

УДК 621.396.6

К. Л. АВДЄЄНКО;

І. О. ГЕШКО, доктор техн. наук, професор;

В. Ф. КОРСАК,

ДП «Український державний центр радіочастот», Київ, Україна

КЛЮЧОВІ ПРИНЦИПИ СПІЛЬНОГО ДОСТУПУ ДО РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ НА ЛІЦЕНЗІЙНІЙ ОСНОВІ (LSA)

Очікується, що в найближчому десятиріччі розвиток мобільного зв'язку в діапазонах частот, нижчих за 6 ГГц, призведе до значного зростання потреби в радіочастотному ресурсі порівняно з нинішнім розподілом рухомій службі радіозв'язку. Поряд із подальшим перерозподілом спектра на всесвітніх конференціях радіозв'язку одним із можливих розв'язань проблеми може бути використання спектра, розподіленого іншим службам радіозв'язку. Дослідними структурами СЕПТ, що працюють під егідою Європейської комісії з електронних комунікацій, було розроблено концепцію спільного використання спектра на ліцензійній основі: Licensed Shared Access (LSA). У цій статті розглянуто ключові поняття та головні методологічні підходи концепції LSA, а також завдання, які належить виконати при її впровадженні.

Вступ

Актуальність концепції спільного доступу до спектра на ліцензійній основі

Розвиток світового ринку телекомунікаційних послуг характеризується нині збільшенням попиту на послуги стільникового зв'язку та його поширенням в усіх сферах людської діяльності. Уже найближчими роками це може призвести до істотної нестачі радіочастотного ресурсу (РЧР), розподіленого для рухомої служби. Передбачається, що наприкінці цього десятиріччя подальший розвиток мобільного зв'язку в діапазонах частот, нижчих за 6 ГГц, спричиниться до подвоєння потреб у РЧР порівняно з кількістю спектра, розподіленого рухомій службі на поточний момент.

Можливі два напрямки розв'язання проблеми браку спектра для рухомої служби. Перший і, вочевидь, головний полягає в перерозподілі спектра у смугах частот до 6 ГГц на користь рухомої служби за рахунок інших служб. Проте найімовірніше, що на двох найближчих Всесвітніх конференціях радіозв'язку рухомій службі буде перерозподілено лише частину необхідного РЧР у зазначених діапазонах частот.

Окрім того, з огляду на необхідність збільшення обсягу РЧР для потреб рухомої служби Європейською комісією в листопаді 2012 року ініційовано дослідження з пошуку можливостей використання в інтересах рухомої служби радіозв'язку того РЧР, який розподілено в діапазонах до 6 ГГц іншим службам. При цьому передбачалося, що ресурс існуючих служб радіозв'язку не повинен перерозподілятися на користь рухомої служби на первинній основі. Таким чином, зазначений підхід мав на меті не змінити, а вдосконалити існуючу модель управління користуванням радіочастотним спектром і його регулювання.

Того самого року Робочою групою з питань радіочастотного менеджменту (WG FM) Комітету з електронних комунікацій (ЕСС) було запропоновано концепцію *спільного доступу до спектра на ліцензійній основі LSA (Licensed Shared Access)*. Тепер розглядається питання щодо практичного застосування концепції LSA в смузі частот 2,3...2,4 ГГц для спільного використання спектра системами стільникового зв'язку та іншими безпроводовими системами (Wi-Fi тощо). Зокрема, питанням спільного функціонування систем мобільного зв'язку з іншими системами на основі LSA в смузі частот 2,3...2,4 ГГц було присвячено технічний звіт TR 103 113 v.1.1.1, підготовлений Європейським інститутом з питань стандартизації у сфері телекомунікацій (ETSI) [1]. Станом на поточний момент зазначений документ використовується при розробці відповідних технічних стандартів для впровадження LSA.

Мета статті полягає у висвітленні основних положень зазначеної концепції.

