ$ и симметричный спектр относительно нулевой частоты Доплера. Спектр симметричен, поскольку мобильный абонент движется перпендикулярно относительно базовой станции, и установлено равное количество отражателей сзади и спереди мобильного абонента. На рис. 4 для ширины луча 2° , модель прогнозирует очень маленький доплеровский разброс по частоте, и как только ширина луча увеличивается — форма спектра обретает U-образность уподобляясь модели Кларка. Это происходит, потому как значение вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала к мобильному абоненту стремится к равномерному распределению.

На рис. 5 изображены нормированные значения замираний огибающих для ширины луча 2° и 30° . Использование направленной антенны с шириной луча 30° приводит к доплеровскому спектру близкому к модели Кларка, следовательно есть большие вариации огибаю-

щих, а для ширины луча 2^0 — антенна сокращает число составляющих компонентов многолучевого распространения и следовательно становится меньше вариаций в огибающих замираний.

Выводы

В этой статье мы исследовали влияние направленных антенн на доплеровский спектр. Мы предположили, что отражатели расположены равномерно внутри зоны покрытия антенны мобильного абонента и составляющие компоненты многолучевого распространения

претерпевают одно отражение на пути от передатчика к приёмнику. Были получены значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения и доплеровский спектр для мобильного абонента, при использовании направленных антенн на базовой станции. Так же установили, что использование направленных антенн для неподвижных объектов значительно улучшают качественные показатели передачи данных, однако использование их с движущимися объектами влияет обратно пропорционально на качество передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. C. Jakes, *Microwave Mobile Communication*. New York: Wiley, 1974.
2. Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // *Proceedings of ICC'93*. — 1993. — p. 1064–1070.
3. Berrou C., Glavieux A. Near Optimum Error Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux // *IEEE Trans. on Comm.* — 1996. — p. 1261–1271.
4. Crozier S., Guinand P., Lodge J., Hunt A. Construction and Performance of New Tail-Biting Turbo Codes / S. Crozier, P. Guinand, J. Lodge, A. Hunt // *6-th International Workshop on Digital Signal Processing Techniques for Space Applications*. — 1998. — p. 1.3.
5. Crozier, S. New High-Spread High-Distance Interleavers for Turbo-Codes. / S. Crozier // *20th Biennial Symposium on Communications*. — 2000. — p. 3–7.
6. Gilbert F., Kienle F., Wehn N. Low Complexity Stopping Criteria for UMTS Turbo-Decoders. / F. Gilbert, M. Thul, N. Wehn // *IEEE Conference Design, Automation and Test in Europe*. — 2003.
7. Land I., Hoeher P. A. Using the mean reliability as a design and stopping criterion for turbo codes. / I. Land, P. A. Hoeher // *Information Theory Workshop, 2001. Proceedings. 2001 IEEE*. — 2001. — p. 27–29.
8. Shao R. Y., Shu Lin, Fossorier M. P. C. Two simple stopping criteria for turbo decoding. / R. Y. Shao, Shu Lin, M. P. C. Fossorier // *Communications, IEEE Transactions on*. — 1999. — p. 1117–1120.

© Гольцов Александр Сергеевич (gas06081992@yandex.ru),

Которов Василий Владимирович (kotorov@live.com), Булатов Иван Иванович (bulatov.vanek@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики