

УДК 654:004.77

*Микола Олександрович Масесов,
Сергій Володимирович Волошко,
Сергій Анатолійович Мікусь,
Андрій Юрійович Чекан*

РЕАЛІЗАЦІЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ: ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ

Бездротові системи зв'язку сьогодні все більше застосовують у різних галузях діяльності людини. Успіхи сучасної радіоелектроніки, стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки і нові алгоритми цифрової обробки сигналів разом з використанням перспективних телекомунікаційних технологій відкривають нові можливості зі створення бездротових систем зв'язку з виконанням жорстких вимог щодо високої пропускну здатності і перешкодозахищеності.

Серед перспективних технологій у галузі бездротового зв'язку слід зазначити методи модуляції цифрових сигналів OFDM (N-OFDM) [1, 2] (ортогональна і неортогональна частотна дискретна модуляція), технології просторово-часової і просторово-поляризаційної обробки сигналів [3, 4, 5], а також МІМО [6, 7] (множинний вхід — множинний вихід) на базі цифрових антенних решіток (ЦАР). Переваги і недоліки застосування зазначених технологій, а також можливості їх спільного використання досить добре відомі [8, 9].

Розвиток елементної бази, у тому числі вітчизняних виробників [8], робить можливим використання цих технологій як у малопотужних переносних пристроях, так і в станціях радіо-, радіорелейного, тропосферного і телекодового зв'язку. Сучасні досягнення процесорної техніки дозволяють створювати уніфіковані комплекси засобів зв'язку з можливостями програмної реконфігурації обладнання, тому реалізація сучасних інформаційних технологій є досить актуальним науковим і практичним завданням.

Мета статті — розглянути можливості реалізації сучасних технологій під час побудови і модернізації бездротових систем зв'язку. **Завдання статті**: виділити критерії і фактори, які необхідно використовувати під час вибору певної технології; проаналізувати

існуючі способи їх реалізації. Запропоновано варіант рішень для бездротових систем зв'язку, що відрізняється економічною ефективністю і надійністю, що особливо важливо для систем критичного використання.

Як показав проведений аналіз, серед основних тенденцій побудови нових та модернізації існуючих засобів зв'язку вітчизняного та іноземного виробництва переважає використання сучасних інформаційних технологій. У військовій сфері збройні сили держав можуть заощадити значні кошти, якщо не потрібно проводити та фінансувати науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, але для застосування у збройних силах конкретних зразків техніки деякі фірми і підприємства пропонують спеціальні рішення з дотриманням військових стандартів. Слід зауважити, що використання інформаційних технологій потребує їх доопрацювання для реалізації в спеціальних умовах.

Запропоновані технології і методи обробки сигналів потребують обґрунтування можливостей їх реалізації в техніці бездротового зв'язку. У [10] викладені ідеологічні засади, які визначають методологічну основу побудови цифрового сегмента перспективних радіо-, радіорелейних і тропосферних станцій. Таким чином, основними цілями статті є визначення загальної архітектури перспективних засобів зв'язку, а також обґрунтування позицій щодо реалізації сучасних інформаційних технологій цифрової обробки сигналів у бездротових системах зв'язку.

Автори пропонують підхід, орієнтований на використання модулів цифрової обробки сигналів (ЦОС) та несучих плат. Залежно від типу конструктиву вони розподіляються на монолітні у вигляді однієї плати та мезо-нінно-модульні, коли на несучу плату встановлюють зверху додаткові плати. При цьо-

му як мікросхеми спецобчислювача можуть бути використані цифрові сигнальні процесори (ЦСП), програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) або спеціалізовані мікросхеми. Слід зазначити, що застосування ПЛІС на відміну від ЦСП дозволяє жорстко синхронізувати покрокове виконання алгоритмів ЦОС у багатоканальних системах завдяки відмові від використання апаратних переривань. Сьогодні на вітчизняному ринку для відомчих структур найпривабливішими є ПЛІС фірм ALTERA та XILINX (США). Можна констатувати, що на ринку України наявні досить різноманітні технологічні рішення, які дозволяють реалізувати обчислювальну платформу із дотриманням жорстких вимог її функціонування у військовій сфері.

