

Licencjonowany dostęp współdzielony (LSA) i trójpoziomowe modele podziału spektrum: regulacje, perspektywy biznesowe i technologiczne

Abstrakt

Współdzielenie widma jest ważnym czynnikiem umożliwiającym przyszłym mobilnym sieciom szerokopasmowym zaspokojenie rosnących potrzeb użytkowników w zakresie przesyłania danych. Biorąc pod uwagę dzielenie się widmami od regulacji, perspektywy biznesowe i technologiczne są kluczem do pomyślnego opracowania modeli udostępniania, które można wdrożyć w praktycznych systemach. W niniejszym rozdziale przeanalizowano najnowsze koncepcje dzielenia się widmem z perspektywy regulacyjnej, biznesowej i technologicznej. Prezentujemy europejską koncepcję dzielenia się widmem LSA (License and Shared Access) obejmującą jej aspekty prawne, biznesowe i techniczne, ze szczególnym uwzględnieniem przykładu LSA, na przykład dzielenia się LTE i programami zasiedziały i usługami specjalnymi (PMSE) w 2.3-2.4. Pasma GHz. Ewolucja LSA, obejmująca bardziej dynamiczne współdzielenie w kierunku amerykańskiego trójpoziomowego modelu współdzielenia widma dla Citizen Broadband Radio Service (CBRS) opartego na systemie Spectrum Access System (SAS), przedstawiona jest pod kątem ekosystemu, korzyści biznesowych i technicznych podejść. Perspektywy na przyszłość przewidywane są na rozwój modeli udostępniania dla mobilnego internetu szerokopasmowego.

11.1 Wprowadzenie

Bezprzewodowy wzrost ruchu danych zmotywował przemysł i środowisko akademickie do opracowania nowych modeli współdzielenia widma do przyjęcia przez regulatorów widma. Dzielenie widma odnosi się do sytuacji, w której dwa lub więcej systemów radiowych działa w tym samym paśmie częstotliwości. Począwszy od poznawczych badań radiowych ponad 10 lat temu, techniczne podejścia do dzielenia się widmem stały się dojrzałe i można je zastosować do konkretnych scenariuszy współdzielenia między rzeczywistymi systemami bezprzewodowymi w określonych pasmach częstotliwości. Opracowanie modeli współdzielenia widma wymaga dogłębnego rozważenia relacji rozporządzenia - biznes - technologia, ponieważ te trzy wymiary są bardzo wysoko powiązane i ich odrębne wymagania muszą zostać spełnione. Po szeroko zakrojonych badaniach nad udostępnianiem widma w tzw. Białych przestrzeniach telewizyjnych, często opartych na nielicencjonowanym dostępie z wykorzystaniem podejścia do bazy danych geolokalizacyjnych, zainteresowanie domeną regulującą spektrum rozszerzyło się na licencjonowane metody udostępniania, które mogą chronić obecnych użytkowników przy jednoczesnym wprowadzaniu dodatkowych licencjonowanych użytkowników na rynku. wspólna podstawa. Licencjonowane współdzielenie może skutkować środowiskiem kontrolowanej interferencji, w którym zarówno operator zasiedziały, jak i systemy wchodzące na rynek działające w tym samym paśmie mogą korzystać z gwarancji jakości usług (QoS). Po wprowadzeniu w 2011 r. Koncepcja Licencjonowanego Wspólnego Dostępu (LSA) zyskała znaczną uwagę w przepisach europejskich jako sposób na wprowadzenie dodatkowych licencjonowanych użytkowników na zespoły, które są obecnie wyłącznym użytkownikiem, a jednocześnie chronią dotychczasowy użytek. Jako hybryda dwóch podejść do dzielenia się, a mianowicie typu nielicencjonowanego i licencjonowanego, Federalna Komisja ds. Komunikacji (FCC) w USA zaproponowała trójstopniowy model udostępniania dla Citizen Broadband Radio Services (CBRS), wprowadzając dwie dodatkowe warstwy współdzielenia, podczas gdy ochrona obecnych operatorów. Model składa się zarówno z licencjonowanej warstwy

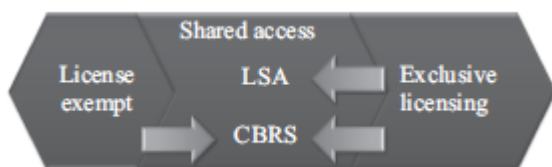
współużytkowania, jak i oportunistycznej warstwy współużytkowania z różnymi poziomami praw dostępu i gwarancjami ochrony przed zakłóceniami. Model ten jest opracowywany dla pasma 3,5 GHz jako pierwszy przypadek zastosowania, ale mógłby zostać przyjęty szerzej, gdyby udowodniono jego sukces. Ta część zajmie się koncepcjami dzielenia LSA i CBRS z perspektywy regulacji, biznesu i technologii. Koncepcje dzielenia widma LSA i CBRS są prezentowane na podstawie najnowocześniejszych osiągnięć z tej perspektywy i przedstawiono perspektywę na przyszłość.

11.2 Dzielenie widma

Aby zrozumieć rozwój nowych modeli współużytkowania spektrum, ta sekcja najpierw dzieli współdzielenie widma na szerszy obraz metod dostępu do widma i wprowadza perspektywy regulacji, biznesu i technologii. Następnie LSA i wprowadzono koncepcje CBRS.

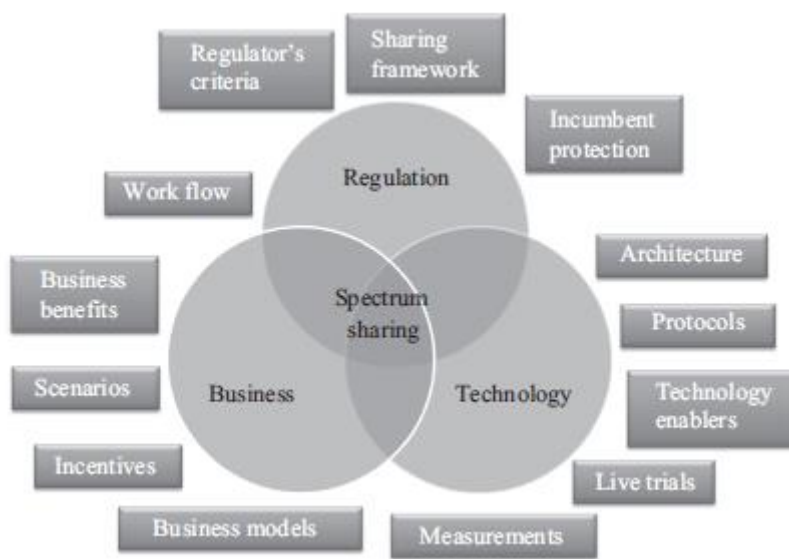
11.2.1 Modele dostępu do widma i perspektywy udostępniania

Tradycyjne modele dostępu do widma są w większości oparte na licencjonowaniu wyłącznym i operacjach zwolnionych z licencji. Operacje zwolnione z obowiązku udzielenia licencji umożliwiają łatwy dostęp do określonych pasm widma do urządzeń, które działają zgodnie z wcześniej określonymi warunkami eksploatacji, takimi jak ograniczenia mocy i cyklu roboczego. Ponieważ ilość urządzeń dopuszczonych do pasma nie może być kontrolowana, ten typ operacji nie może zagwarantować pewnego poziomu QoS. Do tej pory dostęp do widma dla operatorów sieci komórkowych (MNO) opierał się wyłącznie na wyłącznych licencjach o długim okresie ważności licencji i szerokim zasięgu. Jednak rosnące wyzwania związane z wyszukiwaniem wolnych zasobów (lub nawet mogą być realnie uwolnione) od obecnego użycia zainspirowały bardziej elastyczne sposoby wyznaczania zasobów widma dla operatorów sieci ruchomej. Współdzielenie widma pozwala dwóm lub więcej systemom radiowym działać na tym samym paśmie częstotliwości pod pewnymi regułami i warunkami, które zapewniają wykonalne środowisko operacyjne dla systemów. Rysunek 11.1 ilustruje dwa modele dostępu do wspólnego widma, omawiane obecnie w regulacji widma, jeden w Europie i jeden w USA



