

Методи та тенденції в галузі моніторингу сигналів, керування частотним ресурсом і геолокації передавачів бездротового зв'язку

Переклад: Вадим Потапенко

Редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест

E-mail: Victor_Butyrin@unitest.com

У статті розглядаються різні питання, методи та відповідне обладнання від Keysight Technologies, необхідне для моніторингу сигналів і розподілу частот ВЧ-спектра в діапазоні дуже високих частот (ДВЧ, VHF) і ультрависоких частот (УВЧ, UHF). Буде обговорено цілі та вимоги до автоматизації для різних сценаріїв моніторингу, а також представлено концепції реалізації розподіленої мережі сенсорів для визначення місця розташування джерела випромінювання.

ВСТУП

Моніторинг радіочастотних сигналів у бездротовому середовищі часто є необхідністю для різних операторів бездротового обладнання, керівників виробничих об'єктів і випробувальних лабораторій, а також державних органів. Завдання моніторингу сигналів можуть змінюватись від перевірки відповідності переданих сигналів вимогам конкретних операторів зв'язку до виявлення і визначення місця розташування невідомих або несанкціонованих передавачів. Традиційні методи моніторингу сигналів ґрунтуються на використанні високопродуктивних аналізаторів спектра та дигітайзерів, які часто працюють як автономні системи. Завдяки широкому поширенню широкосмугового зв'язку системи моніторингу сигналів перетворилися на кооперативні мережі недорогих сенсорів, які спільно контролюють спектр бездротового зв'язку на великій географічній території. У цих рекомендаціях щодо застосування від Keysight Technologies розглядаються різні питання, методи та відповідне об-

ладнання, необхідне для моніторингу сигналів і розподілу частот ВЧ-спектра в діапазоні дуже високих частот (ДВЧ, VHF) і ультрависоких частот (УВЧ, UHF). Буде обговорено цілі та вимоги до автоматизації для різних сценаріїв моніторингу, а також представлено концепції реалізації розподіленої мережі сенсорів для визначення місця розташування джерела випромінювання.

Моніторинг частотного спектра в бездротовому середовищі для виявлення як відомих, так і невідомих радіочастотних сигналів є необхідністю для різних операторів обладнання та державних органів.

Галузі застосування таких систем можуть змінюватись від спеціалізованих вимірювань для конкретних операторів зв'язку до пошуку в широкій смузі спектра і реєстрації даних. У всіх випадках обладнання для моніторингу спектра або сигналів повинно мати декілька основних характеристик, таких як широке частотне охоплення, високошвидкісне сканування каналів, висока роздільна здатність за частотою та широкий динамічний діапазон, можли-

вість зберігання даних та деякий рівень автоматизації системи для визначення порядку дій у разі виявлення сигналу, що цікавить. У деяких випадках моніторинг спектра потрібен для забезпечення відповідності місцевим нормативним вимогам, тоді як в інших випадках потрібне виявлення невідомих передавачів або джерел випромінювання. Процес виявлення може охоплювати виявлення типу сигналу, включно з визначенням тривалості передавання, кількості появ, носійної частоти, ширини смуги модуляції і типу модуляції, а також місця розташування джерела випромінювання. На рисунку 1 показана типова система моніторингу, яка може містити стаціонарні, нерухомі та мобільні приймачі, розміщені по всій контрольованій території. Кілька приймачів можуть бути об'єднані в мережу для підвищення загальної ефективності системи і точності локалізації.

КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНИМ РЕСУРСОМ

Системи моніторингу сигналів, сконфігуровані для керування частотним ресурсом ліцензованого або неліцензованого спектра, зазвичай працюють з відомим набором носійних частот і характеристик модуляції. Ці системи використовуються для перевірки відповідності нормативним вимогам і забезпечення співіснування з іншими системами бездротового зв'язку. До типових користувачів, зацікавлених в керуванні

