

УДК 621.396.931

НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Денбновецкий С.В., Дзюра Э.В.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
03056, Украина, г. Киев, ул. Политехническая, 16, корпус 12,

sdenbno@gmail.com

ДЕЯКІ ПАРАМЕТРИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Денбновецький С.В., Дзюра Е.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
вул. Політехнічна, 16, корпус 12, м. Київ, 03056, Україна.

sdenbno@gmail.com

SOME PARAMETERS OF NEW MOBILE SYSTEMS

Denbnoveckii S.V., Dzura E.V.

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
03056, Kyiv-56, prospect Peremohy, 37

sdenbno@gmail.com

Аннотация. Представлены основные параметры систем радиосвязи. Произведен расчет и сравнение энергетических параметров систем мобильной связи стандартов GSM и CDMA на основе двулучевой модели распространения радиоволн. Результаты представлены в виде графиков и таблиц.

Ключевые слова: система мобильной связи; GSM; CDMA; двулучевая модель; расчет параметров; однолучевая модель.

Анотація. Запропоновано основні параметри системи радіозв'язку. Проведено розрахунок та порівняння енергетичних параметрів систем мобільного зв'язку стандартів GSM та CDMA на основі двопробеневої моделі поширення радіохвиль. Результати представлені у вигляді графіків і таблиць.

Ключові слова: система мобільного зв'язку; GSM; CDMA; двопробенева модель; розрахунок параметрів параметрів; однопробенева модель.

Введение

Образование канала передачи информации в цифровых системах связи осуществляется на основе мультиплексирования – процесса уплотнения и передачи потоков (сигналов) от двух и более источников информации по одному каналу связи. Для разделения каналов в системах связи применяют три основных способа: множественный доступ с частотным разделением (FDMA), множественный доступ с временным разделением (TDMA) и множественный доступ с кодовым разделением (CDMA). Комбинация двух первых способов разделения каналов применяется в системе мобильной связи GSM. Способ с кодовым разделением каналов используется в системе мобильной связи CDMA (стандарт IS-95) [5].

Энергетический расчет радиолинии связи производят по нахождению параметров, характеризующих все системы мобильной связи, а именно: напряженности электрического поля и мощности на входе приёмника, максимальной дальности радиосвязи, коэффициента усиления системы [6, 2].

Для корректного проектирования систем мобильной связи, необходимо рассчитать интенсивность сигнала в зависимости от расстояния между приёмником и передатчиком. Сложность расчетов состоит в том, что сигнал от передатчика к приёмнику распространяется множеством различных путей, на которых он претерпевает различного уровня затухания, ослабления и отражения.

Расчет параметров приведен для стандартов мобильной связи GSM 900 и CDMA IS-95. В основу расчетов положена двухлучевая модель распространения радиоволн [2]. Результаты данной статьи показывают перспективность развития сетей на основе технологии CDMA.

Описание модели

На рис. 1 изображена двухлучевая схема распространения радиоволн. Передающая и приёмная антенны расположены соответственно на высотах h_1 и h_2 над уровнем земли. Так как расстояние между обеими антеннами вдоль земли r на несколько порядков меньше радиуса Земли, то положим, что приёмная (МС) и передающая (БС) антенны находятся горизонтально на одной прямой. Сигнал попадает в приёмник двумя путями: r_1 – прямым лучом (по линии прямой видимости) и r_2 – лучом с одним отражением от земли [1, 2].