Основна частина

1. Історія виникнення концепції LSA

Концепція LSA виникла на основі проекту концепції *спільного доступу до спектра на авторизованій основі ASA (Authorized Shared Access)*, представленого в ході проведення під егідою ЕСС 72-ї зустрічі робочої групи з питань радіочастотного менеджменту (WG FM) у травні 2011 року. ASA було ініційовано заради реалізації Стратегічного плану ЕСС, відповідно до якого «ЕСС має сконцентрувати зусилля на довгострокових дослідженнях із використання спектра, сприяти зменшенню нестачі спектра і впровадженню спільних методів його використання». Усе це відбулося в рамках питання з реформування системи

управління і регулювання РЧР для забезпечення стабільного економічного зростання телекомунікаційного ринку [2].

У першій половині 2011 року в межах WG FM створено Кореспондентську групу з питань когнітивного радіо (CG CRS), яка опікувалась питаннями ASA. Особливістю ASA стало те, що поряд зі статичними методами використання спектра пропонувалося задіяти когнітивне радіо як основу для реалізації динамічного методу використання РЧР. Згодом у 2012 році було сформульовано ідею щодо використання ASA в інтересах не лише рухомої, а й інших служб радіозв'язку. Так з'явилася універсальна концепція спільного використання спектра, яка дістала назву LSA [3]. Завдання щодо створення концепції LSA було покладено в WG FM на Проектну групу FM53, у результаті роботи якої в 2014 році було створено Звіт ECC 205 із описом зазначеної концепції.

2. Сутність та основні особливості LSA

Головним мотивувальним чинником при створенні концепції LSA стала наявність «білих плям» у спектрі, що виникають в різні моменти часу через те, що основний (Incumbent) ліцензіат використовує наданий йому радіочастотний ресурс не повністю. «Білі плями» можуть надаватися

іншому користувачеві РЧР на проміжок часу, протягом якого основний ліцензіат не має потреб у їх використанні. Зазначені ділянки спектра і є тим «фізичним ресурсом», на якому будується концепція LSA [4].

У концепції LSA визначено два головні методи використання «білих плям» спектра — *статичний* і *динамічний*.

Статичний метод упроваджується в тому разі, коли протягом певного періоду часу, за винятком екстрених випадків, основний ліцензіат не використовує одні й ті самі частини смуги частот. При цьому невикористовувані смуги частот регулятор визначає як ресурс, що за згодою основного ліцензіата може на певний період часу бути переданий іншому користувачеві РЧР (наприклад, смуги частот f_7 і f_8 на рис. 1, а).

Динамічний метод застосовується в тому разі, коли «білі плями» з'являються в різні моменти часу в різних ділянках смуги частот, виділеної основному ліцензіату, залежно від кількості належних йому РЕЗ, що працюють (рис. 1, б). Такі ділянки частот за погодженням із ліцензіатом надаються іншому користувачеві РЧР за умови, що вони будуть використовуватися лише в ті проміжки часу, коли вони не задіяні основним ліцензіатом і не створюватимуть завад РЕЗ останнього.

