

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗКУ БОРТОВОГО І НАЗЕМНОЇ ОБЛАДНАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ АЕРОПЛАТФОРМ

Ільченко М.Ю., Кайденко М.М., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: sakravchuk@ukr.net

Structural-functional principles of management and communication systems for border and landscape equipment of the telecommunication network on the basis of aeroplatform

Structurally functional principles of construction of the on-board control system and communication system are proposed, taking into account the necessity of the system in ensuring continuous data exchange on the control channel and telemetry with high reliability, as well as continuous data transmission over the data transmission channel towards a ground-based system with guaranteed quality.

Подальший розвиток телекомунікаційних систем на базі висотних аероплатформ (ТСВА) неможливий без розвитку структурно-функціональних принципів побудови обладнання бортової і наземної підсистем, особливо, в частині управління і каналу трафіка [1-5]. Найбільше поширення на даний час в якості аероплатформ для ТСВА знайшли безпілотні літальні апарати (БПЛА), які і стали головним об'єктом нашого дослідження.

Пропоновані структурно функціональні принципи побудови бортової системи управління та зв'язку враховують те, що система повинна забезпечувати безперервний обмін даними по каналу управління та телеметрії з високою достовірністю, а також безперервну передачу даних по каналу передачі даних в напрямку до наземної системи з гарантованою якістю.

Загальна структура бортової системи управління та зв'язку БПЛА показана на рисунку 1.

До складу системи входять: канал управління та телеметрії з антенною відповідного типу; канали передачі даних; антенна система з функціями автоматичного супроводження; бортовий процесор управління та обробки даних; блок комутації та маршрутизації; набір камер для відеоспостереження та управління польотом; засоби управління польотом та визначення орієнтації БПЛА у просторі.

Канал управління та телеметрії використовується для передачі даних управління БПЛА від наземної станції та даних телеметрії з борту літального апарату до наземної станції. Для забезпечення безперервності управління літальним апаратом на всіх стадіях польоту використовуються антени з круговою діаграмою спрямованості. Для каналу управління може бути використаний діапазон частот 30...470 (510) МГц. Швидкість передачі даних в каналі 19,2...38,4 кбіт/с і може бути збільшена за необхідності до 100 кбіт/с.

Забезпечення завадостійкості та захисту від навмисних завад здійснюється використанням технології розширення спектру: для цивільного використання пряме розширення спектру – DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum); для військового використання – FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum). Модуляція ФМ4, завадостійке кодування – каскадний код, чи блоковий турбокод зі змінною швидкістю кодування. Допустимі затримки передачі даних в каналі визначаються призначенням БПЛА і швидкістю його переміщення, відповідно і необхідним часом реакції на команду управління і складає від до 10 до 200 мсек.