Для вибору основи необхідних схематичних рішень необхідно сформулювати такі вимоги до створюваної апаратури:

- собівартість обладнання;
- забезпечення необхідних характеристик надійності;
- тривалий життєвий цикл;
- захист від електромагнітних перешкод;
- забезпечення теплового балансу в жорстких умовах експлуатації.

Для проектування серійних систем слід також врахувати такі фактори:

- наявність готового системного і прикладного програмного забезпечення;
- вимога швидкої підготовки до серійного виробництва;
- наявність кваліфікованих розробників;
- наявність готових сумісних апаратних і програмних засобів інших виробників;
- вимоги відкритої архітектури.

Для забезпечення висунутих вимог та урахування факторів під час аналізу існуючих платформ автори пропонують використовувати технічні рішення на базі стандарту CompactPCI.

CompactPCI (CPCI) — глобальна сучасна шинна технологія у промислових і комунікаційних додатках, у тому числі подвійного призначення. Стандарт передбачає досить компактне і щільне упакування компонентів, захист від електромагнітних перешкод, оптимізовану систему охолодження і є основою для побудови надійних, стійких і безвідмовних систем. Серед ключових особливостей стандарту слід зазначити:

- швидкі зовнішні і внутрішні шини PCI і PCI-X (32/64 біт на частотах 33/66/133 МГц);
- за допомогою фронтальної установки забезпечення простоти заміни всіх основних плат і компонентів, а також мінімізації часу обслуговування і ремонту;
- перевірена 19-дюймова євромеханіка у форматах 3U, 6U та у змішаних конфігураціях;
- підтримка модулів тильного введення/виведення для підключення зовнішньої і внутрішньої кабельної проводки, що забезпечує "гарячу" заміну;

- поліпшене охолодження за рахунок вертикального монтажу плат.

На думку аналітиків [11], CompactPCI як паралельна технологія обміну даними буде розвиватися плавно, без істотних системних змін, що вкрай важливо для серійного випуску систем зв'язку. CompactPCI буде ефективний для відповідальних систем промислового й оборонного призначення не менше 7—10 років, як правило в одномашинних або мультимашинних виконаннях із внутрішньо-крейтовим розширенням Ethernet PICMG 2.16 або PCI Express. Кількість модульного обладнання CompactPCI під розширеною температурною діапазоном $-40...+85^{\circ}\text{C}$ буде неухильно зростати.

На рис. 1 наведений варіант стандартного крейта для установки модулів формату 6U. Основні характеристики: глибина — 275 мм; кількість слотів — 4, 8, 16; дискові накопичувачі — DVD/HDD/FDD (опція); охолодження — верхній або нижній вентилятор; можлива об'єднана магістраль з пакетною передачею, що комутується.

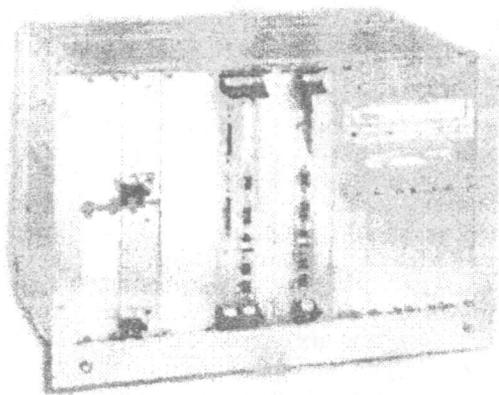


Рис. 1. Зовнішній вигляд платформи формату 6U CP-ASM6-P47 [11].

З урахуванням аргументації на користь застосування CPCI-технологій оптимальним рішенням для побудови пристрою цифрової обробки інформації на сьогодні є типовий конструктив 64-бітної CPCI-плати для процесора Pentium4. При цьому такі модулі можуть мати як формати 3U (100160 мм), так і 6U (233160 мм). Розмір 6U зокрема фінансово вигідніший, оскільки відповідні процесорні модулі коштують у 1,8—2 рази дешевше аналогічних за своїми можливостями процесорних модулів 3U, що пояснюється складністю досягнення високої інтеграції компонентів на 3U-платі.