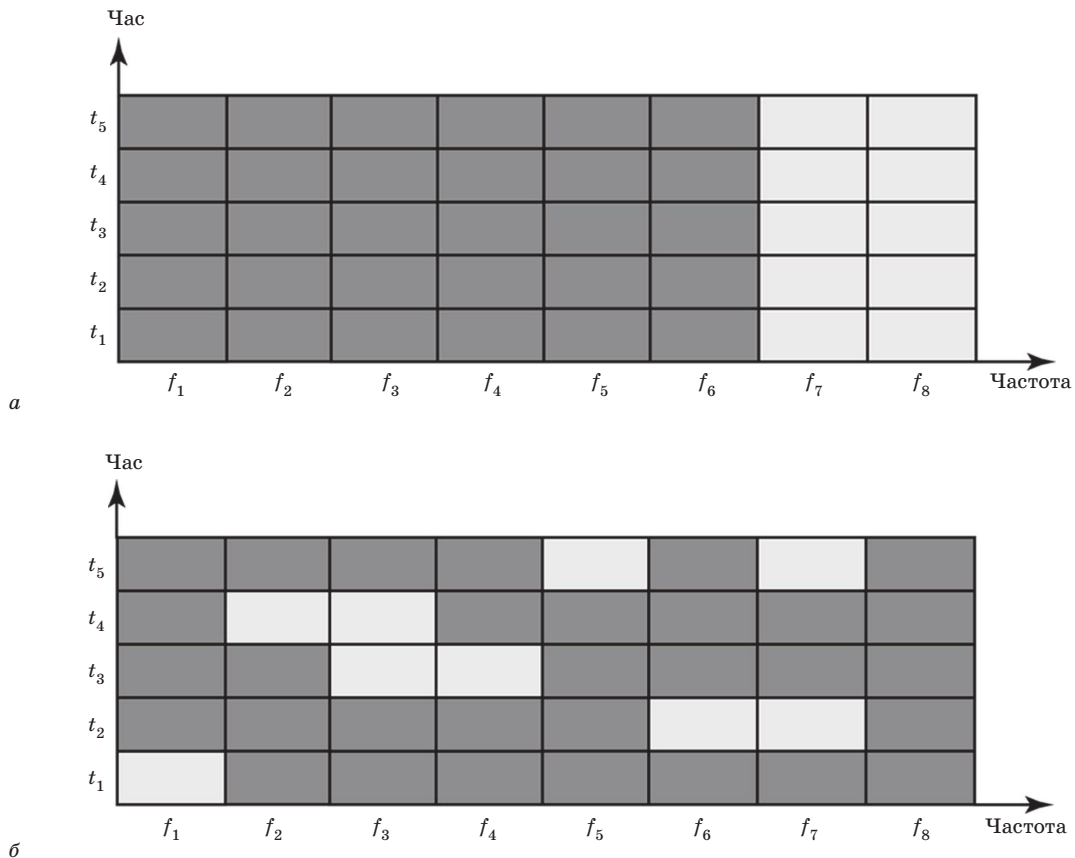


Рис. 1. Передумови впровадження статичного (а) і динамічного (б) методу використання «білих плям» спектра:

■ — частоти, що їх використовує основний ліцензіат РЧР;
 □ — «білі частотні плями», які не використовуються основним ліцензіатом РЧР

Технологічною базою для реалізації динамічних методів використання «білих плям» спектра є системи когнітивного радіо [5]. Підкреслюється, що використання динамічного методу передбачається лише в разі забезпечення гарантованої належної якості послуг усім користувачам РЧР у межах їхніх прав, які, у свою чергу, визначаються ліцензійними умовами.

Концепція LSA передбачає існування кількох категорій ліцензіатів, які спільно використовують розподілений для них РЧР і функціонують згідно з правами, що визначаються регулятором. Водночас важливою умовою LSA є гарантування належної та передбачуваної якості послуг для всіх користувачів РЧР згідно з правами, що надаються конкретному ліцензіату. Це і є основне доповнення до чинної системи регулювання використання спектра та управління ним, згідно з якою вторинний користувач РЧР не має права вимагати захисту від первинного користувача РЧР. У концепції LSA всі користувачі РЧР є ліцензіатами, а отже, можуть вимагати захисту хоча й не на рівних, але чітко визначених регулятором правах.

Відповідно, концепцією LSA попередньо визначено три категорії суб'єктів (рис. 2).

1. Основні ліцензіати, або Incumbent-ліцензіати: користувачі РЧР, які в поточний момент часу є власниками ліцензії на пріоритетне (з метою надання телекомунікаційних послуг) використання конкретної смуги частот за певними часовими та територіальними обмеженнями, або інші користувачі РЧР, що мають пріоритетні права щодо використання відомчих РЕЗ у визначених законодавством смугах частот.

Іншими словами, LSA не припускає накладення будь-яких обмежень на основного ліцензіата після видачі ліцензій додатковим ліцензіатам, якщо основний ліцензіат сам добровільно не погодиться віддати частину своїх прав останньому (докладніше про це йдеться далі). Незважаючи на такі привілеї, основний ліцензіат має юридично гарантувати додатковим ліцензіатам право доступу до «білих плям» у певні моменти часу і з урахуванням певного географічного розташування, тобто деталізувати умови функціонування додаткових ліцензіатів. Водночас, концепція LSA передбачає необхідність деталізації випадків, коли основний ліцензіат обмежує доступ додаткових ліцензіатів до спектра і повертає собі повний доступ до всіх своїх частот.