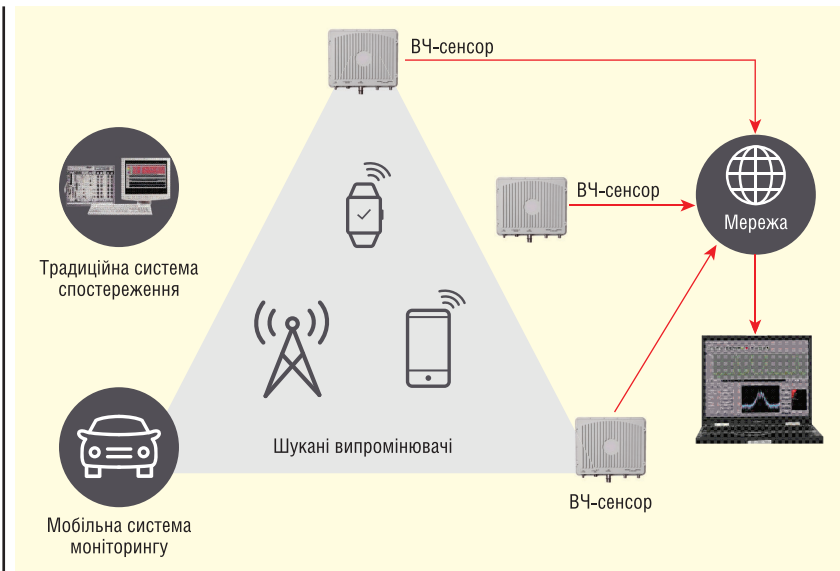


Рис. 1. Система моніторингу та спостереження за сигналами

частотним ресурсом, належать державні установи, постачальники послуг бездротового зв'язку, разом з операторами стільникового зв'язку, компаніями з телерадіомовлення, службами екстреного реагування, транспортними відомствами (в частині навігації та зв'язку) і військовими об'єктами. Крім того, регулювальні органи, що керують використанням спектра, ліцензуванням і координацією розподілу частот на національному та міжнародному рівнях, часто створюють мережу моніторингових станцій, що охоплюють густонаселені райони. Такі організації, як Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ), уповноважили Сектор радіозв'язку МСЕ (МСЕ-Р) керувати ВЧ-спектром і передаванням за допомогою супутникового зв'язку на глобальному рівні. Національні/регіональні регулювальні органи, як-от FCC (США), NTIA (США), OFCOM (Велика Британія), SRRС (Китай) і ANFR (Франція), керують використанням спектра на національному рівні. Цим органам необхідно добре розуміти поточне використання спектра, оскільки інакше можуть бути втрачені доходи від ліцензування; їм також необхідно виявляти та запобігати потенційним завадам між системами.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РАДІОСИГНАЛАМИ

Системи моніторингу сигналів, призначені для спостереження за невідомим або недружнім передаванням, вимагають вимірювання сигналів, які з'являються епізодично протягом

коротких періодів, і часто вимагають отримання інформації, що міститься в передачі.

Спостереження за радіосигналами активно розвивається в таких сферах, як правоохоронна діяльність, управління пенітенціарними установами, охорона кордону і узбережжя, а також військова розвідка. У багатьох випадках потрібне перехоплення сигналів з їхньою демодуляцією для отримання важливої розвідувальної інформації, яку використовують військові, органи національної безпеки та правоохоронні органи. Системи такого типу відстежують сигнали, що виходять як із приміщень, так і з відкритих просторів. Зазвичай у такі системи інтегровані функції визначення напрямку (пеленгації) і геолокації, оскільки бажано відновити сигнал і дізнатися місце розташування джерела випромінювання. В урядовій і військовій сферах таке передавання часто належить до категорії радіотехнічної розвідки (SIGINT).

КЕРУВАННЯ ЗАВАДАМИ

Системи моніторингу сигналів, призначені для керування завадами від відомих і потенційно небезпечних сигналів, вимагають проведення спеціалізованих вимірювань залежно від конкретних завдань. У деяких випадках моніторинг сигналів потрібен на географічно великій території, а в інших випадках він може бути обмежений територією конкретної будівлі або окремого приміщення. Наприклад, на випробувальних полігонах, де досліджуються

складні системи, як-от літаки, для оцінювання електромагнітних завад (ЕМЗ) та електромагнітної сумісності (ЕМС) може використовуватися обладнання для моніторингу сигналів, що допомагає проаналізувати потенційні завади, що надходять від літака під час активації різних підсистем.

