

ВИБІР АПАРАТУРИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Національний авіаційний університет

sibruk@nau.edu.ua
flankero2146@gmail.com

Вступ

В даний час за рахунок впровадження стандартів мобільного зв'язку 3G / 4G з'явилася можливість отримувати доступ до інтернету навіть у віддалених місцях, в яких провідний інтернет відсутній через нерентабельність прокладки та обслуговування. Реалізація вказаної можливості для користувача забезпечується наявністю на ринку України апаратури, яка дозволяє будувати лінії зв'язку для отримання якісних телекомунікаційних послуг. Маються на увазі різні типи антен діапазонів 1800-2100 МГц, модемів і роутерів з підтримкою 3G / 4G.

Постановка завдання

Наразі в Україні використовуються такі частоти для мобільного зв'язку стандартів 3G / 4G: UMTS-2100 (3G) 2100 МГц, LTE-900FDD (4G, LTE) 900 МГц, LTE-1800 FDD (4G, LTE) 1800 МГц, LTE2600 FDD (4G, LTE) 2600 МГц. Згідно даних мобільних операторів України радіус покриття сот на відкритій місцевості (на мобільний термінал) для радіотехнологій LTE-1800 FDD становить 6,8 км, LTE2600 FDD (4G, LTE) 2600 МГц - 3.2 км, UMTS-2100 (3G) - 5,1 км, LTE-900FDD - 12,2 км. В сільській місцевості базові станції 3G / 4G, як правило, розміщують в районних центрах. Тому віддалені села не мають доступу до швидкісного інтернету за допомогою мереж 3G / 4G.

Радіус покриття соти можна суттєво збільшити заміною мобільного терміналу на трансівер, який працює на спрямовану антену та який може мати вищу чутливість. Крім того потрібно враховувати, що,

наприклад, при висоті підвісу антени базової станції 6 м та антени користувача 2 м за нормальної рефракції відстань прямої видимості складає 26 км. Тобто половина області суттєвої при поширенні радіохвиль буде затінюватися земною поверхнею. Також нерідко негативно впливає складний рельєф місцевості між базовою станцією та місцем розміщення антени користувача. Єдиним засобом, який дозволяє підвищити середнє значення напруженості поля базової станції, є збільшення висот підвісу антен, а в даному випадку – антени користувача.

Вплив завмирань в точці приймання долають за допомогою просторового рознесення антен. За даних умов позитивний ефект доцільно отримати від застосування МІМО технології.

Вибір апаратури користувача

Аналіз вибору апаратури з метою отримання якісного зв'язку поза межами встановленої зони покриття базової станції покажемо на прикладі села Курячівка Білокуракинський район Луганської області, яке розташоване посередині між двома базовими станціями оператора LifeCell. Одна базова станція розташована безпосередньо в смт. Білокуракино на відстані 15 км від села Курячівка, інша базова станція – в селищі Солідарне також на відстані 15 км. Обидві базові станції працюють в стандарті UMTS-2100 (3G) 2100 МГц. На мобільний телефон стійке з'єднання в 3G повністю відсутнє.

Оскільки раціональним критерієм для даного завдання можна вважати отримання якісного зв'язку за мінімальних

витрат в якості роутера можна обрати популярний бюджетний 3G / 4G Huawei B593s-12, який може працювати в 9 мережевих стандартах на частотах 2600, 2100, 1800, 900, 800 МГц, рис.1 [1-2].

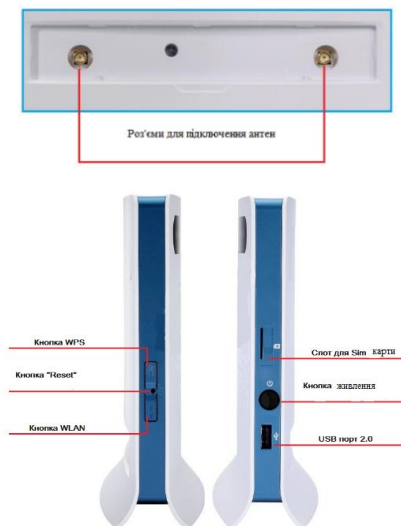


Рис. 1. Роутер Huawei B593s-12.