Ogólne modele dostępu regulacyjnego nie są ograniczone wyłącznie do zastosowań mobilnych, ale mogą być stosowane między dowolnymi dwoma lub więcej systemami radiowymi. Jednak w zakresie tego artykułu są one omawiane jako narzędzia umożliwiające mobilny dostęp do nowych pasm widmowych na zasadzie współdzielenia. Koncepcja europejskiego spektrum częstotliwości LSA przypomina ekskluzywne licencjonowanie z rozróżnieniem, że pasmo widmowe nie jest ponownie przydzielane wyłącznie do użytku mobilnego, ale istniejące wykorzystanie w paśmie jest utrzymywane w długim okresie. MNO, jako Licencjobiorca LSA, może wykorzystywać te części pasma widma, które nie są wykorzystywane przez dotychczasowego użytkownika widma w określonej lokalizacji, w określonych okresach czasu, zgodnie z ustalonymi zasadami i warunkami. Istniejący użytkownik utrzymuje wyższe prawa użytkowania i może odzyskać pasmo widmowe lub jego część w określonym obszarze, a sieć komórkowa musi wdrożyć narzędzia do zarządzania, które umożliwiają reagowanie na zmieniające się wykorzystanie widma w istniejącym systemie. CBRS, rozpatrywane w USA, jest bardziej złożoną koncepcją udostępniania, która umożliwia dodatkowe wykorzystanie pasma z istniejącym wykorzystaniem IU na obu licencjonowanych (PAL) oraz bez licencji (General Authorized Access (GAA))

)) podstawa. CBRS wprowadza dodatkowych licencjonowanych użytkowników w oparciu o PAL, które przypominają koncepcję LSA. Dwie główne różnice między tymi dwoma są takie, że centralna częstotliwość operacji nie jest ustalona w PAL, a zasób widma jest dostępny tylko wtedy, gdy jest używany, zatem zasób PAL może być wykorzystywany oportunistycznie przez licencjonowanego (oportunistycznego) General Authorized Urządzenia Access (GAA), gdy nie są używane przez posiadacza PAL. Koncepcja CBRS wprowadza również oportunistyczne warstwy GAA, których główną różnicą w porównaniu do wykorzystania bezzwrotnej licencji jest to, że użytkownicy GAA powinni być zarejestrowani jako użytkownicy CBRS. Dzielenie widma to coś więcej niż kwestia techniczna, co rozważano we wczesnych dniach badań kognitywnego systemu radiowego. Należy ją uważnie rozważyć również pod kątem regulacji i perspektyw biznesowych. Rysunek 11.2 ilustruje biznesowe, regulacyjne i technologiczne wymiary podziału widma oraz tematy, które są interesujące z tych perspektyw.

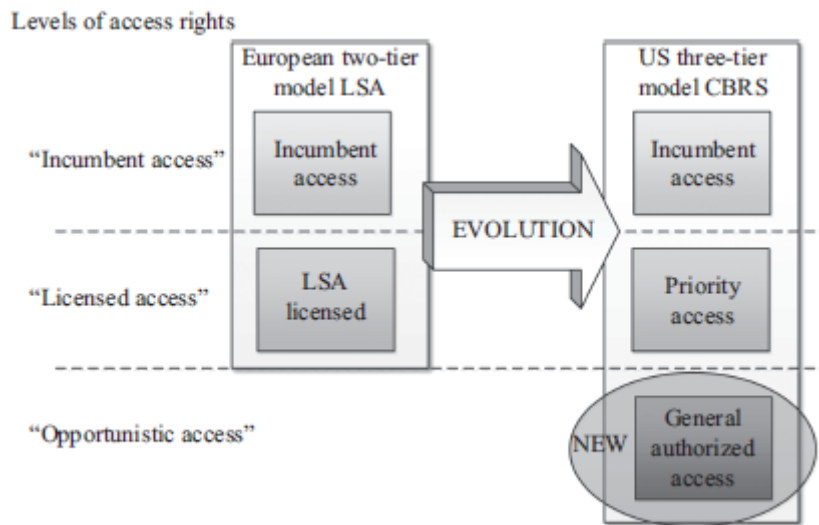


Z punktu widzenia regulacji, krajowe organy regulacyjne (KOR) mają zestaw kryteriów, według których model dzielenia się jest wykonalny, patrz [8], aby uzyskać szczegółowe informacje. Na przykład ochrona operatorów zasiedziałych przed szkodliwą ingerencją, uczciwością i pewnością prawną to ważne kwestie z punktu widzenia regulatora, które muszą być spełnione przez techniczne wdrożenia w celu wdrożenia systemu udostępniania. Z biznesowego punktu widzenia, dzielenie widma musi zapewniać korzyści biznesowe zaangażowanym interesariuszom, a także modele biznesowe i zachęty dla tych, którzy dzielą wspólne zasoby. Wreszcie, z punktu widzenia technologii i dostosowania się do biznesowego punktu widzenia, ważne jest opracowanie wykonalnej architektury i protokołów udostępniania, które wdrażają ramy udostępniania w zharmonizowany sposób, który umożliwia ekonomię skali. Próby na żywo i pomiary wydajności są ważne, aby pokazać możliwości dzielenia się pomysłami dla organów regulacyjnych w celu przyjęcia nowych modeli. W tym rozdziale wykorzystamy trzy perspektywy regulacji, biznesu i technologii oraz omówimy najnowsze koncepcje dzielenia się z tych perspektyw.

11.2.2 Pojęcia dzielenia widma

Obecnie najbardziej obiecującymi modelami udostępniania są obecnie europejski model LSA i amerykański trójkondygnacyjny model świadczenia usług CBRS. Koncepcja LSA wprowadza dodatkowych licencjonowanych użytkowników w zespołach, które obecnie mają wyłączne użytkowanie zasiedziałe. Koncepcja CBRS wprowadza dwie warstwy dodatkowych użytkowników z różnymi prawami dostępu, a jednocześnie chroni operatorów zasiedziałych. Rysunek 11.3 ilustruje

poziomy różnych poziomów praw dostępu w koncepcjach LSA i CBRS na wysokim poziomie. Poniżej przedstawiono te dwie koncepcje.



11.2.2.1 Licencjonowany dostęp współdzielony

Koncepcja Licencjonowanego Wspólnego Dostępu (LSA) to model współdzielenia widma zaproponowany przez Komisję Europejską (KE) w celu wprowadzenia dowolnego systemu radiowego do pasma częstotliwości z istniejącym wykorzystaniem. Dzielenie się odbywa się na podstawie licencji LSA wydanej przez krajowy organ regulacyjny oraz uzgodnionych ram podziału między zaangażowanymi stronami zainteresowanymi. LSA opiera się na dobrowolności, a zasiedziali użytkownicy mogą decydować, które pasma częstotliwości mają być wyznaczone do współdzielenia w jakich obszarach geograficznych. W ten sposób zespoły o stałym lub częstym użytkowaniu mogą pozostać poza układem LSA i można oczekiwać bardziej stabilnych warunków udostępniania dla licencjobiorcy LSA. Licencja LSA wydana przez organ regulacyjny gwarantuje koncesjonariuszowi LSA pewną operacyjność na czas trwania, obszar i warunki pasm widma niewykorzystywane przez operatora zasiedziałego, zgodnie z definicją zawartą w licencji i ramach udostępniania. Dotychczasowi użytkownicy widma mają prawa do użytkowania na wyższym poziomie i mogą odzyskać pasmo lub jego części w dowolnym miejscu w dowolnym momencie. Mechanizmy zarządzania i techniki, które licencjobiorca LSA musi wdrożyć, aby odpowiedzieć na zmieniającą się dostępność pasma LSA omówiono później.

11.2.2.2 CBRS

W kwietniu 2015 r. FCC przyjęła trzypoziomowy model podziału częstotliwości o nazwie Citizens Broadband Radio Service (CBRS) [5], zaproponowany przez Radę Doradców ds. Nauki i Technologii (PCAST) w 2012 r. [4]. CBRS wykorzystuje "szybką ścieżkę" o częstotliwości 3,550-3,700 MHz i wprowadza tam dwa typy współdzielonych warstw przy jednoczesnej ochronie operatorów zasiedziałych. Model składa się zarówno z licencjonowanej warstwy współużytkowania, jak i oportunistycznej warstwy współużytkowania z różnymi poziomami praw dostępu. Reguły są zoptymalizowane pod kątem wykorzystania w małych celach, ale mogą również obejmować punkt-punkt i punkt-wielopunkt, szczególnie w przypadku usług wiejskich. Zarządzanie ochroną interferencyjną jest realizowane za pośrednictwem systemu Spectrum Access Systems (SAS), który koordynuje wykorzystanie widma przez uczestników w celu ochrony operatorów zasiedziałych. Oprócz widma podejście bazy danych, która została przyjęta do koncepcji LSA The CBRS wprowadza pojęcie środowiska Sensing Capability (ESC) do monitorowania aktywności zasiedziałego, która wykrywa