У деяких випадках, коли відомо, що сигнали бездротового зв'язку можуть створювати завади для чутливого обладнання, наприклад, для спеціалізованих приладів, встановлених у лікарнях або випробувальних лабораторіях, моніторинг сигналів стає вкрай важливим для правильної роботи цього обладнання. Наприклад, адміністратори медичних закладів часто вводять обмеження на використання стільникових телефонів у відділеннях невідкладної допомоги та інтенсивної терапії. Дослідження показали, що передавання сигналів стільниковими пристроями, які перебувають у безпосередній близькості від чутливого обладнання, може перешкоджати нормальній роботі таких приладів, як монітор електроенцефалограми (ЕЕГ). Оскільки важко запобігти пронесенню мобільних телефонів до цих спеціалізованих установ, може знадобитися моніторинг ВЧ-спектра стільникового зв'язку та спрацювання сигналу тривоги у разі виявлення небажаного передавання.

ГЕОЛОКАЦІЯ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ

Визначення місця розташування цільового джерела випромінювання особливо важливе в завданнях спостереження та управління перешкодами. Методи визначення напрямку (пеленгації) і геолокації традиційно ґрунтуються на приймачах, під'єднаних до гостроспрямованих антен. Для точного визначення місця розташування передавача у двовимірному і, можливо, у тривимірному просторі можна використовувати методи, засновані на вимірюванні рівня прийнятого сигналу, триангуляції та/або куті приходу електромагнітної хвилі. Підвищення точності можна досягти завдяки збільшенню кількості приймачів радіомоніторингу та додаванню синхронізації вимірювань і позиціонування приймачів за допомогою GPS.

До інших методів геолокації належать вимірювання різниці в часі приймання (TDOA) і кореляційні методи, які використовують цифрову обробку

сигналів, які одночасно приймаються кількома приймачами. Синхронізація часу між кількома приймачами в таких системах може здійснюватися за допомогою GPS або мережевого протоколу синхронізації часу на основі IEEE 1588, розробленого компанією Keysight Technologies і затвердженого інститутом IEEE 1992 року.

Основне завдання будь-якої системи моніторингу сигналів полягає в тому, щоб швидко виявити, ідентифікувати та, можливо, визначити місце розташування віддаленого некооперативного сигналу, який може бути переривчастим, короткочасним та/або мати низьку потужність. Тенденція в галузі бездротового зв'язку спрямована на використання цифрових схем модуляції, підвищення частоти носійної та розширення смуги модуляції сигналу. Вища частота носійної призводить до більшого затухання сигналу між цільовим джерелом випромінювання і системою моніторингу, що ускладнює відновлення потрібного сигналу через нижче відношення сигнал/шум (*signal to noise ratio, SNR*) на приймачі. Крім того, збільшення смуги модуляції сигналу призводить до зниження спектральної густини потужності на приймачі, що знову ж таки ускладнює виявлення потрібного сигналу. У багатьох випадках системи моніторингу сигналів, засновані на єдиній точці вимірювання в бездротовому середовищі, можуть виявитися недостатніми для цих нових технологій, і для належного відновлення сигналу може знадобитися скоординована робота кількох приймачів або сенсорів, розміщених ближче до цільового джерела випромінювання.

ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИ
МОНІТОРИНГУ СИГНАЛІВ

Базова конфігурація системи моніторингу сигналів містить приймач, антену, підсилювач із низьким рівнем шуму, дисплей для виведення інформації, а також, можливо, деякий рівень програмної автоматизації для пошуку сигналів і зберігання даних. Традиційний аналізатор спектра зі співуванням за частотою може задовольнити мінімальний набір вимог до приймача системи моніторингу. Аналізатор спектра — це дуже гнучка платформа з широким діапазоном частот, великим динамічним діапазоном і графічним дисплеєм з можливістю встановлення обмежувальних ліній для встановлення

порогів виявлення за рівнем амплітуди. Зазвичай між антеною та аналізатором встановлюється підсилювач з низьким рівнем шуму (*low noise amplifier, LNA*) для підвищення чутливості аналізатора спектра. Це дає змогу збільшити амплітуду сигналу, що приймається, і знизити коефіцієнт шуму вимірювальної системи. Більшість високопродуктивних аналізаторів спектра, таких як аналізатори Keysight серії MXA, передбачають можливість встановлення внутрішнього підсилювача з низьким рівнем шуму. Багато аналізаторів спектра мають вбудовану функцію аналогової демодуляції, але для її використання часто потрібне переналаштування центральної частоти й смуги огляду аналізатора відповідно до параметрів цільового сигналу. При зміні налаштувань частоти аналізатора важливо, щоб прилад міг швидко перелаштовувати свої внутрішні гетеродини (*local oscillators, LO*), інакше ймовірність перехоплення переривчастого сигналу малої тривалості може знизитися. Інші типи приймачів, розроблені спеціально для завдань моніторингу сигналів, можуть використовувати гетеродини зі швидким перелаштуванням і висо-