Як процесорний модуль для традиційних за архітектурою бездротових систем із середнім рівнем фінансування розробок автори рекомендують використовувати плати, наприклад, типу CP6001 німецької фірми Kontron [12]. Зовнішній вигляд CP6001 наведений на рис. 2. Зазначені процесорні модулі можна

купити в українському представництві компанії Kontron — “Kontron-Україна” (м. Київ) [12]. Аналогічні модулі фірм Inova, Advantech та інших фірм східно-азіатського регіону мають серед фахівців репутацію менш надійних в експлуатації порівняно із процесорними модулями Kontron і відрізняються недосконалим рівнем технічної підтримки.

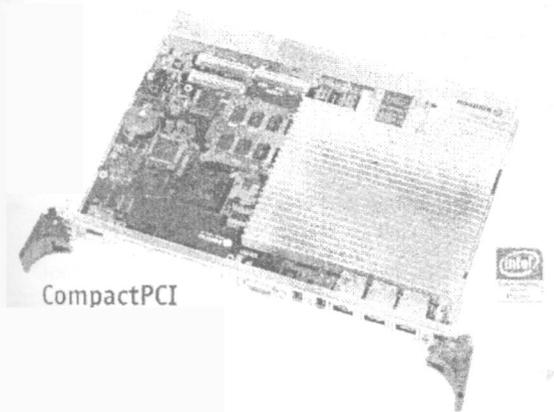


Рис. 2. Зовнішній вигляд модуля CP6001 [11].

Серед характеристик модуля CP6001 слід зазначити:

- висока продуктивність, що досягається за рахунок використання процесорів Intel Core™(2) Duo з 945 чіпсетом;
- посилена ударо- та вібростійкість, можливість виконання в конфігураціях R1 (рис. 2), R2 або R3 (рис. 3) для вимог безвідмовності;
- сумісність із більшістю стандартів введення / виведення: 3xGbE, 4xSATA, 2xDVI, внутрішній HDD, Flash та ін.

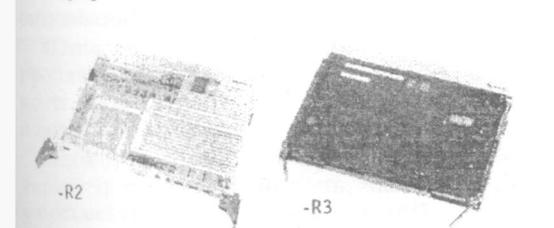


Рис. 3. Різні варіанти виконання модуля CP6001 залежно від вимог безвідмовності [11].

З докладнішими характеристиками можна ознайомитися на офіційному сайті компанії [12] або в [11].

Варіанти R2 і R3 відрізняються використанням тільки жорстко запаяної пам'яті і розширеним температурним режимом роботи (-40...+85°C).

Таким чином, запропоновані підходи до практичної реалізації зазначених методів свідчать про перспективність запропонованих

у статті рішень та їх високу конкурентоздатність. Схемотехнічний підхід на основі інтерфейсу CPRI дозволяє створити базовий модуль цифрової обробки сигналів, на основі якого можна не лише модернізувати існуючі засоби бездротового зв'язку, а й створити нові. Структура такого базового модуля не залежить від діапазону робочих частот і є економічно ефективною для різних технічних рішень і методів цифрової обробки сигналів.

Впровадження зазначених рекомендацій у військовій сфері дозволить вирішити такі важливі практичні завдання як забезпечення цифровим зв'язком усіх ланок управління, заміна старих морально та фізично застарілих станцій і апаратних, розроблення цифрових станцій згідно із сучасними вимогами до системи управління.

Одним із напрямків подальших досліджень варто виділити оцінювання ефективності побудови як окремих станцій, так і мережі бездротової системи зв'язку.