Дальність зв'язку залежить від спрямованості антени [2]. Антени з ізотропною діаграмою спрямованості в одній площині мають коефіцієнт підсилення 3-4 дБі. Якщо використовується штир'ова антена з чотирма синфазними випромінювачами, розміщеними вздовж вертикальної осі, за рахунок звуження діаграми спрямованості в цій площині коефіцієнт підсилення підвищується до 7-9 дБі. Проте цього замало для більшості випадків, що розглядаються наразі. Подальше збільшення спрямованості антени можливе шляхом використання антен Уда-Ягі (хвильовий канал) або синфазних антенних решіток з більшим числом елементів. При цьому досягається значення коефіцієнта підсилення 18-20 дБі. Антени з коефіцієнтом підсилення на рівні 30 дБі будуються на основі рефлекторних антен (дзеркальні антени) або антенних решіток з числом елементів 50-60 в двох площинах. При цьому також збільшуються розміри антени і аеродинамічне навантаження, підвищуються вимоги до стабільності напряму максимального випромінювання в процесі експлуатації.

Спираючись на критерій ефективності вирішення завдання можна

рекомендувати застосування антен середнього рівня спрямованості.

На ринку пропонується антена вітчизняного виробництва R-NET СТРІЛА-МІМО [3] типу хвильовий канал для застосування в технологіях 3G / 4G, рис. 2. Конструктивно антена складається з 17 алюмінієвих директорів, які розташовані на сталевій оцинкованій траверсі. Загальна довжина конструкції становить 1 м, що дозволяє забезпечити значне підсилення сигналу в 20 дБі. Заявлений робочий діапазон частот становить 1700 - 2170 МГц, що відповідає частотам стандартів LTE-1800 і UMTS -1900 / 2100, тобто є повноцінна підтримка 4G технології.

Відмінною особливістю є підтримка технології МІМО, яка активно застосовується в мережах четвертого покоління і дозволяє значно збільшити швидкість приймання і передавання інформації в мобільній мережі. Антена оснащена двома роз'ємами типу F з вхідним опором 50 Ом, що забезпечує її підключення до 3G / 4G модемів і роутерів з підтримкою технології МІМО. Встановлення проводиться на щоглу, для чого в комплект включені кріплення. В умовах прямої видимості базової станції оператора, антена буде функціонувати до відстані 20 км. Сумісна з сигналами українських операторів стільникового зв'язку, які працюють на заявлених частотах (Vodafone, Київстар, Lifecell і інші). Основні параметри антени наведені в табл.1.

Альтернативним рішенням щодо антени є синфазна решітка мікросмушкових випромінювачів RunBit LTE-МІМО [4], рис.3., табл.2.



Рис. 2. Конструкція антени R-NET СТРІЛА-МІМО

Фактично антена включає дві однакові антенні решітки, які можуть застосовуватися відповідно до технології MIMO. У смузі пропускання коефіцієнт підсилення зростає від 13 до 18 дБі, табл. 2. Тобто має меншу спрямованість у порівнянні з R-NET СТРІЛА-MIMO. Проте антена RunBit LTE-MIMO характеризується більшою смугою робочих частот. З огляду на принцип дії антени R-NET СТРІЛА-MIMO можна очікувати на границях смуги пропускання дещо менших за 20 дБі значень.



Рис. 3. Конструкція антени RunBit LTE-MIMO

Таблиця 1. Параметри та характеристики антени R-NET СТРІЛА-MIMO

| | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| Тип: | 17 елементний хвильовий канал (Yagi) |
| Призначення: | для приймання 3G, 4G (LTE) сигналів |
| Умови застосування: | в прямій видимості базової станції |
| Підтримка MIMO: | 2x2 |
| Коефіцієнт підсилення: | 20 dBi |
| Робочий діапазон частот: | 1700 - 2170 МГц |
| Підтримувані стандарти зв'язку: | LTE1800, UMTS1900, UMTS2100, GSM1800 |
| Вхідний опір: | 50 Ом |
| КСХ в робочому діапазоні частот: | 1.4 (не більше 1.8) |
| Допустима потужність: | 50 Вт |
| Поляризації: | вертикальна/ горизонтальна |
| Підтримувані оператори зв'язку : | Vodafone, Киевстар, Lifecell |
| Ширина діаграми спрямованості: | |
| - в вертикальній площині: | 20° |
| - в горизонтальній площині: | 18° |