кошвидкісні дигітайзери для швидкого вимірювання спектрального складу з використанням обробки сигналів методом швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Наприклад, у приладі Keysight E3238S є до шести виділених процесорів ШПФ, які працюють паралельно, що забезпечує винятково високу швидкість огляду спектра. Під час вибору архітектури приймача для спостереження і моніторингу сигналів часто необхідно детально вивчити функції та ефективність вимірювальної системи в контексті конкретного застосування. У таблиці 1 наведено багато важливих характеристик, необхідних для базового приймача моніторингу сигналів.

Існує багато структур приймачів, які можна використовувати для досягнення характеристик, описаних у таблиці 1. Наприклад, на рисунку 2 показано структурну схему супергетеродинного приймача, яка зустрічається в багатьох традиційних аналізаторах спектра. Вхідний ВЧ-сигнал фільтрується і перетворюється на проміжну частоту (ПЧ, IF) за допомогою змішувача і гетеродина (LO). Широкий діапазон ВЧ-частот можна виміряти шляхом спі-

Таблиця 1. Бажані характеристики базового приймача моніторингу сигналів	
Характеристика	Функція
Широкий діапазон частот	Початкова та кінцева частота ВЧ діапазону
Висока швидкість огляду	Гетеродини зі швидким перелаштуванням та обробка ШПФ для забезпечення вузьких смуг пропускання
Висока чутливість	Застосування підсилювача з низьким рівнем шуму і налаштування вузької смуги пропускання
Хороша вибірковість	Форма фільтра смуги пропускання
Вихід ПЧ та/або вихід відеосигналу	Вихід сигналу, перетвореного зі зниженням частоти, та/або вихід детектованого аналогового сигналу із широкою миттєвою смугою пропускання. Корисний для систем із передаванням сигналу на інший приймач
Графічний дисплей	Візуальний засіб ідентифікації сигналів. Можливість встановлення обмежувальних ліній.
Локальне або віддалене керування через комп'ютер	Програмне керування. Підключення через LAN, USB, IEEE-488