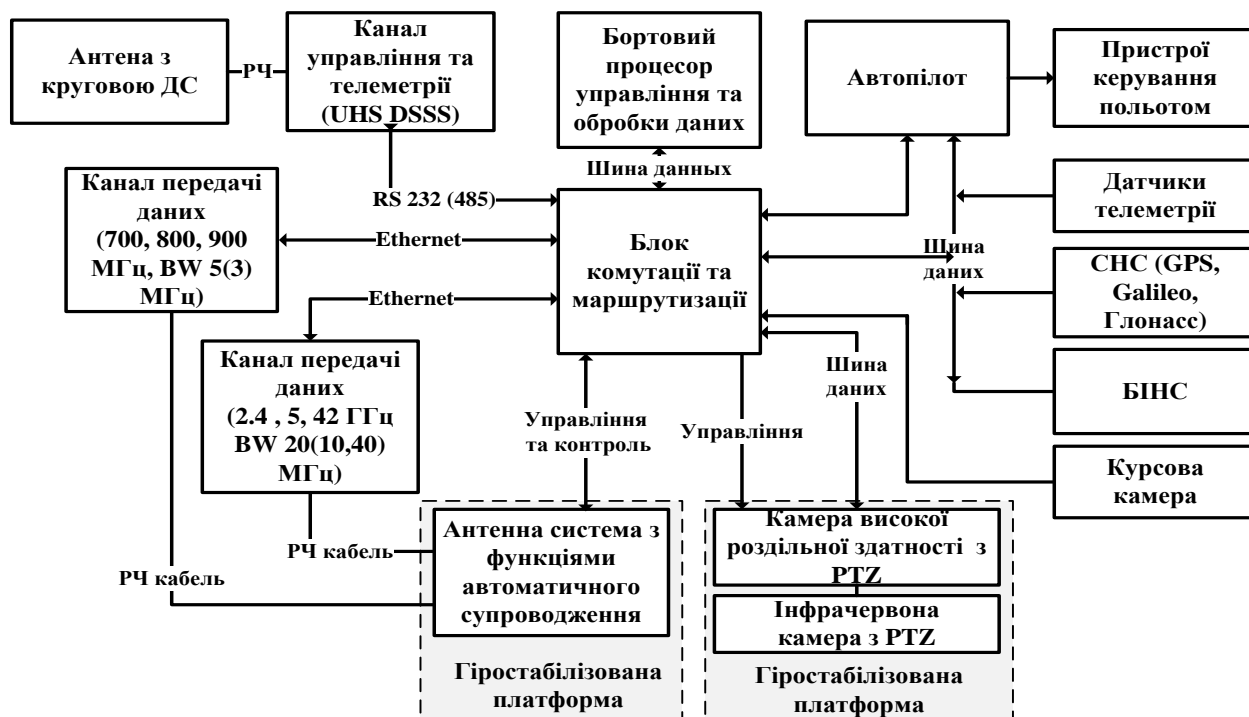


Рис. 1. Загальна структура бортової системи управління та зв'язку БПЛА

Для передачі даних використовуються канали в більш високих діапазонах частот 700, 800, 900 МГц, 2,4, 5,8, 27, 42 ГГц. При цьому для забезпечення гарантованої якості передачі даних в умовах навмисних завад одночасно можуть бути використані два канали в двох різних діапазонах. Канали передачі даних є несиметричними з часовим дуплексом, канал по напрямку до наземної станції є високошвидкісним, співвідношення лінія-вниз/лінія-вверх може складати 8/1, 16/1. Модуляція в каналах передачі – багатопозиційна ФМ2, ФМ4, КАМ 16, КАМ 64, КАМ 256. Завадостійке кодування – каскадний код, блоковий турбокод чи LDPC код зі змінною швидкістю кодування. Для забезпечення боротьби з ненавмисними завадами використовується адаптивна модуляція та кодування. В силу того, що канали передачі даних є високошвидкісними і в них застосовується механізм боротьби з навмисними завадами, ці канали можуть використовуватися додатково як дублюючі для каналу управління та телеметрії, або для передачі даних управління та телеметрії одночасно по трьом різним маршрутам.

Для передачі даних використовується антенна система з направленими антенами: набір планарних антен, або дзеркальна антена з декількома діапазонними опромінювачами. Антенна система включає в себе додаткові елементи для управління поворотом антен в двох азимутальних площинах для забезпечення роботи в режимі автоматичного супроводження напрямку на наземні станцію. Для забезпечення незмінності позиції антен відносно землі вона розміщується на гіростабілізованій платформі. Функції гіростабілізації забезпечуються додатковим поворотним механізмом (третя площина для компенсації крену платформи) та системою з трьох координатних датчиків MEMS.

Структурно функціональні принципи побудови наземної системи управління та зв'язку враховують призначення БПЛА, структуру побудови бортової системи управління та зв'язку та необхідність забезпечення живучості БПЛА в умовах виникнення різного виду завад.

Загальна структура наземної системи управління та зв'язку БПЛА показана на рис. 2.



Рис. 2. Загальна структура наземної системи управління та зв'язку БПЛА

До складу системи входять: канал управління та телеметрії з антенною відповідного типу; канали передачі даних; антенна система автоматичного супроводження БПЛА; бортовий процесор управління та обробки даних; блок комутації та маршрутизації; система відображення з камер відео спостереження; засоби управління польотом та відображення з курсової камери, а також система визначення координат наземної станції.

Канали зв'язку наземної системи мають відповідні до каналів зв'язку БПЛА параметри. В якості антени каналу управління та телеметрії може бути використано хвильовий канал (логоперіодичну антену) чи антену з круговою діаграмою спрямованості, вона кріпиться на антенній системі каналів передачі даних з автоматичним супроводженням БПЛА. В якості антен використовуються дзеркальні антени з декількома діапазонними опромінювачами. Діаметр дзеркал визначається тактичним призначенням БПЛА і максимальною дальністю польоту. Антенна система повинна забезпечувати автоматичне супроводження БПЛА на протязі всього польоту.

Функції та структура процесору управління та обробки даних, блоку комутації та маршрутизації аналогічні до тих, які встановлюються на БПЛА. Процесор управління та обробки даних додатково виконує обрахунки для антенної системи автоматичного супроводження, обрахунки траєкторії польоту БПЛА, визначення необхідних поправок, ведення логу (документування) процесу польоту та обміну даними з БПЛА.

Для керування польотом БПЛА використовується пульт управління польотом разом з пристроєм ручного керування. Зображення з курсової камери відображаються на моніторі управління польотом разом з іншою інформацією, яка необхідна для моніторингу польоту та управління ним.

Таким чином, запропоновано структурно функціональні принципи побудови бортової системи управління та зв'язку, що враховують необхідність системи у забезпеченні безперервного обміну даними по каналу управління та телеметрії з високою достовірністю, а також безперервну передачу даних по каналу передачі даних в напрямку до наземної системи з гарантованою якістю. Запропоновано структурно функціональні принципи побудови наземної системи управління та зв'язку, що враховують призначення БПЛА, структуру побудови бортової системи управління та зв'язку та необхідність забезпечення живучості БПЛА в умовах виникнення різного виду завад.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2017.
2. Prospects of using of aerial stratospheric telecommunication systems / M. Zgurovsky, M. Ilchenko, S. Kravchuk, V. Kotovskyi, T. Narytnik, L. Cybulskiy // Proceedings of the 2016 IEEE International Scientific Conference "RadioElectronics & InfoCommunications" (UkrMiCo'2016), 11-16 September 2016, Kyiv, Ukraine. IEEE Conference Publications, 2016. – P. 20-23.
3. Kravchuk S., Kaidenko M. Features of creation of modem equipment for the new generation compact troposcatter stations // Proceedings of the International Scientific Conference "RadioElectronics & InfoCommunications" (UkrMiCo'2016), 11-16 September 2016, Kyiv, Ukraine. – IEEE Conference Publications (IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/UkrMiCo.2016.7739634), 2016.– P. 365-368.
4. Kravchuk S.O., Kaidenko M.M. Modem equipment for the new generation compact troposcatter stations // Information and telecommunication sciences. – 2016. – Vol. 7. – Nu. 1. – P. 5–12.
5. Ільченко М.Ю., Кайденко М.М., Кравчук С.О. Модемне обладнання на основі SDR-технології для тропосферних станцій нового покоління // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2016. – № 5. – С. 7–16.