

УДК 621.396

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТРОПОСФЕРНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Лошаков В.А., Мартинчук О.О., Москалець М.В., Білик О.С., Жуга Ю.С., Севрюков О.Ю.

e-mail: valerii.loshakov@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки,
каф. ІКІ ім. В.В. Поповського
м. Харків, Україна

The article considers the possibilities of modernizing the tropospheric communication system based on the use of SDR technologies and an unmanned repeater raised to a height of 200-400m. Such a system in emergency situations can become an adequate replacement for the low-orbit satellite communication system. Preliminary estimates indicate the possibility of practical implementation of cheap interference-protected direct high-speed communication lines with a range of up to 100-120 km.

В надзвичайних умовах при вирішенні оперативних задач управління часто є необхідними незалежні мобільні захищені системи зв'язку та передачі даних на дальності до 200 км. Цим вимогам задовольняють системи тропосферного та супутникового зв'язку, але при їх виборі треба враховувати надійність та вартість доступу до послуг.

Сучасні програмно-апаратні рішення на основі SDR технологій забезпечують можливість побудови недорогих мереж за вказаних умов для військових потреб. Важливо також те, що ці програмно - апаратні SDR модулі можливо придбати в Україні.

В роботах [1-4] показана можливість створення універсальної радіорелейно-тропосферної системи зв'язку на основі використання недорогих стандартних програмно-апаратних рішень, та представлені результати попередніх експериментів. Така система має підвищену скритність та захищеність від прицільних завад завдяки високій просторовій вибірковості випромінювання та використанню адаптивних програмних рішень обробки сигналів та захисту інформації. Однак, необхідність високої потужності передавачів у тропосферному режимі та обмеження дальності зв'язку у радіорелейному режимі при малих висотах антен часто нівелюють ці переваги, особливо з появою систем зв'язку на основі супутникового угруповання StarLink [5].

Пропонується альтернативне супутниковій системі рішення, яке передбачає модернізацію універсальної, радіорелейно-тропосферної системи зв'язку, що запропоновано в [1], шляхом використання програмно-апаратного високо піднятого над землею (200-500м) ретранслятора, встановленого на БПЛА розвіднику або спеціалізованому літаючому апараті (рис.1).

Очікувані характеристики системи

1. Забезпечення цифрового зв'язку з БПЛА на відстанях прямої видимості до приблизно 100 км зі швидкістю до 10Мб/сек при потужності бортового передавача біля 1Вт та частоті 5ГГц.

Виходячи з рівняння енергетичного балансу є наступним

$$P_r = P_t + G_t + G_r + d_{feed(t)} + d_{feed(r)} + L_p + L_{ad},$$

де: $L_{dB} = -92,4 - 20Lg R_{,km} - 20 Lgf, GGz = -92,4 - 20Log100 - 20Log 5 = -92,4 - 40 - 7 =$

$= -139dB$ - втрати у вільному просторі;

$L_{ad} \approx 10 dB$ - додаткові втрати;

$G_t \approx 35 dB$ – коефіцієнт підсилення наземної станції;

$G_r \approx 6 dB$ – коефіцієнт підсилення антени БПЛА.

Тоді, нехтуючи втратами у фідерах, $d_{feed(t, r)} \approx 0$, маємо

$$P_r = 1 + 35 + 6 - 139 - 10 = -107 dB = -77 dBm.$$

Такої величини S/N достатньо для забезпечення прийнятних значень ймовірності похибок навіть при більших ніж BPSK позиційностях модуляцій. Структурна схема системи зв'язку з ретранслятором на БПЛА, у якій відображені пропозиції авторів, зображена на рис.1