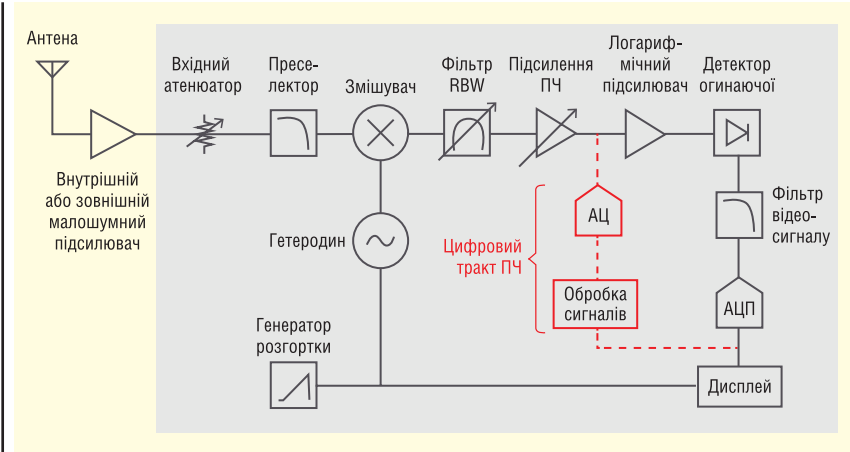


Рис. 2. Структурна схема супергетеродинного приймача

теродина і вимірювання амплітуди сигналу після фільтра ПЧ (також відомого як фільтр смуги пропускання (*Resolution Bandwidth Filter, RBW*)) в аналізаторі спектра. У завданнях моніторингу сигналів важливо швидко перелаштовувати частоту гетеродина приймача, щоб захоплювати переривчасті сигнали і збільшувати ймовірність виявлення сигналів (*probability of intercept, POI*). Коли для збільшення роздільної здатності та чутливості використовують вузьку смугу пропускання (RBW), час світування пропорційно збільшується, що може призвести до зниження ймовірності виявлення сигналу. Щоб подолати це обмеження за часом світування, у багатьох структурах приймачів використовується цифрова ПЧ і виконується фільтрація проміжної частоти в цифровій області. Цифрова фільтрація дає змогу значно скоротити час світування порівняно з аналоговими методами. Цифрова обробка сигналів (ЦОС, DSP) на проміжній частоті також надає зручний спосіб реалізації гнучких можливостей демодуляції, якщо вимірювані сигнали потребують додаткового аналізу та ідентифікації. На рисунку 2 також показано окремий тракт проміжної частоти через аналого-цифровий перетворювач (АЦП, ADC), де амплітуда сигналу детектується й обробляється з використанням методів цифрової обробки сигналів.

У системах, де потрібна демодуляція вимірюваних сигналів, миттєва смуга пропускання ПЧ має бути ширшою, ніж смуга модуляції сигналу, інакше частина спектра, яку займає сигнал, буде ослаблена. У традиційних аналогових системах зв'язку з амплітудною (AM) і частотною (FM) модуляцією миттєва смуга пропускання сигналу зазвичай була набагато меншою за 200 кГц. У цьому разі фільтр ПЧ, який приблизно відповідає кроку між каналами системи з аналоговою модуляцією, наприклад 30 кГц, коректно пропускав би потрібний сигнал і забезпечував хорошу чутливість приймача завдяки відносно вузькій смузі ПЧ. З появою потреби в вищих швидкостях передавання даних і впровадженням цифрових схем модуляції миттєва смуга пропускання сигналу для багатьох нових бездротових систем, таких як WiMAX і 3GPP LTE, збільшується до 5–20 МГц. Зі збільшенням миттєвої смуги пропускання смуга пропускання фільтра ПЧ приймача також має збільшуватися, щоб сигнал можна було правильно демодулювати та ідентифікувати. На

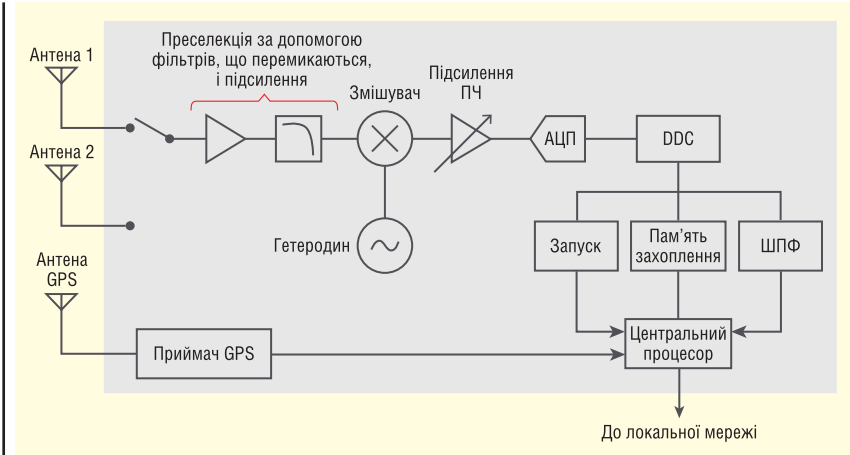


Рис. 3. Структурна схема ВЧ-сенсора N6841A поєднує в собі приймач ДВЧ/УВЧ і програмно-визначувану обробку сигналів

жаль, збільшення смуги проміжної частоти призводить до пропорційного зниження відношення сигнал/шум на вході демодулятора.

Щоб подолати обмеження по SNR, систему моніторингу можна модифікувати для підвищення рівня сигналу на вході приймача. Це можна зробити завдяки збільшенню підсилення передпідсилювача, підвищенню коефіцієнта підсилення антени або розміщенню системи моніторингу ближче до джерела випромінювання. На практиці ці методи мають свої обмеження. Наприклад, збільшення підсилення передпідсилювача може призвести до появи небажаних продуктів інтермодуляційних спотворень (*intermodulation distortion, IMD*), якщо приймач працює в присутності інших сигналів з вищими амплітудами. Можна збільшити коефіцієнт підсилення антени, що призведе до створення гостроспрямованої антени. При цьому фізичний розмір антени збільшиться, а робоча смуга пропускання може скоротитися. Фізичне розміщення системи моніторингу ближче до джерела випромінювання може бути непрактичним з низки причин, зокрема в умовах, коли місце розташування джерела випромінювання невідоме на великій географічній території. Отже, збільшення кількості приймачів у навколишньому середовищі, як правило, веде до збільшення загальної вартості системи. Це відбувається, якщо не вдається розмістити з високою щільністю набір недорогих сенсорів, що допомогло б розв'язати багато проблем, пов'язаних із відношенням сигнал/шум під час моніторингу широкосмугових сигналів із високою носійною частотою.