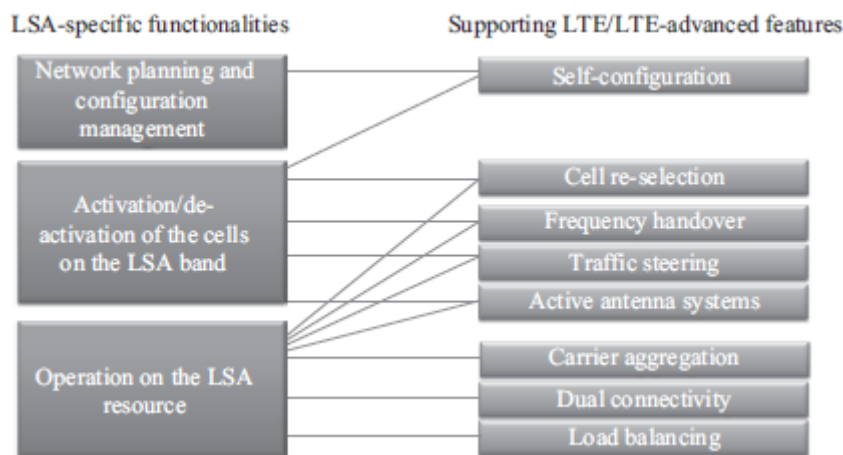
pojawienie się konkretnych operatorów, takich jak radar marynarki na obszarach przybrzeżnych i śródlądowych w pobliżu baz wojskowych. Zgodnie z dyskusjami, w przypadku wykrycia istniejącej aktywności, ESC przekazuje te informacje SAS, który powinien ponownie skonfigurować lokalne punkty dostępu w celu uniknięcia szkodliwej ingerencji w zasiedziałe radary.

11.3 Podejścia techniczne

Koncepcje dzielenia LSA i CBRS są najpierw omawiane z perspektywy technologicznej, dostarczając ich kluczowych elementów technicznych.




11.3.1 Aspekty techniczne LSA

Jedną z głównych zalet LSA jest to, że przewiduje się wdrożenie w oparciu o dwie dodatkowe jednostki funkcjonalne nad istniejącą architekturą sieci komórkowej. Usługa LSA nie wymaga modyfikacji istniejących wewnętrznych procedur sieci komórkowej ani funkcji zarządzania zasobami radiowymi. Po stronie sprzętu użytkownika (UE) nie ma wpływu poza wdrażaniem obsługi dowolnego nowego pasma częstotliwości. W związku z tym dodatkowe spektrum LSA można wykorzystać bez długiego procesu regulacyjnego i standaryzacji. Dwie wymagane dodatkowe jednostki funkcjonalne to repozytorium LSA i kontroler LSA. Repozytorium LSA przechowuje i aktualizuje informacje na temat dostępności i wykorzystania pasma widma LSA wraz z obowiązującymi zasadami i warunkami (moc nadawania itp.) W celu ich wykorzystania. Repozytorium LSA koordynuje również wymianę informacji między obecnymi użytkownikami a kontrolerami LSA. Kontroler LSA zapewnia ochronę i swobodną pracę operatora zasiedziałego i sieci mobilnej, obliczając obszary ochrony na podstawie informacji otrzymanych z repozytorium LSA i informacji o układzie sieci komórkowej, wykorzystanych mocach transmisji itp. Obecny LTE Standard LTEAdvanced obejmuje kilka funkcji, które umożliwiają i wspierają korzystanie z widma LSA o zmiennej dostępności przez sieć komórkową. Te cechy podsumowano na rysunku 11.4.



Komórka / sektor w paśmie LSA może wymagać dezaktywacji z powodu żądań ewakuacji od obecnego użytkownika, a następnie ponownego skonfigurowania po ponownym włączeniu. Dzięki automatycznej konfiguracji komórka LSA może zostać ponownie uruchomiona przy minimalnej ręcznej interwencji. W przypadku aktywacji komórki w paśmie LSA, procedura ponownej selekcji komórek pozwala UE wybrać komórkę w paśmie LSA na podstawie jej pomiarów siły sygnału. W przypadku dezaktywacji komórki w paśmie LSA, terminale są w stanie automatycznie uruchomić procedurę ponownej selekcji komórek. Ponadto narzędzia takie jak kierowanie ruchem, przekazywanie częstotliwości i równoważenie obciążenia pomagają kierować użytkowników do najlepszej obsługującej komórki na podstawie wcześniej określonych kryteriów. Aktywne systemy antenowe

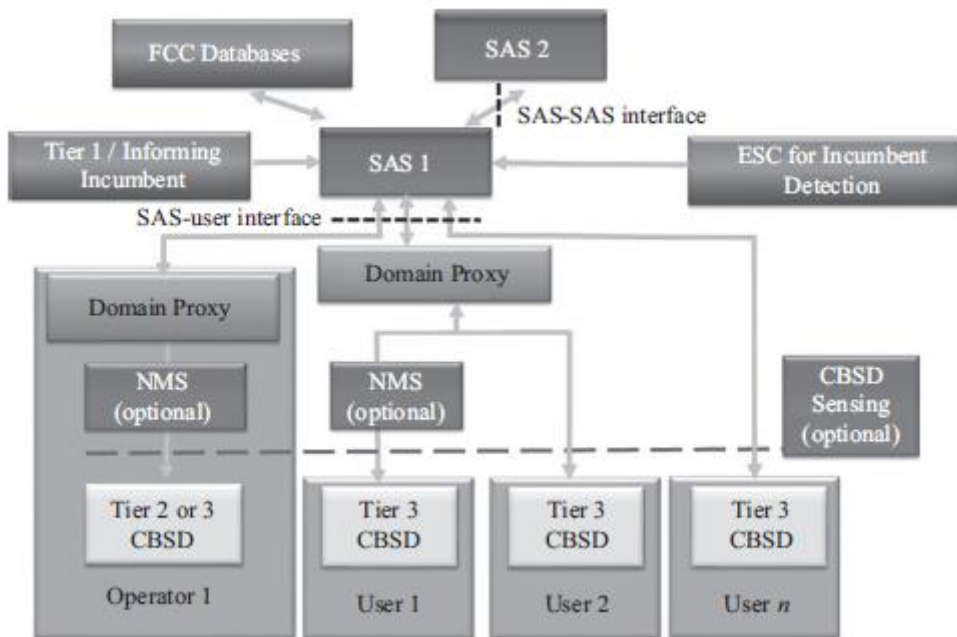
(AAS) mogą być wykorzystywane do zmniejszania rozmiarów stref wykluczenia i zakłóceń między użytkownikiem zasiedziałym a siecią mobilną poprzez optymalizację zasięgu i przepustowości sieci. Korzystając z AAS, rozmiar komórek może być automatycznie dostosowany i dostosowany do wydajności poprzez zmianę parametrów anteny, takich jak pochylenie, azymut lub kształt wiązki. Agregacja nośna (CA) umożliwia wykorzystanie zasobów radiowych na nośnikach wieloskładnikowych w celu zapewnienia szerszej efektywnej przepustowości dla użytkownika końcowego. Korzystając z urzędu certyfikacji, operator w paśmie LSA może być używany razem z operatorem w paśmie licencjonowanym, aby zapewnić dodatkową przepustowość swoim użytkownikom, bez ryzyka przerwania połączenia. Podwójna łączność umożliwia połączenie UE do zarówno istniejącej komórki FDD LTE, jak i komórki LSA TD-LTE w tym samym czasie. Pierwsza na świecie próba LSA dotycząca wymiany między LTE a operatorami zasiedziałymi w paśmie 2,3 GHz została pokazana w Finlandii w 2013 r. Rysunek 11.5 ilustruje ewolucję fińskiego procesu LSA.

2013	2014	2015
<ul style="list-style-type: none"> • World's first live LSA field trial • All LSA components available • Evacuation of LSA band • QoS measurements 	<ul style="list-style-type: none"> • TDD/FDD handover • Visualization • Multiple incumbent types • Small cells 	<ul style="list-style-type: none"> • Tracking of mobile incumbent • LSA Controller integrated to network management
		

W 2015 r. Fińskie testy LSA pokazały, w jaki sposób aplikacja mobilna może automatycznie śledzić obecnego użytkownika, a sieć komórkowa jest w stanie automatycznie dostosować się do tego. Dodatkowo wykazano nowy algorytm oszacowania interferencji, który może uwzględniać zagregowaną interferencję ze wszystkich stacji bazowych. Ta próba została zaprezentowana w celu udoskonalenia sterowania mocą w celu koordynacji zakłóceń między siecią LTE a obecnym systemem PMSE.

11.3.2 Aspekty techniczne CBRS

Głównym elementem technicznym CBRS jest SAS. Oprócz omówionych funkcji SAS, koncepcja CBRS składa się z połączonych z SAS baz danych spektrum, ESC, urządzeń CBRS (CBSD), urządzeń użytkowników końcowych (EUD) oraz opcjonalnie serwerów proxy domeny i systemu zarządzania siecią (NMS), jak pokazano na rysunku 11.6.