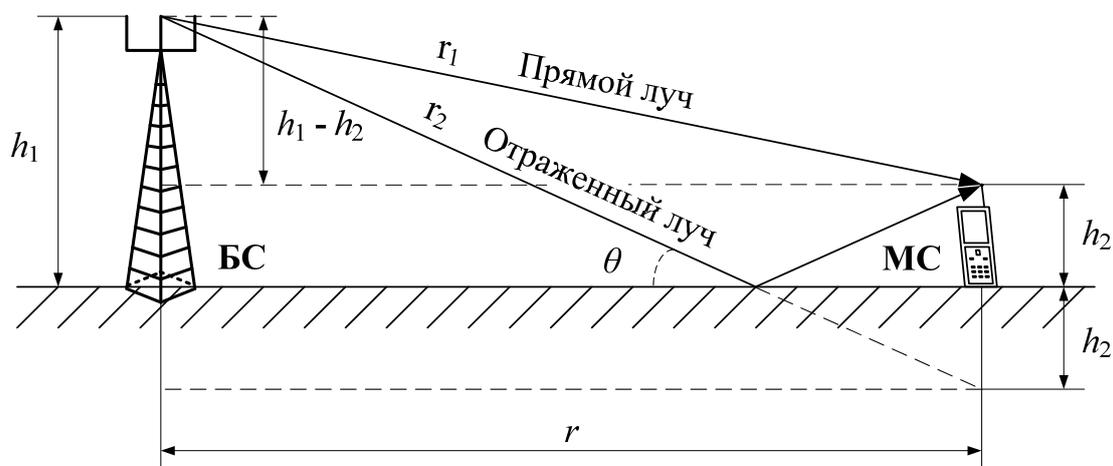


Рисунок 1 – Изображение двухлучевой схемы распространения радиоволн

Таким образом, в точку приёма мобильной станции приходят только два луча с различными амплитудами и фазами r_1 и r_2 . В этом и есть суть двухлучевой модели распространения радиоволн в отличие от однолучевой модели, которая учитывает прохождение лучей только в условиях прямой видимости между приёмником и передатчиком.

Ввиду малости угла падения θ , потери при отражении отсутствуют, поэтому множитель ослабления сигнала относительно напряженности электрического поля свободного пространства V представляется [7]:

$$V = \left| \frac{E_{\text{реал}}}{E_{\text{св}}} \right| = \left| \frac{E_{\text{св}} - E_{\text{св}} \cdot e^{j\Delta\Phi}}{E_{\text{св}}} \right| = \left| 1 - e^{j\Delta\Phi} \right|, \quad (1)$$

где $E_{\text{реал}}$, $E_{\text{св}}$ – напряжённость поля в реальной среде и в свободном пространстве соответственно; $\Delta\Phi$ – фазовый сдвиг между прямым и отраженным от земли лучами; j – мнимая единица.

Путем математических преобразований запишем (1) в виде:

$$V = 2 \left| \sin \frac{\Delta\Phi}{2} \right|. \quad (2)$$

Фазовый сдвиг $\Delta\Phi$ определяется:

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta r, \quad (3)$$

где λ – длина волны; $\Delta r = r_2 - r_1$ – разность хода лучей [7].

На основании построений (рис. 1) можно записать:

$$r_1 = \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + r^2}, \quad (4)$$

$$r_2 = \sqrt{(h_1 + h_2)^2 + r^2}. \quad (5)$$

Подставляя (4) и (5) в (3), а (3) в (2), получаем:

$$V = 2 \left| \sin \left[\frac{\pi}{\lambda} \left(\sqrt{(h_1 + h_2)^2 + r^2} - \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + r^2} \right) \right] \right|. \quad (6)$$

Исходные данные для расчётов [3]: $P = 30$ Вт – типичная мощность излучения антенны базовой станции; $G_1 = 70$ – типичный коэффициент усиления передающей антенны; $G_2 = 1,6$ – типичный коэффициент усиления антенны мобильной станции; $h_1 = 30$ м – высота антенны базовой станции; $h_2 = 1,5$ м – высота антенны мобильной станции; $l_{\phi 1} = 10$ м – длина фидерной линии базовой станции; $l_{\phi 2} = 0,01$ м – длина фидерной линии мобильной станции; $\alpha_{\phi 1} = \alpha_{\phi 2} = 1,1$ дБ/м – коэффициенты затухания фидерных линий базовой и мобильной станций.