2. Додаткові ліцензіати, або LSA-ліцензіати: користувачі РЧР, які мають право використовувати РЕЗ, що їм належать, у тих смугах частот, де пріоритетне право на використання спектра належить основним ліцензіатам. Головна умова функціонування РЕЗ додаткових ліцензіатів у таких смугах частот — відсутність завад з їхнього боку стосовно РЕЗ основних ліцензіатів. Отже,

додатковий ліцензіат повинен функціонувати у смугах частот основного ліцензіата з урахуванням обмежень, які накладаються регулятором на його технічні параметри. Для чіткого визначення прав додаткового ліцензіата в смугах частот основного ліцензіата передбачається крім технічних обмежень визначити пріоритетні умови, за яких функціонує основний ліцензіат. Це вважається необхідним не тільки для того, аби гарантовано захистити основних ліцензіатів після видачі додаткових ліцензій іншим користувачам, а й для того, аби забезпечити умови для гарантованого функціонування РЕЗ додаткових ліцензіатів згідно з установленними для них регуляторними обмеженнями. Концепція LSA також передбачає визначення відповідальності, яка накладається на додаткового ліцензіата в разі створення завад основному ліцензіату.

3. Регуляторний орган — це орган, якому надається роль юридичного посередника при розмежуванні повноважень між основними і додатковими ліцензіатами, при накладанні обмежень на останніх для захисту основних ліцензіатів із додержанням інтересів додаткових ліцензіатів. Отже, регуляторний орган відповідно до концепції LSA встановлює правила спільного функціонування основних і додаткових ліцензіатів, підтримуючи баланс між ними на принципах радіочастотного менеджменту, законодавчо встановлених у державі.

Найважливіше завдання регулятора відповідно до LSA є забезпечення законодавчої бази для використання LSA-ліцензування. Зокрема, LSA визначає необхідність внесення записів або приміток до Національних таблиць розподілу РЧР стосовно смуг частот, які регулятор визначає придатними для застосування LSA-механізмів та відповідного LSA-ліцензування.

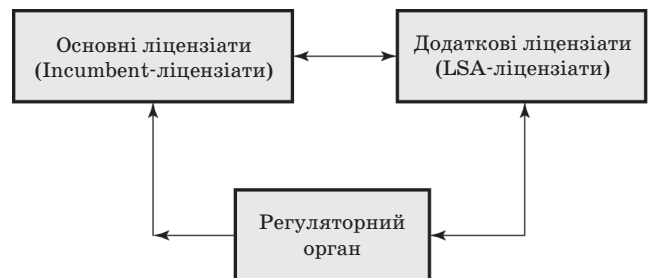


Рис. 2. Схема взаємодії суб'єктів концепції LSA

Сьогодні LSA передбачає такий механізм видачі LSA-ліцензій додатковому ліцензіату.

◆ Національний регулятор надсилає основному ліцензіату запит, в якому визначається доцільність використання «білих плям» за рахунок видачі LSA-ліцензій іншим користувачам РЧР. При цьому можливо, що національний регулятор, використовуючи засоби радіочастотного моніторин-

гу, здійснює попередній аналіз зайнятості спектра, виділеного основному ліцензіату. Результати такого моніторингу надаються ліцензіату разом із запитом.

◆ Після проведення власного аналізу основний ліцензіат надає національному регулятору відповідь, в якій повідомляє свої умови видачі LSA-ліцензій додатковому ліцензіату. Ці умови можуть включати в себе інформацію щодо конкретного частотно-часового ресурсу, який може бути використаний додатковим ліцензіатом, щодо географічних районів, на які поширюється LSA-ліцензія, та юридичних аспектів видачі додаткових ліцензій, які можуть бути важливі з погляду основного ліцензіата. Наприклад, можуть бути обумовлені всі екстрені випадки, при виникненні яких основний ліцензіат повертає собі повний контроль над спектром в рамках наданої йому ліцензії та тимчасово забороняє додатковому ліцензіату використовувати його частотний ресурс.