CBSD są stałymi lub przenośnymi stacjami bazowymi lub punktami dostępowymi lub sieciami takich stacji i mogą działać jedynie pod nadzorem i zarządzaniem scentralizowanego SAS wybranego SAS, który może być wielokrotny. Komisja zatwierdziła urządzenia CBRS (CBS) i musi zarejestrować w SAS informacje wymagane przez przepisy, np. Identyfikator operatora, identyfikację urządzenia i parametry oraz informacje geolokacyjne. W przypadku CBS jest zarządzana sieć, jak w typowym przypadku MNO, CBS obejmuje funkcjonalność serwera proxy domeny i zarządzania siecią. Serwer proxy może być czystym dwukierunkowym procesorem przetwarzania i routingu informacji lub bardziej inteligentną funkcją mediacji, np. łączenie małych komórek centrum handlowego lub hali sportowej z wirtualną jednostką BTS, która obejmuje centrum handlowe lub arenę sportową. Ta ostatnia opcja umożliwi elastyczną samokontrolę i optymalizację interferencji w takich sieciowych urządzeniach końcowych użytkowników (EUD), np. Telefony nie są uważane za CBS. SAS przypisuje widmo i dynamicznie określa i wymusza maksymalne poziomy mocy. do certyfikowanych CBS w określonym miejscu i czasie geograficznym, kontroluje środowisko interferencyjne i wymusza kryteria ochrony i strefy wyłączenia w celu ochrony użytkowników o wyższym priorytecie, a także zajmuje się rejestracją, uwierzytelnianiem i identyfikacją informacji użytkownika oraz wykonuje inne funkcje określone w Zasady FCC. Ponieważ użytkownicy IA mają podstawowe prawa do widma w każdym czasie i we wszystkich obszarach w porównaniu z PA i GAA, wszystkie CBS i EUD muszą być zdolne do dwukierunkowej komunikacji w całym zakresie 3,5 GHz i zaprzestania działania lub zmiany częstotliwości w kierunku SAS w celu ochrony IA. Obowiązkowe jest, aby wszystkie urządzenia CBS chroniły użytkowników IA w paśmie. W oparciu o naturę i krytyczne wymagania federalnego operatora zasiedziałego, FCC przyjęła zasady wymagające od ESC wykrycia zasiedziałej aktywności radarowej na obszarach przybrzeżnych iw pobliżu śródlądowych baz wojskowych w pasie 3,5 GHz i sąsiadującym z nim. Po wykryciu działania IA, ESC przekazuje te informacje do SAS, które w razie potrzeby mogłyby nakazać użytkownikom warstwy komercyjnej opuszczenie zasobu widma w ciągu 60 s w częstotliwości, miejscu lub czasie, który w pobliżu radaru federalnego IA stwarza ryzyko szkodliwego działania. ingerencja. Federalna ochrona IA zostanie wprowadzona w dwóch etapach: Po pierwsze, duży obszar kraju poza strefami wyłączeń statycznych będzie dostępny po tym, jak SAS zostanie zatwierdzony i komercyjnie dostępny przez FCC. W drugiej fazie strefy wyłączone zostaną przekształcone w strefy ochronne za pośrednictwem systemu ESC, dzięki czemu reszta kraju, w tym główne obszary przybrzeżne, stanie się dostępna. ESC składa się z jednej lub więcej komercyjnie obsługiwanych sieci

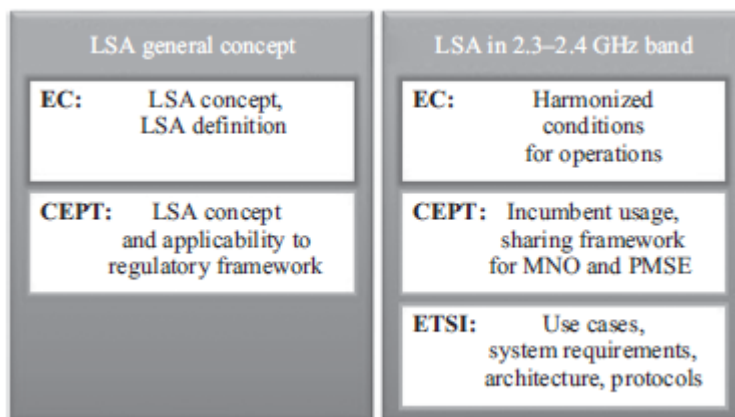
opartych na czujnikach lub opartych na infrastrukturze czujników CBSD, które byłyby wykorzystywane do wykrywania sygnałów z federalnych systemów radarowych w pobliżu stref zamkniętych. Potencjalni operatorzy ESC muszą zatwierdzić swoje systemy w tym samym procesie co administratorzy SAS i SAS. SAS uzyskałby informacje FCC, np. O zarejestrowanych lub licencjonowanych użytkownikach komercyjnych, obszarach strefy wykluczenia wymagających ESC z bazy danych FCC. Architektura funkcjonalna ma opcję informowania aktualnego przypadku, że federalna IA chce poinformować SAS przed planami wykorzystania widma w pewnym obszarze, np. Związany z planowanym wykorzystaniem widma w szkoleniu.

11.4 Współdzielenie statusu modelu w regulacji i standaryzacji

Następnie koncepcje dzielenia się LSA i CBRS omawiane są z perspektywy regulacyjnej, w tym standaryzacji, oraz statusów dwóch koncepcji w tych forach są recenzowane.

11.4.1 LSA

Działania regulacyjne i standaryzacyjne związane z LSA w Europie były jak dotąd skoncentrowane w paśmie 2,3-2,4 GHz z MNOs będącymi licencjobjorcami LSA i operatorami zasiedziałymi różniącymi się w zależności od sytuacji krajowej. Korzystanie z LSA jest sprawą ogólnokrajową jest regulowany przez krajowy organ regulacyjny, ale wydaje się, że zharmonizowane ramy pomagają w opracowaniu zharmonizowanego podejścia i rynku LSA w Europie. Szczegółowy opis różnych działań i obecnego stanu regulacji i standaryzacji LSA są udokumentowane. Omówienie tego przedstawiono na rysunku 11.7.



KE opracowała najpierw ogólną koncepcję LSA, wprowadzając ją, a następnie opracowując oficjalną definicję LSA. Ponadto WE rozpoczęła badania nad LSA w paśmie 2,3- 2,4 GHz, wydając zarówno upoważnienie do standaryzacji ETSI, jak i mandat regulacyjny do CEPT. W odpowiedzi na mandat regulacyjny, CEPT przedstawiła przegląd różnych obecnych usług w różnych krajach europejskich oraz istniejących przykładów wdrożenia. CEPT opracowała również ramy LSA ze zharmonizowanymi warunkami technicznymi i regulacyjnymi pomiędzy mobilnymi i programowymi i specjalnymi wydarzeniami (PMSE), bezprzewodowymi kamerami, które są najczęściej stosowanym obciążeniem dla zespołu. Ramy regulacyjne LSA w Europie dla pasma 2,3-2,4 GHz są gotowe do przyjęcia na poziomie krajowym, ale jak dotąd nie przeprowadzono żadnych wdrożeń. Jednak prowadzone są już próby, aby zapewnić administrację wykonalności koncepcji. ETSI opracował przypadki użycia, wymagania systemowe, architekturę i funkcje, przepływy informacji, procedury i interfejsy do operacji LSA na potrzeby mobilnego internetu szerokopasmowego w paśmie 2,3 GHz. W oparciu o badania przeprowadzone w ETSI i CEPT, EC zapewni zharmonizowane warunki dla operacji na 2,3-2,4 GHz. Będą one wiążące dla wszystkich państw członkowskich UE.

