

УДК 621.396.41

СЕМЕНКО А.І., д.т.н., професор (Національний університет телекомунікацій),
 МАЦІЯКА Н.В., провідний інженер (ПрАТ «Київстар»)

Система мобільного зв'язку з покращеною енергетикою для метрополітену

Розглядається система мобільного зв'язку для метрополітену на основі антенного кабелю. Відмічаються енергетичні проблеми системи через значне загасання сигналу в кабелі. Пропонується використання репітерів з антенами Удо-Ягі з визначеними коефіцієнтами підсилення у вагонах метрополітену для компенсації загасання сигналу в кабелі.

Ключові слова: система мобільного зв'язку, антенний кабель, репітер, антена Удо-Ягі, погонне загасання, втрати на зв'язок, потужність передавача, чутливість приймача, мобільний телефон, базова станція.

Вступ

Звання найшвидкісного транспорту у великих мегаполісах все впевненіше завойовує метро. Через станції підземки за рік проходять десятки мільйонів абонентів - саме тому оператори стільникового зв'язку активно забезпечують зв'язком підземелля мегаполісів, одержуючи великі прибутки від експлуатації системи. За кордоном зв'язок в метро - стандартна послуга від операторів стільникового зв'язку. Вже 2-3 року назад сигнал від спеціальних базових станцій стільникового зв'язку був доступний практично в усіх столицях європейських міст від Парижа і Барселони до Берліна. Крім того, в деяких метрополітенах можна дістати безкоштовний доступ по Wi Fi до спеціальних навігаційних сайтів на різних мовах світу (як в Парижі) <http://www.mfogum.ru/news/article/060708.htm>.

Зв'язок в метрополітені має свої особливості, пов'язані з поширенням радіохвиль. Побудова систем мобільного зв'язку в підземці – це досить непроста і дорога задача. Найбільш ефективним рішенням на даний момент є використання антенного (щілинного) кабелю, який підключається до базової станції на платформі. Але для такого кабелю властиве доволі велике загасання сигналу, особливо втрати на зв'язок, що спричиняє енергетичні проблеми в системі.

В роботі пропонується покращення енергетики системи мобільного зв'язку в метрополітені шляхом використання репітерів з антенами Удо-Ягі в вагонах.

Принципи створення системи мобільного зв'язку з покращеною енергетикою в метрополітені

Для забезпечення мобільного зв'язку в метрополітені використовують антенний кабель, який розміщують на стіні тунелю та підключають його до базової станції. Кабель випромінює сигнал, який поступає на мобільні телефони, що знаходяться в вагонах метрополітену. Кабель також приймає сигнали від мобільних телефонів.

Для створення систем мобільного зв'язку в метрополітені здебільшого використовують стандарт GSM 900 та антенний кабель фірми EUPEN(Данія) типу 522RC8R довжиною понад 1000 м (типова відстань між станціями метрополітену складає біля 2000 м), погонні загасання сигналу в якому на частоті 900 МГц складають 5,25 дБ на 100 м, а загасання сигналу на зв'язок на відстані 2м - 63 дБ.

Причому, з причин зручного обслуговування системи базові станції встановлюють біля станцій метрополітену, прокладаючи антенний кабель на наявній відстані між станціями, яка може сягати 3000 м та більше.

Враховуючи вище сказане, для забезпечення надійної роботи системи використовують базову станцію з надвеликою потужністю передавача та надчутливим приймачем.

Необхідна потужність передавача базової станції розраховують за формулою

$$P_6 = P_{\text{пр мін мт}} h \delta_1 \delta_2 L \delta_3, \quad (1)$$

де $P_{\text{пр мін мт}}$ – чутливість приймача мобільного телефону – 108 дБм ($1,58 \cdot 10^{-14}$ Вт),

h – відношення сигнал/шум в системі - 9дБ(8),

δ_1 – втрати сигналу при проходженні до вагону - 10дБ(10),

δ_2 – погонне загасання сигналу в антенному кабелі - 5,25 дБ/100 м,

L – довжина кабеля,
 δ_3 – втрати сигналу на зв'язок на частоті 900 МГц - 63 дБ(2×10^6).