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Віддаленість від базової станції: | до 20 км |
| Роз'єми підключення : | 2x F-female |
| Грозозахист: | вбудований в антенну |
| Ступінь захисту від вологи та пилу: | IP68 |
| Допустима швидкість вітру: | 40 м/с |
| Кріплення: | на трубу Ø30 - 60 мм |
| Встановлення: | на дах, щоглу в напрямку найближчої базової станції оператора |
| Діапазон робочих температур: | від -30°C до +40°C |
| Розміри: | 1000x130x130 мм |
| Вага: | 0.7 кг |
| Коаксіальний кабель з опором 50 Ом: | 2 шт. (рекомендована довжина не більше 10 метрів) |
| Кабельний конектор F-male: | 4 шт. |
| Пігтейл CRC9, SMA или TS9: | 2 шт. |

Таблиця 2. Параметри та характеристики антени RunBit LTE-MIMO

| | |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Тип: | вузькоспрямована синфазна решітка |
| Призначення: | для приймання 2G, 3G, 4G (LTE) і Wi-Fi сигналів |
| Умови застосування: | в прямій видимості |
| Робочий діапазон частот: | 1700 - 2700 МГц |
| Підтримка MIMO: | 2x2 |
| Максимальний коефіцієнт підсилення: | до 2x18 dBi |
| Підтримувані стандарти зв'язку | LTE800, LTE900, LTE1800, LTE2600, UMTS2100, GSM1800 и WI-FI (IEEE 802.11b, g, n) |
| Коефіцієнт підсилення на робочих частотах: | |
| - 1800 МГц (LTE-1800): | 2x13 dBi |
| - 2100 МГц (UMTS-2100): | 2x15 dBi |
| - 2600 МГц (LTE-2600): | 2x18 dBi |
| Вхідний опір: | 75 Ом |
| КСХ в робочому діапазоні частот: | не більше 1.8 |
| Поляризації: | горизонтальна / вертикальна / X-pol |

| | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Підтримувані оператори зв'язку : | Vodafone, Киевстар, Lifecell |
| Випромінювання: | Направленої дії |
| Віддаленість від базової станції | до 15 км |
| Роз'єми підключення: | 2x F-female |
| Грозозахист: | вбудований |
| Ступінь захисту від вологи та пилу: | IP68 |
| Допустима швидкість вітру: | 30 м/с |
| Кріплення: | на трубу Ø25 - 48 мм (дозволяє змінювати кут по горизонталі та по вертикалі) |
| Зміна кута нахилу антени (Х поляризація): | +/-45° |
| Встановлення: | на даху, щоглі в напрямку найближчої базової станції оператора |
| Діапазон робочих температур: | від -60°C до +40°C |
| Розміри: | 320x300x45 мм |

Експериментальні дослідження

На основі вищенаведених роутера та антен проведені експериментальні дослідження. Антена R-NET СТІЛА-МІМО була встановлена на щоглу висотою 8 м та підключена до роутера Huawei 593s-12 за допомогою двох кабелів RG-58U довжиною 10 метрів (використовувалася технологія МІМО). Коаксіальні кабелі підключалися за допомогою F-конекторів і перехідника F-SMA (до роутера).

Антенна хвильовий канал спрямовувалася в сторону базової станції селища Білокуракине. Зв'язку з базовою станцією не було з причини затінення зони, суттєвої для поширення радіохвиль, залізничним насипом (рівень сигналу був нижче чутливості роутера).

В напрямку селища Солідарне розташована низовина, а базова станція в даному селищі встановлена на височині, тобто рельєф місцевості та споруди не спричиняли затінення еліпсоїду обертання, в якому поширюється енергія електромагнітних хвиль між антенами. Рівень сигналу базової станції становив -89 дБ,

при тестуванні швидкості Інтернет-з'єднання на сайті speedtest.net.ua швидкість склала 17 Мбіт/с на завантаження і 2.5 Мбіт/с у зворотньому напрямку.

Заміна антени на RunBit LTE-МІМО призвела, як і очікувалося, зменшення рівня прийнятого сигналу на 6 дБ. Швидкість передачі інформації знизилася до 11 Мбіт/с на завантаження і 1.8 Мбіт/с – на передачу. Було підтверджено, що зв'язок існує тільки з базовою станцією, яка розташована в селищі Солідарне.

Висновки

В результаті роботи отримано бюджетний канал передачі даних в мобільній мережі з прийнятною швидкістю для перегляду відео та поточної роботи.