11.4.2 CBRS

CBRS to krajowa koncepcja zaproponowana przez FCC w USA. Kluczowe komunikaty polityczne raportu PCAST zostały dodatkowo wzmocnione w 2013 r. Memorandum mieszkaniowe stwierdzające, że . . . Musimy udostępnić jeszcze więcej spektrum i stworzyć nowe drogi dla innowacji bezprzewodowych. Jednym ze sposobów jest umożliwienie i zachęcanie do wspólnego dostępu do widma, który jest obecnie przydzielany wyłącznie do użytku federalnego. Tam, gdzie jest to technicznie i ekonomicznie wykonalne, dzielenie się może i powinno być wykorzystywane w celu zwiększenia wydajności wszystkich użytkowników i przyspieszenia komercyjnego dostępu do dodatkowych zakresów częstotliwości, z zastrzeżeniem odpowiedniej ochrony przed zakłóceniami dla użytkowników federalnych, . . . powinniśmy również dążyć do zniesienia ograniczeń w zakresie możliwości przewoźników komercyjnych w negocjowaniu umów o współdzieleniu z agencjami. Aby kontynuować te wysiłki, nadal chroniąc chronione zasiedziały systemy, które mają kluczowe znaczenie dla interesów federalnych i wzrostu gospodarczego, niniejsze memorandum nakazuje agencjom i biuram przyjęcie szeregu dodatkowe działania w celu przyspieszenia wspólnego dostępu do widma. Po intensywnych dyskusjach i konsultacjach z branżą opublikowano FCC Raport i kolejność oraz drugie dalsze zawiadomienie o proponowanych przepisach w celu ustalenia nowe zasady wspólnego korzystania z pasma 3,550-3,650 MHz w kwietniu 2015 r. FCC postrzega otwarcie pasma 3,5 GHz jako "nowy rozdział w historii administracji jednego z najcenniejszych zasobów naszego narodu – elektromagnetyzmu widmo radiowe." Struktura definiuje sąsiedni blok 150 MHz na 3550-3 700 MHz dla mobilnego Internetu szerokopasmowego (MBB), który FCC nazywa Citizens Broadband Radio Service (CBRS). Zakres częstotliwości 3,550-3,650 MHz jest obecnie przydzielany do użytku przez systemy radarowe Departamentu Obrony USA (DoD) i Fixed Satellite Services (FSS) podczas gdy operatorzy widma w zakresie 3650-3 700 MHz to FSS i komercyjne bezprzewodowe usługi szerokopasmowe. FCC określa CBRS jako "zespół innowacyjny", w którym mogą przypisać spektrum do komercyjnych systemów MBBB na zasadzie współdzielenia z zasiedzianymi systemami radarowymi i FSS oraz promować różnorodność heterogenicznych technologii sieciowych, w szczególności małych komórek. Neutralność technologiczna CBRS będzie w szczególności odgrywać rolę w oportunistycznych poziomach autoryzacji dostępu (GAA), otwierając nowe możliwości. Ramy udostępniania w CBRS obejmują trzy poziomy: istniejący dostęp (IA), priorytetowy dostęp (PA) i ogólny autoryzowany dostęp (GAA), jak pokazano na rysunku 11.3. Obowiązkiem wszystkich użytkowników CBRS (użytkowników PA i GAA) będzie ochrona użytkowników IA w paśmie. Użytkownicy PA otrzymają licencję PA (PAL) od FCC do obsługi do 70 MHz segmentu widmowego 3,550-3,650 MHz i są chronione przed szkodliwymi zakłóceniami z operacji GAA. Użytkownicy PA otrzymują krótkoterminowe upoważnienie priorytetowe do działania w wyznaczonych obszarach geograficznych z PAL, takimi jak kanał sparowany 3 rokiem 10 MHz, na pojedynczym torze spisowym, nagradzanym licytowaniem konkurencyjnym. Tylko podczas pierwszego okna aplikacji wnioskodawca może ubiegać się o maksymalnie dwa kolejne trzyletnie warunki dla danego PAL. Licencje będą mogły pomieścić nie więcej niż cztery PAL w jednym przewodzie spisowym jednorazowo. Zapewni to dostępność widma PAL przynajmniej dwóm licencjonowanym użytkownikom w obszarach geograficznych o największym zapotrzebowaniu. PAL są przypisywane określone częstotliwości w ich obszarze usług, a ich przypisanie częstotliwości nie powinno być kontrolowane dynamicznie przez SAS. Jednak częstotliwość środkowa może się różnić w zależności od istniejącej aktywności. Pod koniec okresu obowiązywania PAL automatycznie wygasa i nie może zostać przedłużony. Trzecia warstwa GAA będzie działała zgodnie z ramami licencjonowanych reguł i będzie dozwolona w paśmie 150 MHz bez żadnej ochrony przed zakłóceniami od innych użytkowników CBRS. Ta struktura ma na celu ułatwienie szybkiego wdrażania zgodnych z wymogami małych urządzeń komórkowych przy jednoczesnym zminimalizowaniu administracyjnych kosztów i obciążeń dla społeczeństwa, licencjobiorców i FCC. Użytkownicy GAA mogą używać wyłącznie certyfikowanych

urządzeń FCRS z certyfikatem CBRS i muszą rejestrować się w SAS z informacjami wymaganymi zgodnie z przepisami, np. Identyfikatorem operatora, identyfikacją urządzenia i informacjami geolokacyjnymi. Urządzenia CBRS (CBSD), które są stałymi stacjami (punktami dostępowymi) lub sieciami takich stacji, będą dynamicznie przydzielane widmem przez wybraną przez FCC SAS, która może być wielokrotnością. Sprzęt użytkownika, np. Telefony komórkowe, nie są uważane za urządzenia CBSD. SAS kontroluje środowisko interferencyjne i wymusza strefy wyłączenia, aby chronić użytkowników o wyższym priorytecie, a także zajmuje się rejestracją, uwierzytelnianiem i identyfikacją informacji o użytkowniku. Ponieważ użytkownicy IA mają podstawowe prawa dostępu do widma przez cały czas i we wszystkich obszarach na PA i GAA, wszyscy użytkownicy CBRS muszą być zdolni do działania w całym paśmie 3,5 GHz i zaprzestania działania lub zmiany częstotliwości w kierunku SAS w celu ochrony IA. Automatyczne przydzielanie kanałów przez SAS będzie po prostu wiązało się z instrukcjami dla tych użytkowników, aby używali określonego kanału, w określonym miejscu i czasie, w zakresie 3550-3 700 MHz. W oparciu o naturę i krytyczne wymagania federalnego operatora zasiedziałego, FCC przyjęła zasady, aby wymagać funkcji wykrywania środowiska (ESC) do wykrywania federalnego wykorzystania widma w pasmie 3,5 GHz i sąsiadującym z nim. Opcjonalne GAA bez ochrony przed zakłóceniami od innych użytkowników CBRS ma na celu zapewnienie taniego wejścia do pasma CBRS dla szerokiej gamy użytkowników i usług, podczas gdy operacje systemu PAL muszą czekać na rozpoczęcie procesu aukcyjnego po 600\$ Oficjalne aukcje na mecie na 2016 r. Tymczasem FCC zachęciła grupy wielopodmiotowe do rozważenia różnych kwestii poruszonych w przepisach. Komitet ds. Udostępniania widma WIREless iNNovation Forum (WInnForum) z przedstawicielami mobilnego internetu szerokopasmowego, bezprzewodowego dostępu szerokopasmowego, Internetu i ekosystemów obronnych rozpoczął wstępną pracę normalizacyjną nad interfejsami między systemem MBB a działaniami SAS ukierunkowanymi na umożliwienie współdzielenia CBRS w 2016 r. Punktem wyjścia do ewentualnego przyszłego dostosowania systemów LSA i CBRS WInnForum jest wymiana informacji pomiędzy organizacjami normalizacyjnymi (ETSI, 3GPP) w zakresie pasma 3,5 GHz oraz obsługa systemu zarządzania siecią dla LSA. Rząd USA początkowo zidentyfikował dodatkowe 2 GHz spektrum poniżej 6 GHz należące do DoD i innych użytkowników do przyszłego wspólnego wykorzystania komercyjnego warunkowo, jeśli udostępnianie widma na 3,5 GHz zakończy się sukcesem. To otwiera drogę, aby licencjonowane spektrum udostępnić trzeciemu głównemu nurtu spektrum licencjonowania użytkownikom komercyjnym, uzupełniając tradycyjne wyłączone licencjonowanie i dostęp do nielicencjonowanego widma. FCC ma wizję powtórzenia sukcesu Wi-Fi poprzez obniżenie bariery wejścia QoS bariery wejścia dla nowych uczestników i pionów, np. Przedsiębiorstwa, zakłady użyteczności publicznej, służba zdrowia, bezpieczeństwo publiczne, inteligentne miasta.