Расчет параметров

Расчет напряженности электрического поля в точке приёма мобильной станцией производится в направлении максимума излучения антенны базовой приёмопередающей станции. Исходные данные для расчёта: $\lambda = 0,317$ м – средняя длина волны передачи сигнала для GSM; $\lambda = 0,341$ м – средняя длина волны передачи сигнала для CDMA. Амплитуда напряжённости электрического поля $E_m(r)$ зависит от расстояния r , на котором мобильная станция принимает сигнал [2, 7]:

$$E_m(r) = (60 \cdot P \cdot G_1)^{0,5} \cdot \frac{1}{r} \cdot V. \quad (7)$$

Результаты расчетов представлены в виде графиков (рис. 2). Из анализа графиков видно, что амплитуда напряженности электрического поля обратно пропорциональна расстоянию, на котором осуществляется приём сигнала мобильной станцией.

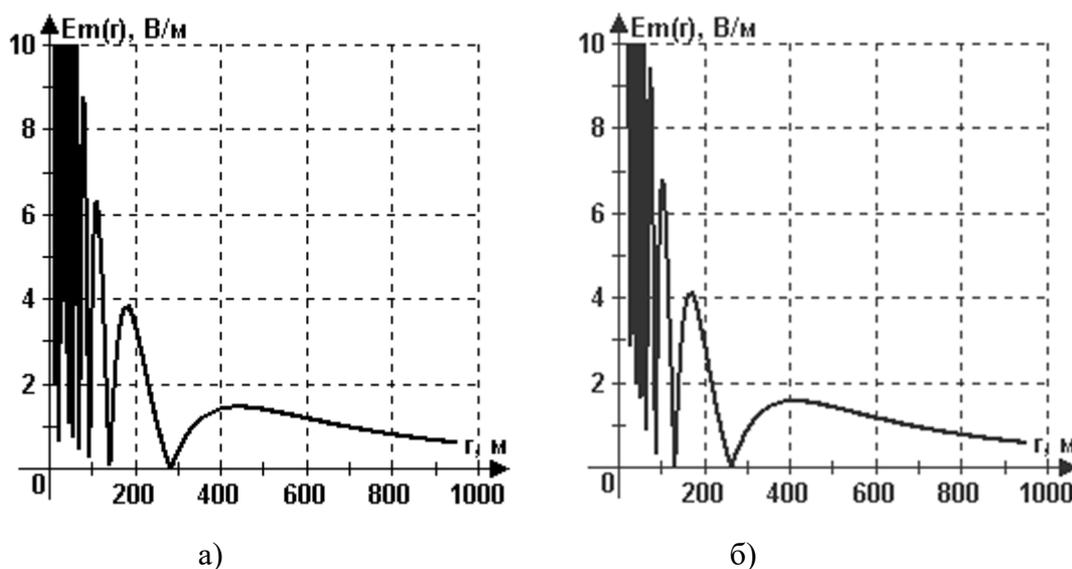


Рисунок 2 – Графики $E_m(r)$ для GSM (а) и CDMA (б)

При расчете мощности электромагнитного поля в точке приёма в направлении максимума излучения антенны для системы GSM примем исходные данные: $\lambda_{\min} = 0,313$ м, $\lambda_{\max} = 0,321$ м – минимальная и максимальная длина волны при передаче сигнала от базовой станции к мобильной; $r = 500$ м – расстояние между антеннами базовой и мобильной станций.