Показано, що якість зв'язку залежить від взаємного положення перешкод від рельєфу місцевості та споруд відносно прямої лінії, що з'єднує фазові центри антен. Для впевненості того, що лінія зв'язку є відкритою потрібно збудувати еліпсоїд обертання на цій прямій, який вміщує 8-12 перших зон Френеля, та перевірити можливе затінення перешкодами поперечного перерізу еліпсоїда.

Аеродинамічний опір панельної антени за рівних умов є вищим ніж у антен типу хвильовий канал. Коефіцієнт підсилення в 20 дБі є близьким до максимального для антен Уда-Ягі, а для синфазних антенних решіток можна отримати значно вищу спрямованість.

В сільській місцевості більший вплив на поширення радіохвиль має федінг, а не багатошляховість. В будь-якому випадку корисно застосовувати апаратуру з технологією МІМО для компенсації вказаних негативних факторів.

Література

1. Стационарный 3G/4G Wi-Fi роутер с входом для МІМО антенны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://save.com.ua/catalog/3g-i-4g-oborudovanie/stacionarnye-wi-fi-routery/b593s-12>

2. C.A.Balanis. Antenna Theory Analysis / New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2005. – 1073 p.

3. Направленная 3G/4G UMTS/LTE антенна Стрела RNET. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3g-digger.com/napravlenaya-3g-4g-umts-lte-antenna-strela-rnet-mimo-2-2-1700-2170-mhz-s-usileniyem-20-db>.

4. LTE-MIMO RunBit Широкополосная панельная 3G/4G антенна. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://save.com.ua/catalog/3g-i-4g-oborudovanie/antenny/lte-mimo>

Сібрук Л.В., Фоменко Н.С.

ВИБІР АПАРАТУРИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Робота спрямована на забезпечення населення сільської місцевості якісними телекомунікаційними послугами за рахунок використання мережі мобільного зв'язку 3G / 4G в умовах недостатнього або низького рівня сигналу базової станції. Згідно даних мобільних операторів України радіус покриття соти в місцях з простим рельєфом місцевості у випадку приймання на мобільний термінал для радіотехнологій LTE, UMTS складає 3-7 км і тільки для LTE-900FDD – 12,2 км. Наразі достатньо багато населених пунктів знаходяться поза зоною покриття мобільним зв'язком стандартів 3G/4G. Існує можливість встановлення якісного зв'язку в цих умовах за допомогою стаціонарної апаратури, яка включає спрямовані антени та роутери з підтримкою функціонування основних радіотехнологій. Критерієм, за яким обирається апаратура у вказаних умовах, можна вважати отримання високої якості зв'язку за умови мінімальних витрат. В статті на прикладі населеного пункту Луганської області розглядається використання відомого бюджетного роутера Huawei B593s-12 та двох спрямованих антен: хвильового каналу R-NET СТІЛА-МІМО з коефіцієнтом підсилення 20 дБі та панельної антени RunBit LTE-МІМО на основі мікросмушкових випромінювачів з середнім значенням коефіцієнта підсилення 15 дБі. Показано вплив на якість зв'язку рельєфу місцевості та споруд. Надані рекомендації щодо побудови відкритого каналу зв'язку.

Ключові слова: 3G/4G технології ; роутери; спрямовані антени, базові станції.

Sibruk L.V., Fomenko N.S.

CHOOSING EQUIPMENT TO PROVIDE QUALITY MOBILE COMMUNICATIONS IN RURAL AREAS

The article is devoted to providing the rural population with high-quality telecommunication services through the use of a 3G/4G mobile network in conditions of insufficient or low signal level of the base station. According to the data of Ukrainian mobile operators, the radius of cell coverage in places with simple terrain in case of reception on mobile terminal for LTE, UMTS is 3-7 km and only for LTE-900FDD is 12.2 km. Currently, many settlements are outside the coverage area of 3G/4G mobile communications. There is the possibility of obtaining highquality communication in these conditions using stationary equipment, including directional antennas and routers supporting the basic radio technologies. The criterion for choosing equipment in these conditions is to obtain a high quality communication with minimal costs. Using the example of a village in the Luhansk region, the article examines the use of budget router Huawei B593s-12 and two directional antennas: the Uda-Yagi R-NET STILA-MIMO with a gain 20 dBi and a panel antenna base4d on microstrip radiators with an average gain of 15 dBi. The influence of the terrain on the communication quality is shown. Recommendations for the construction of an open channel are given.

Keywords: 3G/4G technology; routers; directional antennas, base stations.