11.5 Względy biznesowe

Wraz z transformacją w kierunku dzielenia się, branża komunikacji mobilnej jest świadkiem różnorodnych przejść, które wpływają na sposób prowadzenia biznesu w branży. Zrozumienie środowiska biznesowego wokół udostępniania dla mobilny internet szerokopasmowy jest ważny dla rozwoju realistycznych koncepcji dzielenia się widmem Trendy omówione powyżej w kontekście biznesowym prowadzą do powstania i ekosystemowego "myślenia o gospodarce dzielenia się" w ramach mobilnego internetu szerokopasmowego, gospodarki, która wymaga warstwowego i sieciowego spojrzenia na modele biznesowe. Aby zrozumieć transformację, warstwowy model biznesowy 4C składający się z modeli biznesowych łączności, treści, kontekstu i handlu przedstawia przeplatające się możliwości biznesowe i modele biznesowe. Są różne zainteresowane strony i sposoby prowadzenia biznesu na różnych poziomach. Dostępne usługi mobilnego dostępu szerokopasmowego umożliwiają oferowanie różnych usług związanych z treścią, takich jak usługi audio i wideo. Usługi kontekstowe stają się istotne w obfitości usług związanych z treścią, np. W postaci usług wyszukiwarek,

aby użytkownicy końcowi mogli znaleźć treści, których szukają, lub w formie dostarczania informacji kontekstowych, takich jak informacje o dostępności widma dla operatorów MNO w LSA lub dla użytkowników PA w ramach CBRS. Usługi handlu z kolei opierają się na platformach, w których interesariusze zaangażowani w układy LSA lub CBRS kupują lub sprzedają w sposób ciągły w czasie rzeczywistym dowolną z usług niższej warstwy lub oferują użytkownikom końcowym możliwość zostania prosumentami. Ogólnie rzecz biorąc, w przypadku współdzielenia operatorów tradycyjnych istnieje możliwość zwiększenia prawa do korzystania z widma w dłuższej perspektywie, ponieważ dopuszczają oni dodatkowych użytkowników w paśmie, kontynuując własną działalność. Mogłoby to również umożliwić budowanie dodatkowych źródeł dochodu i umożliwić korzystanie z infrastruktury MNO, a tym samym osiągnąć oszczędności w inwestycjach infrastrukturalnych. Jeśli chodzi o operatorów sieci ruchomych, współużytkowanie może pomóc w uniknięciu lub obniżeniu kosztów widma, otworzyć nowe źródła przychodów z usług, zwiększyć skalowalność zasobów infrastruktury i pomóc w wykorzystaniu profili klientów. Dla innych interesariuszy uczestniczących w wymianie, takich jak wewnętrzni dostawcy usług komunikacyjnych (CSP) lub integratorzy, chmura oparte na sieci jako usługa może otworzyć nowe możliwości biznesowe. Podobnie, dostarczanie informacji kontekstowych, np. Dotyczące dostępności widma, może tworzyć nową klasę usług potrzebnych w mobilnym ekosystemie szerokopasmowym.

11.5.1 Aspekty biznesowe LSA

Przeprowadzono szeroko zakrojone prace badawcze nad aspektami biznesowymi koncepcji LSA, polegającej na dzieleniu się między urządzeniami mobilnymi a operatorami zasiedziały. Ekosystem biznesowy wokół LSA koncentruje się głównie na MNO, NRA i operatorach zasiedziały. Obowiązują tu dwa typy operatorów zasiedziały i operatorów sieci ruchomych, urzędnicy państwowi (OG) i prywatni operatorzy (PI), a także dominujący i motywujący operatorzy sieci ruchomej. Wcześniejsze rozważania biznesowe dotyczące LSA przedstawiono na rysunku 11.8.



Przede wszystkim dla krajowych organów regulacyjnych LSA stwarza okazję do promowania innowacji, zagwarantowania sprawiedliwego dostępu do widma, odpowiedzi na zapotrzebowanie na widmo przez operatorów sieci komórkowych oraz utrzymania rozsądnych poziomów cen na rynkach konsumenckich. Osiągalne korzyści operatora zasiedziały od LSA mogą być utożsamiane z uzyskaniem lepszej pozycji w możliwych negocjacjach realokacji widma oraz zwiększeniu obrotu i potencjału zysku, np. Poprzez wykorzystanie infrastruktury operatorów sieci ruchomej. Istotnie, operator zasiedziały może przyjąć strategię obronną lub agresywną dotyczącą udostępniania [24], zwiększyć efektywność kosztową w istniejących przedsiębiorstwach lub wygenerować nowe dochody z nowych możliwości biznesowych. W podobny sposób mogą przyjąć otwartą lub zamkniętą strategię dotyczącą swojego systemu, skupić się na konwergencji technologii i przedsiębiorstw lub na zabezpieczeniu krytycznej infrastruktury. W przypadku operatorów telefonii komórkowej szybki i tani

dostęp do dodatkowego widma w sposób efektywny pod względem kosztów i potencjalnie bez dodatkowych zobowiązań dotyczących zasięgu może przynieść korzyści zarówno ze strony kosztowej, jak i dochodowej modelu biznesowego. Modele biznesowe MNO są prezentowane dominującym i stawiającym wyzwania MNO. Dominujący MNO mogą lepiej wykorzystywać segmentację klientów indywidualnych i korporacyjnych, gdy szukają wzrostu lub unikają dodatkowych kosztów. Po stronie operacyjnej dominujące systemy zarządzania danymi klienta i usługami dla operatorów sieci ruchomych oraz dynamiczne funkcje zarządzania ruchem zyskują na znaczeniu w LSA w porównaniu z tradycyjnymi modelami biznesowymi. Dla zaawansowanych operatorów telefonii komórkowej szansą jest pozyskanie klientów od dominujących operatorów sieci ruchomych, w szczególności z dostosowanymi lub specyficznymi usługami dla wybranych klientów, dzięki lepszemu doświadczeniu klientów lub w obszarach, w których dominujący MNO mają mniejszą koncentrację. Aby wyciągnąć wnioski na temat biznesowych aspektów LSA, główne otwarte pozycje są zachętami dla dotychczasowych podmiotów, ponieważ koncepcja LSA opiera się na dobrowolności. Co więcej, modele biznesowe dla operatorów sieci ruchomej są otwarte, ponieważ najwięksi operatorzy sieci komórkowych preferują ekskluzywne widmo na wspólnym widmie i nie promują udostępniania. Dlatego skalowalność modeli biznesowych opartych na LSA jest bardziej ograniczona biznesowo w porównaniu z CBRS, ponieważ opiera się głównie na warstwie połączenia

11.5.2 Aspekty biznesowe CBRS

Ekosystemem biznesowym wokół CBRS jest znacznie bardziej wszechstronny w porównaniu z podstawowym podejściem LSA. Jednak do chwili obecnej nie ma zbyt wielu opublikowanych materiałów dotyczących rozważań biznesowych dotyczących CBRS. Rysunek 11.9 przedstawia uproszczoną ilustrację ekosystemu biznesowego wokół koncepcji CBRS i kluczowych interesariuszy. Po stronie organizatora CBRS, rozporządzenie (FCC) i organizacje normalizacyjne (WInnForum itp.) Odgrywają kluczową rolę w definiowaniu zasad i warunków oraz zharmonizowanych podejść do spełnienia tych wymagań, a także zdolności SAS i ESC w zapewnieniu dostępności widma. Informacje dla użytkowników CBRS. Po stronie użytkowników pasma CBRS, trzy warstwy praw dostępu do pasma 3,5 GHz są przechowywane przez różnych interesariuszy. Przykładowo, współrzędnościowe kanały międzykanałowe obejmują, na przykład, radar, FSS, usługę lokalizacji radiowej (RLS), bezprzewodową usługę szerokopasmową, i radar oraz FSS jako sąsiednich operatorów kanałów. Jako uczestnicy zapewniający CBRS, są operatorzy warstwy PA i operatorzy warstwy GAA, którzy mogą być również tymi samymi graczami, a także dostawcami sprzętu CBRS. W ramach systemowych zmiana taka jak wprowadzenie CBRS, wszyscy interesariusze w ekosystemie biznesowym odgrywają istotną rolę w przyjęciu nowej koncepcji CBRS i ogólnie dzielenia widma. Ponadto, przy opracowywaniu i analizowaniu ram możliwości, trzy dziedziny regulacji, biznesu i technologii, mające wpływ na koncepcję dzielenia się widmem, powinny przebiegać w parze. Zidentyfikowaliśmy umożliwiające, ograniczające i stawiające wyzwania elementy dotyczące możliwości biznesowych dla operatorów sieci ruchomej w kontekście CBRS, które są omówione poniżej i wymienione w tabeli

Elementy ramek biznesowych

- Regulatorzy rozważający wspólne ramy widma w UE i USA
- Wspólna alokacja widma poprawia ogólną efektywność wykorzystania widma
- Brak wyłącznego spektrum wyzwala nowe podejścia do dostępu do widma
- Konsumenci Nawyki konsumpcyjne MBB zmieniają się w kierunku asymetrycznym korzystanie z wielu urządzeń