Мощность электромагнитного поля в точке приёма P_r [2, 7]:

$$P_r = P \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \lambda^2 \cdot \frac{1}{(4 \cdot \pi \cdot r)^2} \cdot e^{-\alpha_{\phi 2} \cdot l_{\phi 2}} \cdot V^2. \quad (8)$$

Тогда рассчитанные значения P_r :

$$P_r = 3,119 \cdot 10^{-5} \text{ Вт при } \lambda = 0,313 \text{ м; } P_r = 3,345 \cdot 10^{-5} \text{ Вт при } \lambda = 0,321 \text{ м.}$$

При расчёте мощности электромагнитного поля в точке приёма для системы CDMA, исходные данные: $\lambda_{\min} = 0,336$ м, $\lambda_{\max} = 0,345$ м, $r = 500$ м. Рассчитанные значения P_r :

$$P_r = 3,754 \cdot 10^{-5} \text{ Вт при } \lambda = 0,336 \text{ м; } P_r = 3,989 \cdot 10^{-5} \text{ Вт при } \lambda = 0,345 \text{ м.}$$

На рис. 3, 4 результаты расчётов представлены графически.

Мощность электромагнитного поля в точке приёма у системы CDMA больше чем у системы GSM за счет разности в несущих длинах волн (у GSM она меньше).

Коэффициент усиления системы мобильной связи G_S [дБм] [2]:

$$G_S = P_{\text{ПРД}} - P_{\text{ПРМ min}}, \quad (9)$$

где $P_{\text{ПРД}}$ – мощность передатчика, $P_{\text{ПРМ min}}$ – пороговая чувствительность приёмника. Для систем типа GSM и CDMA $P_{\text{ПРД}} = 44,77$ дБм (30 Вт). $P_{\text{ПРМ min}} = -106$ дБм (GSM), $P_{\text{ПРМ min}} = -120$ дБм (CDMA). Рассчитанные значения:

$$G_S = 150,77 \text{ дБм (GSM); } G_S = 164,77 \text{ дБм (CDMA).}$$

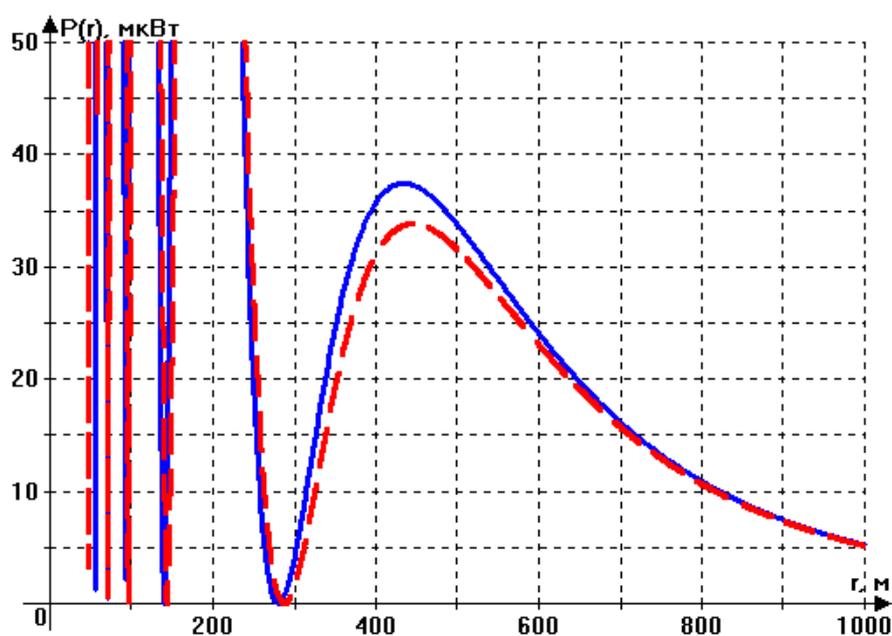


Рисунок 3 – Графики $P_r(r)$ для различных несущих частот GSM

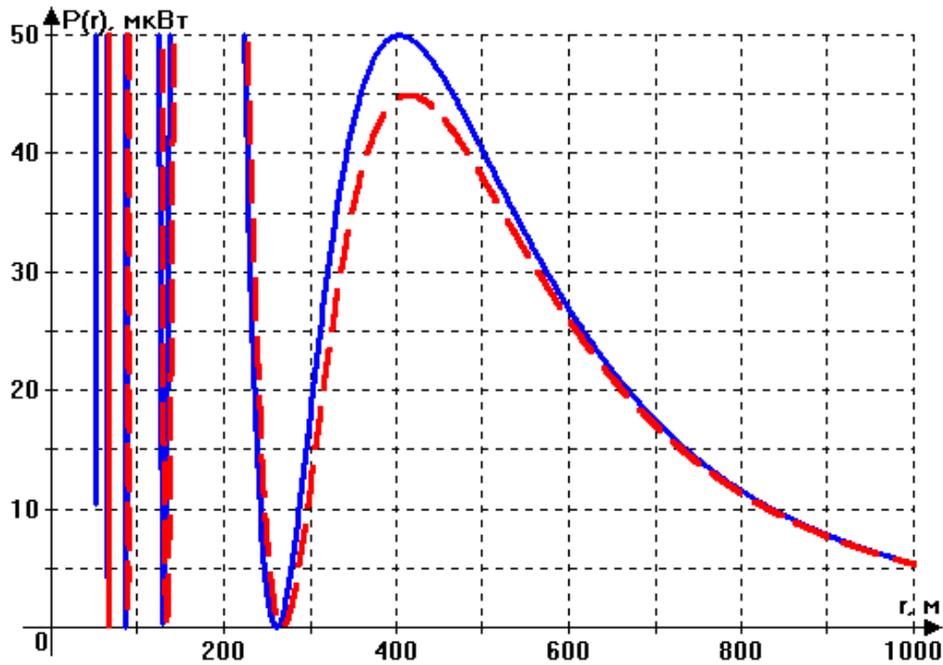


Рисунок 4 – Графики $P_r(r)$ для различных несущих частот CDMA

Коэффициент усиления системы связи показывает, во сколько раз мощность переданного сигнала больше минимальной мощности принятого сигнала.

Расчёт максимальной дальности радиосвязи r_{\max} (радиуса соты) можно произвести по формуле:

$$r_{\max} = \left[\frac{P_{\text{ПРД}} \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot h_1^2 \cdot h_2^2}{P_{\text{ПРМ min}}} \right]^{0,25} \cdot e^{-0,25 \cdot (\alpha_{\phi 1} \cdot l_{\phi 1} + \alpha_{\phi 2} \cdot l_{\phi 2})}, \quad (10)$$

если принять, что фазовый сдвиг между прямым и отражённым лучами $\Delta\Phi < 0,6$ рад [2, 7].
 Рассчитанные значения максимальной дальности радиосвязи:

$$r_{\max} = 1454 \text{ м} - \text{для GSM}; \quad r_{\max} = 3256 \text{ м} - \text{для CDMA}.$$

Исходя из полученных данных, расчетная дальность связи системы GSM меньше, чем у системы CDMA. Это связано с различными коэффициентами усиления систем и с различными потерями на разных диапазонах несущих частот. Результаты расчётов приведены в итоговой таблице сравнения параметров систем мобильной связи GSM и CDMA (табл. 1). Для сравнения в таблице 2 приведены данные расчетов с использованием однолучевой модели [4].

Таблица 1 – Сравнение параметров систем мобильной связи GSM и CDMA

Параметр	Система мобильной связи	
	GSM	CDMA
$E_m (r = 100\text{м}), [\text{В/м}]$	3,44	6,43
$E_m (r = 1000\text{м}), [\text{В/м}]$	0,553	0,523
$E_m (r = 5000\text{м}), [\text{В/м}]$	0,025	0,023
$P_{r \min}, [\text{Вт}]$	$3,119 \cdot 10^{-5}$	$3,754 \cdot 10^{-5}$
$P_{r \max}, [\text{Вт}]$	$3,345 \cdot 10^{-5}$	$3,989 \cdot 10^{-5}$
$G_S, [\text{дБм}]$	150,77	164,77
$r_{\max}, [\text{м}]$	1454	3256