◆ Національний регулятор здійснює юридичне і технічне оцінювання умов видачі LSA-ліцензій додатковому ліцензіату, надісланих йому основним ліцензіатом, і визначає регуляторні та технічні рамки, в яких може бути застосований процес LSA-ліцензування.

◆ Після визначення умов LSA-ліцензування національний регулятор оголошує про його початок. Користувачі РЧП, зацікавлені в одержанні LSA-ліцензій, можуть подати регулятору відповідні заявки на їх отримання. Якщо поява «білих плям» має динамічний характер, то найважливішою складовою процесу LSA-ліцензування вважається наявність доступу потенційних LSA-ліцензіатів до актуальної інформації про завантаженість спектра основного ліцензіата в режимі online. Якщо «білі плями» мають постійний характер (за часом і частотою), то йдеться про застосування статичних методів використання РЧП. У цьому разі умови, за якими здійснюється LSA-ліцензування, повідомляються потенційним LSA-ліцензіатам на етапі подачі заявки на отримання ліцензії.

◆ По закінченні процесу LSA-ліцензування визначаються користувачі РЧП, котрі отримують LSA-ліцензії як додаткові ліцензіати.

Варто спинитися на програмно-технічній архітектурі, що забезпечує можливість застосування концепції LSA (рис. 3).

Нині визначено три організаційно-технічні компоненти архітектури LSA.

1. *Репозиторій LSA*, який передбачається використовувати для зберігання управляючої інформації щодо використання спектра основного ліцензіата додатковими ліцензіатами в тому обсязі та на тих правах, як це юридично визначено національним регулятором.

2. *Контролер LSA*, який керуватиме доступом додаткових ліцензіатів до спектра основних ліцензіатів згідно з правами, наданими національним регулятором та визначеними в репозиторії LSA.

3. *Управління репозиторієм LSA* (національний регулятор або інший уповноважений орган), що відповідає за внесення управляючої інформації до репозиторію LSA.

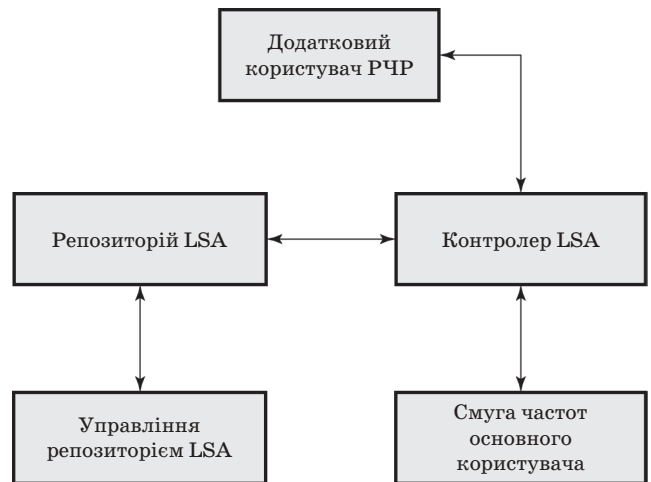


Рис. 3. Організація доступу додаткового користувача РЧП до смуг частот основного користувача РЧП через елементи архітектури LSA

3. Завдання та етапи впровадження концепції LSA

У 2012 році Робочою групою WG FM було визначено головні завдання, які необхідно розв'язати з метою впровадження LSA:

- визначення «ступенів гарантованості» доступу до спектра, що їх основний ліцензіат може забезпечити додатковим ліцензіатам у «білих плямах» спектра, з метою оцінювання економічних витрат додаткових ліцензіатів;
- дослідження існуючих регуляторних механізмів використання спектра в ЄС із метою визначення можливості реалізації концепції LSA як доповнення до існуючої системи радіочастотного менеджменту;
- дослідження можливості гармонізації смуг частот, які буде визначено як кандидатні для впровадження концепції LSA в країнах ЄС (саме збільшення гармонізованого частотного ресурсу для рухомої служби радіозв'язку є базовим фактором економічної ефективності цього проєкту);
- визначення технічних та експлуатаційних умов імплементації концепції LSA в окремих частотних діапазонах;
- розроблення процедур призначення індивідуальних прав додатковим ліцензіатам при використанні смуг частот основного ліцензіата з урахуванням законодавчої бази ЄС;

• дослідження питань, пов'язаних зі стандартизацією обладнання, яке буде функціонувати згідно з концепцією LSA.