Із формули (1) знаходять необхідну чутливість приймача базової станції

$$P_{\text{пр мін бс}} = P_{\text{мт}} / (h \delta_1 \delta_2 L \delta_3), \quad (2)$$

де $P_{\text{мт}}$ – потужність передавача мобільного телефону.

В таблиці 1 наведені характеристики системи при використанні антенних кабелів фірми EUPEN різних типів довжиною 1000 м при відношенні сигнал/шум 9 дБ (8) та величині $\delta_1=10$ дБ (10). Необхідну потужність передавача визначають при чутливості приймача мобільного телефону - 108 дБм ($1,58 \times 10^{-14}$ Вт), а необхідну чутливість приймача базової станції при потужності передавача мобільного телефону 1 Вт.

Таблиця 1

Характеристики системи при використанні антенних кабелів довжиною 1000 м

Тип кабеля	Маса кабеля довжиною 1км, кг	Погонне загасання сигналу в кабелі на частоті 1000 МГц, дБ/100м	Загальне загасання сигналу в кабелі	δ_3 на частоті 900 МГц	P_6 , Вт	$P_{\text{пр мін бс}}$, Вт
512 RC8R	231	7,95	$8,9 \times 10^7$	5×10^6	$5,6 \times 10^2$	$2,8 \times 10^{-17}$
517 RC8R	425	6,4	$3,15 \times 10^6$	3×10^6	3,15	$1,3 \times 10^{-15}$
522 RC8R	550	5,25	$1,8 \times 10^5$	$1,9 \times 10^6$	$4,32 \times 10^{-1}$	$3,6 \times 10^{-14}$
543 RC8R	1255	3,5	10^7	3×10^6	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-12}$

В таблиці 2 наведені характеристики системи при використанні антенних кабелів фірми EUPEN різних типів довжиною 2000 м при параметрах, врахованих при побудові таблиці 1.

Таблиця 2

Характеристики системи при використанні антенних кабелів довжиною 2000 м

Тип кабеля	Маса кабеля довжиною 1км, кг	Погонне загасання сигналу в кабелі на частоті 1000 МГц, дБ/100м	Загальне загасання сигналу в кабелі	δ_3 на частоті 900 МГц	P_6 , Вт	$P_{\text{пр мін бс}}$, Вт
512 RC8R	231	7,95	$7,9 \times 10^{15}$	5×10^6	$4,9 \times 10^{10}$	$3,2 \times 10^{-25}$
517 RC8R	425	6,4	$6,3 \times 10^{12}$	3×10^6	$8,3 \times 10^6$	$6,6 \times 10^{-22}$
522 RC8R	550	5,25	$3,6 \times 10^{10}$	$1,9 \times 10^6$	$7,58 \times 10^4$	2×10^{-19}
543 RC8R	1255	3,5	10^7	3×10^6	72	$4,2 \times 10^{-16}$

Очевидно, що, враховуючи наявні параметри базової станції - $P_6 = 35$ Вт, $P_{\text{пр мін бс}} = 2,5 \times 10^{-15}$ Вт та мобільного телефону – $P_{\text{мт}} = 1$ Вт, $P_{\text{пр мін мт}} = 1,58 \times 10^{-14}$ Вт, для створення системи мобільного зв'язку в метрополітені можливо використовувати кабель типу 522 RC8R довжиною 1000 м, який має велику масу та вартість. До того ж абоненти мобільних телефонів, коли вагон буде знаходитись біля кінця антенного кабелю, змушені користуватись мобільним телефоном при максимальній потужності передавача,

що конче шкідливо для здоров'я як самого абонента, так і інших пасажирів вагона.