Література

1. Слюсар В. І. Метод неортогональної дискретної частотної модуляції для вузькосмугових каналів зв'язку / В. І. Слюсар, В. Г. Смоляр // *Известия ВУЗов : Наук.-техніч. журнал.* — К. : НТУУ “КПІ”. — Сер. *Радіоелектроніка.* — 2004. — № 4. — С. 53—59. 2. Шахнович І. Беспроводные локальные сети. Анатомия стандартов IEEE 802.11 / И. Шахнович // *Электроника: наука, технология, бизнес.* — 2001. — № 11. — С. 38—48. 3. Слюсар В. И. Повышение надежности связи в локальных беспроводных сетях за счет использования методов пространственно-временной обработки сигналов / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов, И. И. Слюсар // *Радиоэлектроника и компьютерные системы.* — 2006. — № 7. — С. 195—198. 4. Слюсар В. И. MIMO-метод передачи телекоммуникационной информации / В. И. Слюсар, А. М. Дубик, С. В. Волошко // *Известия ВУЗов : Наук.-техніч. журнал.* — К. : НТУУ “КПІ”. — Сер. *Радиоэлектроніка.* — № 3. — 2007. — С. 195—198. 5. Слюсар В. И. Методы пространственно-временной обработки сигналов в экспериментальной MIMO-системе / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов // *Современные информационные и электронные технологии : 7-я науч.-практ. конф., 22—26 мая 2006 г. : Тезисы докл.* — Одесса, 2006. — С. 194. 6. Слюсар В. И. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов / В. И. Слюсар // *Электроника: наука, технология, бизнес.* — 2005. — № 10. — С. 52—59. 7. Слюсар В. И. SMART-антенны. Цифровые антенные решетки (ЦАР). MIMO-системы на базе ЦАР // В. М. Вишневикий, А. И. Ляхов, С. Л. Кравец, И. В. Шахнович. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. — М. : Техносфера. — 2005. — С. 507—569. 8. Слюсар В. И. Реализация перспективных телекоммуникационных технологий та методів цифрової обробки сигналів на вітчизняній елементній базі / В. І. Слюсар, М. О. Масесов, А. М. Дубик, С. В. Волошко // *Системи обробки інформації.* — 2007. — № 9. — С. 87—91. 9. Слюсар В. И. Экспериментальная MIMO-система с использованием методов пространственно-временной обработки сигналов / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов // *Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : 10-й юбилейный Междунар. молодеж. форум, 10—12 апреля 2006 г. : Тезисы докл.* — Х., 2006. — С. 93. 10. Слюсар В. И. Идеология побудови перспективних тропосферних (радіорелейних) станцій спеціального призначення / В. І. Слюсар, М. О. Масесов // *Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ “КПІ”.* — 2010. — Вип. 2. — С. 114—120. 11. *Материалы 4-го ежегодного семинара “ВКТ: Многоядерная Эволюция”.* — К., 2008. — 340 с. 12. Офіційний сайт концерну Kontron в Україні. Режим доступу : www.kontron.kiev.ua. 12. Каталог продукції 2007—2008. — К. : Kontron AG, 2007. — 94 с.

В статье рассмотрены возможности реализации современных технологий при построении и модернизации беспроводных систем связи. Выделены критерии и факторы, которые необходимо использовать при выборе той или иной технологии. Проведен анализ существующих способов их реализации. Предложен вариант решения для беспроводных систем связи, отличающийся экономической эффективностью и надежностью, что особенно важно для систем критического использования. Намечены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, беспроводная система связи, информационная технология, программная реконфигурация оборудования, процессорный модуль.

The article deals with the possibilities of implementation of modern technologies in the process of construction and modernization of wireless communication networks. Criteria and factors which must be used for the choice of one or another technology are selected. The analysis of existent methods of their realization is conducted. The possible solution is offered for wireless communication networks; the solution is distinguished for its economic efficiency and reliability, which is especially important for the systems in critical use. Directions of further researches are proposed.

Key words: digital signal processing, wireless communication network, information technology, reconfiguration of equipment, processor module.