Із метою стандартизації програмно-технічного забезпечення, яке буде використовуватись для реалізації концепції LSA, ETSI (Європейський інститут телекомунікаційних стандартів) розробляються проекти щодо гармонізованого впровадження реконфігурованих радіосистем (RRS) і систем когнітивного радіо (CRS) [5].

Висновки

За задумом розробників, концепція LSA має не змінити, а лише доповнити додатковими можливостями існуючу модель управління користуванням РЧР та його регулювання, підвищивши ефективність використання РЧР завдяки впровадженню таких технологій, як когнітивне радіо.

Перша ділянка спектра, яка підлягає гармонізації у країнах ЄС для впровадження послуг стільникового зв'язку із застосуванням LSA, є смуга частот 2,3...2,4 ГГц. Оскільки нестача спектра для розвитку послуг мобільного зв'язку наступних поколінь стає дедалі помітніша, найближчим часом можна очікувати визначення й інших смуг радіочастот для гармонізованого використання на базі цієї концепції.

Законодавче впровадження концепції передбачає внесення у відповідні національні регуляторні документи приміток для тих смуг радіочастот, що їх регулятор визначив як потенційно придатні для цього (наприклад, в Україні це означало б внесення відповідних записів до графи «Особливості використання радіотехнологій» Плану використання радіочастотного ресурсу).

Література

1. ETSI TR 103 113, v.1.1.1. *Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters. Mobile Broadband Services in the 2300-2400 MHz frequency band under Licensed Shared Access regime.*
2. FM(12)084. *Report on Authorized Shared Access concept // 74th WGFM Meeting, Switzerland, 23-27 Apr 2012.*
3. FM(12)041. *Definition of «Licensed Shared Access» // 74th WGFM Meeting, Switzerland, 23-27 Apr 2012.*
4. ECC Report 205, *Licensed Shared Access. Approved February 2014.*
5. *A Survey on Spectrum Management in Cognitive Radio Networks / [I. F. Akyildiz, W.-Y. Lee, M. C. Vuran and S. Mohanty] // IEEE Comm. Magazine. — Apr. 2008. — Vol. 46, no. 4. — P. 40–48.*

К. Л. Авдеенко, И. А. Гепко, В. Ф. Корсак

КЛЮЧЕВЫЕ ПРИНЦИПЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА НА ЛИЦЕНЗИОННОЙ ОСНОВЕ (LSA)

Ожидается, что в ближайшее десятилетие развитие мобильной связи в диапазонах частот ниже 6 ГГц приведет к значительному росту потребности в радиочастотном ресурсе по сравнению с нынешним распределением подвижной службе радиосвязи. Наряду с дальнейшим перераспределением спектра на всемирных конференциях радиосвязи одним из возможных решений проблемы может быть использование спектра, распределенного другим службам радиосвязи. Исследовательскими структурами СЕПТ, работающими под эгидой Европейской комиссии по электронным коммуникациям, была разработана концепция совместного использования спектра на лицензионной основе: *Licensed Shared Access (LSA)*. В настоящей статье рассмотрены ключевые понятия и основные методологические подходы концепции LSA, а также задачи, которые предстоит решить при ее внедрении.

К. Л. Авдеенко, I. O. Gepko, V. F. Korsak

THE KEY PRINCIPLES OF THE LICENSED SHARED ACCESS

It is expected that the development of mobile communications in the bands below 6 GHz will lead to a significant increase in demand for radio resource in the next decade than it is allocated to the mobile radiocommunication service at the moment. Along with the further reallocation of spectrum on the World Radiocommunication Conferences, one possible solution would be to use the spectrum allocated to other radio services. With this objective CEPT research institutions working under the auspices of the European Communications Commission developed the so-called *Licensed Shared Access (LSA)* concept. This article describes the key principles and methodological approaches of the LSA concept as well as the tasks to be resolved when implementing LSA regulation.