При довжині кабелю більше 1000 м (два відрізки, з'єднані спеціальною муфтою) необхідно використовувати кабель типу 543 RC8R, що неприйнятно як за масогабаритними показниками, так і за вартістю кабелю і монтажних робіт.

Задачу забезпечення якісної роботи системи мобільного зв'язку в метрополітені при великих загасаннях сигналу в антенному кабелі пропонується вирішити шляхом підсилення сигналу за допомогою

репітерів з зовнішньою та внутрішньою антенами Удо-Ягі, що розміщують у вагонах поїзда.

Використання репітера забезпечує додаткове підсилення сигналу в лініях «базова станція-мобільний телефон» та «мобільний телефон-базова станція», що компенсує великі загасання сигналу в антенному кабелі. При цьому в системі використовуються базові станції стандарту GSM 900 з наявними технічними характеристиками та кабелі з прийнятними мінімальними масогабаритними і ціновими характеристиками для прокладання ліній на фактичних відстанях між станціями метрополітену.

На рис. 1 наведена схема системи.

В системі мобільні телефони 1, 2 розміщені в вагоні поїзда метрополітену 3 та через антенний кабель 4 зв'язані з базовою станцією 5.

Для компенсації великого загасання сигналу в антенному кабелі в кожному вагоні поїзда метрополітену додатково встановлюють репітер 6 з внутрішньою 7 та зовнішньою 8 антенами Удо-Ягі (хвильовий канал), який забезпечує додаткове підсилення сигналу в лінії «базова станція-мобільний телефон» та «мобільний телефон - базова станція». Репітер 6 встановлюють в верхньому куті під дахом вагона. До репітера підключають внутрішню 7 та зовнішню антени 8 Удо-Ягі, які направляють в сторону пасажирів та антенного кабелю відповідно.

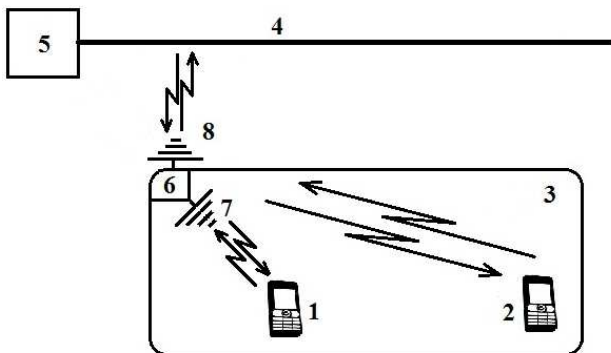


Рис. 1. Функціональна схема системи: 1, 2 - мобільний телефон, 3 - вагон, 4 - антенний кабель, 5 - базова станція, 6 - репітер, 7 - внутрішня антена Удо-Ягі, 8 - зовнішня антена Удо-Ягі

Необхідний коефіцієнт підсилення репітера в лінії «базова станція - телефон» визначають за формулою

$$K_{y \text{ бс-мт}} = P_{\text{пр мін мт}} 16 \pi^2 r^2 h \delta_1 \delta_2 L \delta_3 / (P_6 G_1 G_2 G_3 \lambda^2), \quad (3)$$

де r – відстань від мобільного телефону до внутрішньої антени репітера,

G_1, G_2 – коефіцієнти підсилення внутрішньої та зовнішньої антен репітера,

G_3 – коефіцієнт підсилення антени мобільного телефону,

λ – довжина робочої хвилі системи ($\lambda = 0,33\text{м}$).

Необхідний коефіцієнт підсилення репітера в лінії «мобільний телефон - базова станція» визначають за формулою

$$K_{y \text{ мт-бс}} = P_{\text{пр мін бс}} 16 \pi^2 r^2 h \delta_1 \delta_2 L \delta_3 / (P_{\text{мт}} G_1 G_2 G_3 \lambda^2), \quad (4)$$

де $P_{\text{пр мін бс}}$ – чутливість приймача базової станції,

$P_{\text{мт}}$ – потужність передавача мобільного телефону.