- Uwolnienie inwestycji w spektrum, infrastrukturę sieci i usługi
- Dodatkowe niższe możliwości kosztowe, aby poradzić sobie z asymetrycznym ruchem i poprawić wydajność
- Może obniżyć bariery wejścia dla zaawansowanych operatorów telefonii komórkowej i nowego rodzaju operatorów
- Lepsze spektrum QoS może zwiększyć gęstą działalność w obszarach miejskich
- Dodatkowa zdolność GAA do rozładunku
- Zharmonizowana baza technologii LTE umożliwia optymalizację zasobów heterogenicznych sieci i oferuje skalę
- Duże możliwości analizy danych i danych z domeną internetową
- Potrzeba globalnych i krajowych regulacji poza Stanami Zjednoczonymi może spowolnić wejście . Harmonizacja jest warunkiem wstępnym do skalowania i pełnego wykorzystania potencjalnych korzyści.
- Konieczna standaryzacja funkcjonalności SAS dla potrzeb technologii IMT
- Ograniczona dostępność widma i przewidywalność ogranicza działalność MNO możliwości
- Niewyraźne lub brakujące rzeczywiste zachęty dla obecnych operatorów federalnych
- Federalne zasiedziały specjalne wymagania w szczególności związane z bezpieczeństwem i potrzebami do wykrywania
- Stopień dzielenia się informacjami krytycznymi biznesowo (MNO) i tajemnicą informacji (urzędnik federalny) i potrzebny system ESC
- Wpływ na model wyłącznego licencjonowania widma i jego dostępność w przyszłości
- Niepewność i ryzyko związane z regulacją w czasie, okresie, licencjach i elastyczność tworzy ryzyko i naraża operatora sieci ruchomej na kontynuowanie inwestycji.
- Atrakcyjny i dynamiczny rynek widma o potencjalnie niższych kosztach transakcji.
- Może zwiększać i zmieniać konkurencję. Nowi operatorzy i inne domeny biznesowe.
- Zwiększona złożoność techniczna i operacyjna (SAS) z powiązaniem kapitałem i koszty operacyjne
- Nowe kompetencje i możliwości potrzebne do zarządzania siecią i optymalizacja
- Terminowa dostępność terminali i potencjalny wpływ na koszty i złożoność

Elementy biznesowe i technologiczne można zidentyfikować jako czynniki umożliwiające współtworzenie wartości. Szybko rosnący popyt i brak ekskluzywnego spektrum w połączeniu z drastycznymi zmianami w nawykach konsumpcyjnych będą zachęcać do przyjęcia nowych, bardziej elastycznych i wydajnych koncepcji zarządzania widmem. Ramy radykalnie rozpraszają inwestycje w widmo, infrastrukturę sieci i usługi, które umożliwiają nowe usługi i modele biznesowe. Co więcej, różne programy podziału spektrum mają duże znaczenie w programach organów nadzorczych, których celem jest obniżenie bariery wejścia na widmo dla nowych rodzajów operatorów, którzy mogliby rozważyć wejście do bezprzewodowego Internetu szerokopasmowego. Wykorzystanie skali i harmonizacji ekosystemu LTE zredukuje dojrzałość technologii związanej z ryzykiem i zapewni

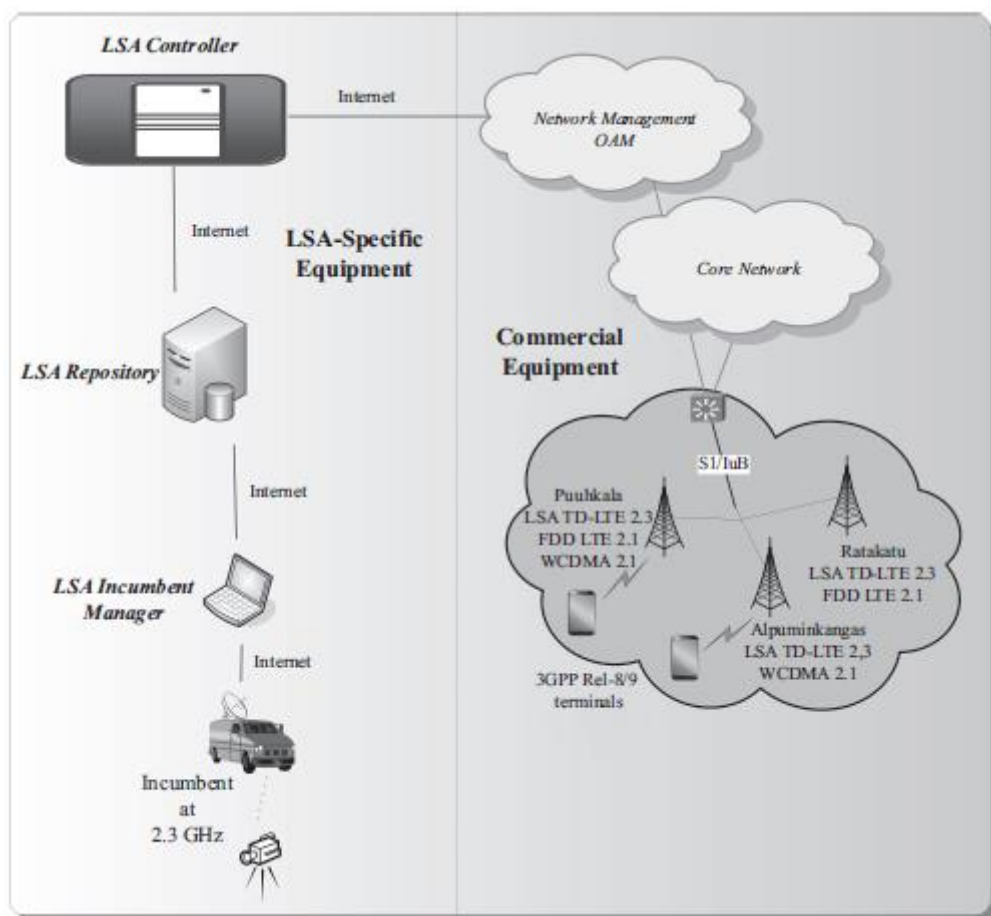
narzędzia do bezproblemowej integracji dodatkowej przepustowości z heterogenicznymi sieciami MNO, np. Za pośrednictwem technologii Carrier Aggregation (CA), LTE Unlicensed (LAA) i samoorganizującej się sieci. Funkcje analizy dużych danych będą odgrywać główną rolę w radzeniu sobie z dynamiką SAS i umożliwieniu niskich kosztów transakcyjnych. W odniesieniu do czynników ograniczających, rozsądne, zrównoważone i zharmonizowane otoczenie regulacyjne może być ograniczeniem, którym należy się zająć, zanim MNO będzie mógł współtworzyć i współtworzyć wartość z nim z partnerami ekosystemowymi. Ograniczona dostępność częstotliwości w zakresie częstotliwości, czasu lub lokalizacji z potencjalnym ograniczeniem i niepewnością może negatywnie wpłynąć na prognozy MNO dotyczące wspólnego użytkowania i wyceny widma. Specyficzną pozycją technologiczną, którą należy wziąć pod uwagę, jest stopień informacji biznesowych (MNO) i misji (DoD), które są niezbędne do udostępniania i wynikającej z tego potrzeby systemu ESC. Oprócz możliwości związanych z operatorami ruchomymi istotne jest rozważenie wzajemnych zachęt dla obecnych posiadaczy widma federalnego w celu dalszego przejścia na CBRS. Ryzyko polityczne i niepewność to główne elementy konkurencyjnych wyzwań w dziedzinie konkurencji. Rozdrobniona struktura rynku krajowego i globalnego pozbawia korzyści skali i zakresu, podnosząc koszty i hamując innowacje w ekosystemie. Ponadto wprowadzenie modeli współdzielenia może mieć wpływ na obecny model MNO w zakresie wyłącznego licencjonowania widma i jego dostępność w przyszłości. Złożoność struktury CBRS, w szczególności SAS, może mieć wpływ na wartość widma i wymagany czas odzyskania inwestycji sieciowych. W dziedzinie kompetencji MNO muszą zwracać uwagę na dynamiczne możliwości potrzebne do wdrażania, zarządzania i optymalizacji wielowarstwowych heterogenicznych sieci w warunkach udostępniania. Tradycyjne wsparcie MNO dla widma 3,5 GHz w ich sieciach ma kluczowe znaczenie dla zachęcenia producentów układów i urządzeń do obsługi całego pasma 3,5 GHz w konkurencyjnych terminalach. Atrakcyjny i dynamiczny rynek widma o potencjalnie niższych kosztach transakcji może się zwiększyć i zmienić konkurencję, np. poprzez wprowadzenie nowych typów operatorów lokalnych i innych domen. Podsumowując, aby zrealizować potencjał biznesowy CBRS, operatorzy MNO mają okazję do jednoczesnego współtworzenia i współtworzenia wartości z podmiotami ekosystemowymi w konkurencyjnym środowisku biznesowym, w którym istnieje współpraca (widmo) i konkurencja (klienci i usługi) równoległe do siebie. MNO są w wyjątkowej sytuacji, aby wykorzystać dodatkowe wielopoziomowe oferty CBRS. Szybszy dostęp do zoptymalizowanego widma zoptymalizowanego pod kątem małych komórek QoS, bez obowiązkowych obowiązków dotyczących zasięgu, pomoże im na czas poradzić sobie z rosnącymi asymetrycznymi potrzebami w zakresie danych. Dodatkowe skalowalne i elastyczne zasoby widma wykorzystujące technologie LTE pozwolą operatorom sieci komórkowych lepiej utrzymać i rozbudować istniejącą bazę klientów, zmieniając popyt i zwyczaje konsumentów, oferując usługi różnicujące i odkrywając nowe pionowe segmenty. W odniesieniu do modeli biznesowych w ramach CBRS, niektóre uwagi dotyczące można przedstawić modele biznesowe MNO i CSP. W przypadku MNO możliwości biznesowe w CBRS przypominają LSA: unikaj kosztów lub uzyskaj dodatkowe możliwości. Jednak klienci MNO mogą teraz być lepiej sprofilowani niż segmentować, jak to ma miejsce w przypadku LSA. Oczekujemy, że rola zarządzania doświadczeniami klientów będzie jeszcze bardziej widoczna w CBRS, a także można oczekiwać, że schematy cenowe i taryfikacyjne operatorów sieci ruchomej będą budowane w celu lepszego profilowania klientów. Ciekawym przypadkiem są nowo powstające wewnętrzne "mikrooperatorzy" lub CSP, którzy mogą w określonych "zamkniętych" lokalizacjach, takich jak centra handlowe lub kampusy, zapewniać doskonałe lokalne usługi. W związku z tym klienci indywidualni mogą korzystać z kontekstowych segmentów klientów za pomocą dostosowanych pakietów usług, takich jak połączona łączność i określona treść. W zamkniętych kontekstach łączność może być oferowana za darmo dla klientów, ponieważ klienci korporacyjni, tacy jak reklamodawcy lub inne strony trzecie, mogą pokryć koszty usługi, a klienci korporacyjni z kolei mogliby być zainteresowani zakupem "hurtowej" łączności z lokalnego CSP. . Można również przewidywać, że operatorzy sieci