Традиційна система спостереження, що монтується в стійку і побудована на базі звичайного аналізатора

спектра або приймача на основі стандарту VXI, зазвичай встановлюється у всепогодному укритті або будівлі та під'єднується до антен на даху за допомогою коаксимальних кабелів з низькими втратами. Ці автономні системи можуть також містити кілька допоміжних приймачів (*handoff receivers*), призначених для демодуляції та зберігання даних певних сигналів, що становлять інтерес. Допоміжний приймач приймає перетворений аналоговий сигнал на проміжній частоті й, працюючи паралельно з основним приймачем, демодулює сигнали з амплітудною або частотною модуляцією, що дає змогу не переривати процес пошуку, який виконує основний приймач. Для моніторингу сигналів у широкому діапазоні частот можуть знадобитися різні типи антен для охоплення всього діапазону, що цікавить. У цьому разі до приймача під'єднується ВЧ-мультиплексор, який перемикається між кількома антенами, встановленими на будівлі або транспортному засобі.

На відміну від традиційного підходу, можна використовувати дешевший приймач із доступом до мережі, який також називають «ВЧ-сенсором», як понижувальний перетворювач частоти та систему збору сигналів, здатну передавати дискретизовані IQ-дані проводом мережею на віддалений контролер системи для обробки сигналів, архівування даних і демодуляції.

Типовий недорогий ВЧ-сенсор, такий як Keysight N6841A, є невеликим автономним всепогодним приймачем, який можна легко встановити на щоглі, в стійці, на транспортному засобі або сконфігурувати як переносну систему. Для підвищення гнучкості приймача ВЧ-сенсор зазвичай має функ-

ції, які програмується за допомогою ПЗ, що можна завантажити додатково, і широкопasmовий цифровий тракт ПЧ. На рисунку 3 представлена спрощена структурна схема ВЧ-сенсора Keysight N6841A. Сенсор має два антенні входи для локального підключення широкопasmових і/або рознесених антен. Система також містить набір смугових фільтрів попередньої селекції. Ці фільтри, що перемикаються, корисні під час пошуку слабких сигналів на тлі потужного передавання, а також знижують вартість сенсора і підвищують його надійність. Понижувальне перетворення частоти до ПЧ виконується з використанням структури тюнера, аналогічної, що застосовується в традиційних аналізаторах спектра. У цифровому тракті ПЧ використовується цифровий понижувальний перетворювач частоти (*digital downconverter, DDC*), який перетворює дискретизований сигнал проміжної частоти у модульований сигнал. Повністю цифровий тракт проміжної частоти сенсора N6841A має настроювану смугу пропускання до 20 МГц, що забезпечує сумісність з різними бездротовими технологіями та типами модуляції. Вбудоване програмне забезпечення керує запуском приймача, операціями ШПФ і захопленням даних у пам'ять. Дискретизовані дані з відмітками часу передаються через мережу на віддалений сервер, де виконується ідентифікація сигналів і реєстрація даних. Синхронізація внутрішнього годинника приймача може здійснюватися за мережевим протоколом IEEE 1588 або за допомогою опціонального GPS-приймача. Загальна концепція реалізації розподіленої системи моніторингу сигналів полягає в розгортанні мережі недорогих ВЧ-сенсів, розміщених фізично ближче до ймовірних джерел випромінювання, і виконанні всіх розширених функцій обробки сигналів на оцифрованих даних на загальному, централізованому розташованому сервері.