Розрахунки, виконані для системи з використанням найкращого за масогабаритними характеристиками та найдешевшого антенного кабелю типу 512 RC8R довжиною 2000 м при $P_6 = 35 \text{Вт}$, $G_1 = G_2 = 6\text{дБ}$ (4), $G_3 = 1$, $r = 10\text{м}$, показують, що необхідний коефіцієнт підсилення репітера в напрямку «базова станція – мобільний телефон» має бути $K_{y \text{ бс-мт}} = 1,56 \times 10^{11}$ (111,9 дБ).

Розрахунки, виконані для такої системи при $P_{\text{мт}} = 0,1 \text{Вт}$, показують, що необхідний коефіцієнт підсилення репітера в напрямку «мобільний телефон - базова станція» має бути $K_{y \text{ мт-бс}} = 7,7 \times 10^8$ (88,8 дБ).

Висновки

1. При побудові системи мобільного зв'язку в метрополітені на основі антенного кабелю значну проблему складає енергетика системи через доволі значне погонне загасання сигналу в кабелі та втрати сигналу на зв'язок.

2. В запропонованій системі здійснюється компенсація значного загасання сигналу в антенному кабелі за допомогою встановлених у вагонах поїзда репітерів з антенами Удо-Ягі, що дозволяє використовувати кабелі з найкращими масогабаритними та ціновими характеристиками та забезпечити роботу мобільних телефонів у вагонах при мінімальній потужності передавача і мінімальний вплив випромінювання на здоров'я абонентів та сусідніх пасажирів.

Література

1. Касаткин Н.Ф. Сотовая связь в метро: как уменьшить расходы/ Мобильные системы, - 2006.
2. Молоковський І.О., Турупалов В.В., Шهبанова Л.О. Застосування випромінюючого кабелю у технологічних мережах промислових підприємств//АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ЗВ'ЯЗОК. Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2011, №27, С 50-56.
3. Семенко А.І. Сучасний стан створення безпроводних телекомунікаційних систем / Вісник національного університету «Львівська

- політехніка» «Радіоелектроніка та телекомунікації», №645, 2009, С.56-67.
4. Маціяка Н.В. Принципи створення систем мобільного зв'язку в метрополітені. Збірник тез міжнародного симпозиуму «Новітні технології в телекомунікаціях», Карпати, Вишків, 17-21 січня 2012 р., С.156-157.
5. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і CLOUD-технології/ А.О. Лунтовський, М.М. Климаш, А.І. Семенко.- Львів, 2012.-368 с.
- Семенко А.И., Маціяка Н.В. Система мобільної зв'язи с улучшенной энергетикой для метрополитена.** Рассматривается система мобільної зв'язи для метрополитена на основе антенного кабеля. Отмечаются энергетические проблемы системы из-за значительного затухания сигнала в кабеле. Предлагается использование репитеров с антеннами Удо-Яги с определенными коэффициентами усиления в вагонах метрополитена для компенсации затухания сигнала в кабеле.
- Ключевые слова:** система мобільної зв'язи, антенний кабель, репитер, антенна Удо-Яги, удельное затухание, потери на связь, мощность передатчика, чувствительность приемника, мобільний телефон, базовая станция.

Semenko A.I., Matsiyaka N.V. The mobile communication system with improved energy properties for underground. The system of mobile communication for underground based on the antenna cable is considered. Problems with the system energy due to a significant attenuation in the cable have been registered. The use of repeaters with Udo-Yaga antennas with specific gain coefficients in subway cars to compensate signal attenuation in the cables is proposed.

Key words: the mobile communication system, antenna cable, repeater, Udo-Yaga antenna, specific attenuation, communication loss, transmitter power, receiver sensitivity, mobile phone, base station.

Поступила 27.03.2014г.