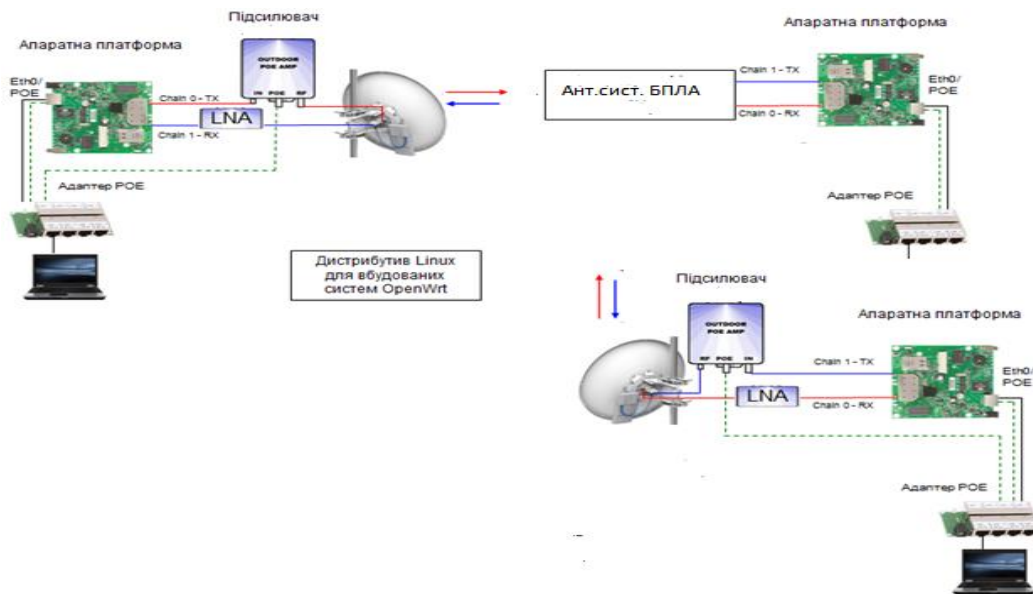


Рисунок 1- Структурна схема системи зв'язку з ретранслятором на БПЛА

Модернізована система зв'язку може виконувати операції не тільки фізичного та каналного рівня (прийняття та демодуляція), але й мережевого та транспортного рівня, тобто формування структури пакету, маршрутизацію та обробку мультимедійної інформації (мови, зображення, дані). Тому, об'єктом модернізації є не тільки сама система зв'язку, але й вся мережева інфраструктура, яка може забезпечувати пряму інтеграцію в існуючі цифрові мережі основних стандартів.

Протокол передачі даних передбачає використання множинного доступу з часовим розподілом TDMA. Для оптимізації пропускну здатності можливе регулювання періоду часового доступу у межах 1-10мс. При цьому забезпечується можливість передачі даних на дальність до 200 км. З метою максимально ефективного використання середовища передачі та зменшення надмірності кадрів використовується агрегація та фрагментація кадрів.

Висновки:

Сучасний рівень розвитку програмно апаратних SDR рішень та безпілотних апаратів, а також їх спрямованість на виконання сучасних завдань телекомунікаційних мереж, забезпечують можливість побудови компактних дешевих ліній прямого високошвидкісного зв'язку з дальністю дії до 100-120 км.

Список використаних джерел:

1. Поповський В.В, Лошаков В.А., Філіппенко О.І., Мартинчук О.О., Дриф А. Results of development tropospheric communications system // 2nd scientific-practical conference Problem of infocommunications. Science and technology . “IEEE PIC S&T’2015”. -2015. –№ 2
2. Поповський В.В, Лошаков В.А., Мартинчук О.О., Наритнік Т.М. та ін «Проектування універсальної системи тропосферного та радіорелейного зв'язку» // “Цифрові технології“. -2016, - №19
3. Лошаков В.А., Москалець М.В. “Methods solving of Problem EMS in Tropospheric Communication” // Problems EMS of perspectiv Wireless Network Communication (EMS-2015). – Kharkiv -2015, pp. 102-105.
4. M. Franco. ” A High-Performance Dual-Mode Feed-Horn for Parabolic Reflectors with a Septum Polarizer in a Circular Waveguide” // IEEE Antennas and Propagation V.53, no3.- 2011, pp.142-146.
5. <https://en.wikipedia.org/wiki/Starlink>.