Таблица 2 – Расчеты с использованием однолучевой модели

Параметр	Система мобільної зв'язи	
	GSM	CDMA
$E_m(r = 100 \text{ м}), [\text{В/м}]$	3,55	6,55
$E_m(r = 1000 \text{ м}), [\text{В/м}]$	0,355	0,355
$E_m(r = 5000 \text{ м}), [\text{В/м}]$	0,071	0,071
$P_{r \text{ min}}, [\text{Вт}]$	$8,25 \cdot 10^{-6}$	$9,5 \cdot 10^{-6}$
$P_{r \text{ max}}, [\text{Вт}]$	$8,67 \cdot 10^{-6}$	10^{-5}
$G_s, [\text{дБм}]$	150,77	164,77
$r_{\text{max}}, [\text{м}]$	1186	6374

Выводы

Использованная в вышеприведенных расчетах двухлучевая модель распространения радиоволн дает приблизительную оценку параметров систем радиосвязи. По сравнению с однолучевой моделью, двухлучевая модель даёт более точные результаты.

Таким образом, были получены численные данные параметров: амплитуды напряжённости электрического поля в точке приёма, мощности в точке приёма, коэффициента усиления систем, максимальной дальности радиосвязи для систем связи стандартов GSM и CDMA.

Как показывает проведенный анализ, по выбранным параметрам система CDMA обеспечивает лучшие характеристики, чем система GSM.

Литература

1. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Весоловский Кшиштоф; Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под. ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с.
2. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В.И. Попов. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 296 с.: ил.
3. Дзюра А.В. Мультистандартна мережа оператора стільникового зв'язку для району міста: Дипломна робота. – Київ, 2014.
4. Дзюра Э.В. Сравнение параметров систем мобильной связи типа GSM и CDMA / Э.В. Дзюра, С.В. Денбновецкий // Материалы VIII научно-практ. конф. [«Перспективные направления современной электроники»]. Киев: НТУУ «КПИ», ФЭЛ, (14-15 мая 2014). – С. 38-41.
5. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / М.В. Ратынский. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.
6. Системы и сети цифровой радиосвязи: учеб. пособие / Н. И. Листопад [и др.]. – Минск: «Изд-во Гревцова», 2009. – 200 с.: ил.
7. Сукачев Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: Учебн. пособ. / Э.А. Сукачев. – [2-е, испр. и дополн.] – Одесса: УГАС, 2000. – 119 с.

REFERENCES

1. Vesolovskiy Kshishtof. Sistemyi podvizhnoy radiosvyazi / Vesolovskiy Kshishtof; Per. s polsk. I.D. Rudinskogo; pod. red. A.I. Ledovskogo. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2006. – 536 s.
2. Popov V.I. Osnovy sotovoy svyazi standarta GSM / V.I. Popov. – M.: Eko-Trendz, 2005. – 296 s.: il.
3. Dzyura A.V. Multistandartna merezha operatora stllnikovogo zv'yazku dlya rayonu mlsta: Diplomna robota. – KiYiv, 2014.
4. Dzyura E.V. Sravnenie parametrov sistem mobilnoy svyazi tipa GSM i CDMA / E.V. Dzyura, S.V. Denbnovetskiy // Materialy VIII nauchno-prakt. konf. [«Perspektivnyye napravleniya so-vremennoy elektroniki»]. Kiev: NTUU «KPI», FEL, (14-15 maya 2014). – S. 38-41.
5. Ratyinskiy M.V. Osnovy sotovoy svyazi / M.V. Ratyinskiy. – M.: Radio i svyaz, 2000. – 248 s.
6. Sistemyi i seti tsifrovoy radiosvyazi: ucheb. posobie / N. I. Listopad [i dr.]. – Minsk: «Izd-vo Grevtsova», 2009. – 200 s.: il.
7. Sukachyov E.A. Sotovyie seti radiosvyazi s podvizhnyimi ob'ektami: Uchebn. posob. / E.A. Sukachev. – [2-e, ispr. i dopoln.] – Odessa: UGAS, 2000. – 119 s.