Далі буде

Щоб отримати додаткову детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies, звертайтеся до її офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії Юнітест:

04053, м. Київ, вул. Олеся Гончара, 6, тел. +38 (044) 272-60-94, e-mail: web@unitest.com www.unitest.com

Література:

1. E.D. Nanoun, V.G. Tsiafakis, E.S. Kaporeliotis, A.I. Sotiriou, C.N. Capsalis, «Electromagnetic compatibility between GSM base station and EEG signal», *IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications 2005*, vol. 1, pp 535–538, Aug. 2005.
2. J.L. Silberberg, «Achieving medical device EMC: the role of regulations, standards, guidelines and publications», *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2001, vol. 2, pp 1298–1303, Aug. 2001.
3. *International Telecommunications Union Radiocommunication Sector (ITU-R), Supplement to Handbook on Spectrum Monitoring*, 2008.
4. A.G. Kanatas, N. Papadakis, P. Constantinou, «An empirical model for high elevation angle land-mobile satellite channels at urban environment», *IEEE Communications Letters*, vol., issue 4, pp 92–93, April 1998.
5. M. Albani, P. Focardi, A. Freni, S. Maci, «Pattern distortion for corrugated horns open-ended on a finite ground plane», *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 1999, vol. 4, pp 2272–2275, July 1999.
6. *Modern Antenna Design*, Thomas A. Milligan, Wiley Interscience, 2nd edition, 2005.
7. K.H. Loo, W.T. Barnett, A. Vigants, F.G.; Inserra, J.R.; Brockel, «US Army tactical LOS radio propagation reliability», *Proceedings of the Tactical Communications Conference*, 1992. vol. 1 *Tactical Communications: Technology in Transition*, pp 109–117, April 1992.
8. T.S. Seidel, S.Y. Rappaport, «Simulation of UHF indoor radio channels for open-plan building environments», *IEEE 40th Vehicular Technology Conference*, pp 597–602, May 1990.
9. H. Suzuki, «A Statistical Model for Urban Radio Propagation», H. Suzuki, *IEEE Transactions on Communications*, vol. 25, issue 7, pp 673–680, Jul. 1977.
10. Keysight Application Note «MIMO Channel Modeling and Emulation Test Challenges», lit. number 5989-8973EN, Oct. 2008.
11. C. Edwards, «The future is femto», *Engineering & Technology*, vol. 3, issue 15, pp 70–73, Sept. 2008.
12. D. Das, V. Ramaswamy, «On the Reverse Link Capacity of a CDMA Network of Femto-cells», *IEEE Sarnoff Symposium*, 2008, pp 1–5, April 2008.

ВИПРОБУВАЛЬНИЙ СТЕНД НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ

Компанія **Keysight Technologies** оголосила про випуск випробувального стенда нового покоління для тестування безпеки вбудованих систем — *Next-Generation Embedded Security Testbench* — консолідованого та масштабованого рішення на базі PXIe, яке призначене для складного тестування безпеки сучасних мікросхем та вбудованих пристроїв. Це нове рішення пропонує підвищену гнучкість, зменшує складність налаштування тестів, а також підвищує надійність і повторюваність критично важливих оцінок безпеки.

Збільшення кількості підключених пристроїв і зростання складності загроз безпеці створюють значні виклики для розробників і лабораторій з безпеки. Традиційне тестування безпеки часто використовує громіздкі установки з безліччю розрізнених інструментів, що призводить до збільшення складності, тривалості тестування і потенційних невідповідностей в результатах. *Next-Generation Embedded Security Testbench* вирішує ці проблеми, надаючи уніфіковану та ефективну платформу для комплексного аналізу безпеки пристроїв.

Новий тестовий стенд використовує високошвидкісну архітектуру PXIe, розроблену для вирішення складних завдань сучасного тестування безпеки. Він є значним кроком вперед у лінійці продуктів для аналізу вразливостей пристроїв. Ця надійна архітектура дозволяє *Next-Generation Embedded Security Testbench* надавати в 10 разів ефективніші результати при аналізі побічних каналів (*Side-Channel Analysis, SCA*) і тестуванні на введення помилок (*Fault Injection, FI*) — важливих методах виявлення й усунення апаратних вразливостей.

Платформа базується на трьох основних компонентах — шасі M9046A PXIe, високопродуктивному вбудованому контролері M9038A PXIe і програмному забезпеченні *Inspector*. Пакети рішень можуть бути розширені залежно від вимог і містити додаткові інструменти для складних сценаріїв тестування, в тому числі осцилографи та компоненти для ЕМ-аналізу.

www.keysight.com