ruchomej i dostawcy usług publicznych niekoniecznie zawsze będą ze sobą konkurować, ale będą od siebie zależni. Na przykład, operatorzy sieci ruchomych mogli czasami udostępniać swoje usługi łączności lub usługi billingowe wyłącznie dla dostawców CSP. Omawiając skalowalność modelu biznesowego w artykule CBRS stwierdza się, że koncepcja CBRS ułatwia skalowalność modelu biznesowego nie tylko w modelach biznesowych warstwy łączącej, ale także zapewnia lepsze możliwości modelom biznesowym opartym na treści i kontekście, które pomyślnie się powiodą.

11.6 Wyniki

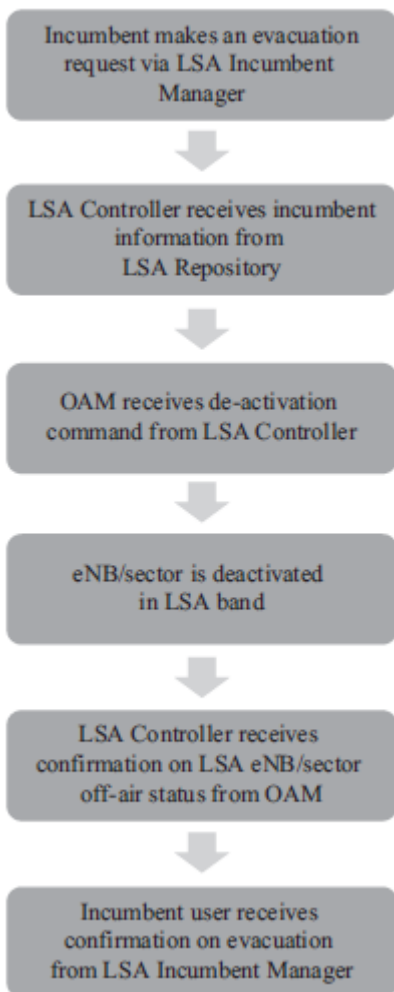
11.6.1 Implementacja referencyjna LSA

Pierwsza na świecie referencyjna implementacja koncepcji LSA w paśmie 2.3-2.4 GHz została opracowana w Finlandii w 2013 r., Jak pokazano na rysunku 11.10,



w celu dzielenia się usługami LTE i PMSE. Jest to kombinacja elementów, które są dostępne na rynku lub specjalnie zaprojektowane dla LSA pojęcie. Wyposażenie komercyjne w środowisku próbnym LSA obejmuje komórkową sieć LTE, która składa się z dostępow radiowych zgodnych z 3GPP i rzeczywistej sieci rdzeniowej. Od 2013 r. Środowisko testowe LSA zostało rozszerzone o trzy zmienione czasowo LTE (TD-LTE) rozwinięte NodeBs (eNB) z pięcioma sektorami i kilkoma mniejszymi komórkami zlokalizowanymi w Centria w Ylivieska w Finlandii. Te eNB działają w paśmie częstotliwości LSA 2,36-2,40 GHz. Środowisko testowe zawiera także eNB z duplexowaniem z podziałem częstotliwości LTE (FDD-LTE) z czterema sektorami, które zapewniają zasięg na tym samym obszarze z wykorzystaniem pasma 2,1 GHz. Węzły eNB zapewniają wsparcie dla przekazywania TD i FDD oraz równoważenia obciążenia. Wszystkie eNB są połączone z siecią szkieletową LTE i są zarządzane przez komercyjny system operacyjny, administracyjny i zarządzający (OAM). Dostępne są gotowe wielostanowiskowe

urządzenia użytkownika (UE) LTE, które obsługują dual-mode LTE i zapewniają bezproblemowe przekazywanie TD-FDD. Oprócz sprzętu komercyjnego, fińskie środowisko testowe LSA zawiera komponenty specyficzne dla LSA opracowane do testów, w tym LSA Incumbent Manager, Repozytorium LSA i kontroler LSA. LSA Incumbent Manager to specjalne narzędzie opracowane, aby pomóc dostawcy usług PMSE w rezerwowaniu częstotliwości poprzez składanie wniosków o ewakuację w prosty i bezpieczny sposób za pośrednictwem aplikacji na telefon komórkowy lub przeglądarki internetowej. Użytkownik zasiedziałego widma może zarezerwować pasmo poprzez złożenie żądania ewakuacji poprzez ustawienie następujących informacji w przeglądarce internetowej: lokalizacja w interfejsie mapy, typ łącza, zakres częstotliwości nadawania oraz okres czasu rezerwacji. Aplikacja internetowa umożliwi starszemu użytkownikowi zażądanie wielu zabezpieczeń z wyprzedzeniem, zgodnie z planowanym użyciem w przyszłości. Korzystając z aplikacji mobilnej, operator zasiedziały może złożyć wniosek o ewakuację zgodnie z aktualną pozycją. Aplikacja mobilna korzysta z GPS, aby zlokalizować zasiedziałego użytkownika na żądanie. Po uzyskaniu szczegółów rezerwacji LSA Incumbent Manager przesyła informacje zasiedziałego użytkownika do repozytorium LSA. Proces ochrony może również obejmować algorytmy służące do maskowania rzeczywistego wykorzystania obecnego użytkownika, jeśli jest to konieczne. Repozytorium LSA to baza danych zawierająca aktualne informacje na temat pasm widmowych LSA wraz z warunkami korzystania z każdego pasma. Gromadzi, przechowuje i zarządza danymi na temat wykorzystania widma w paśmie LSA dla różnych czasów i lokalizacji geograficznych. Dodatkowo repozytorium LSA zawiera informacje, np. o kontrolerach LSA, licencjach i obecnym łączu i typy sprzętu. Po zmianie aktywności użytkownika zasiedziałego, repozytorium LSA przekazuje go do kontrolera LSA, umożliwiając sieci MNO reagowanie na zmiany. Kontroler LSA zapewnia koncesjonariuszowi LSA środki umożliwiające dostęp do widma i automatyczne kontrolowanie sieci w odniesieniu do zmian w aktywności użytkownika zasiedziałego. W przypadku pojawienia się operatora zasiedziałego w obszarze operacyjnym sieci LSA LTE, kontroler LSA wykorzystuje informacje zasiedziałego użytkownika otrzymane z repozytorium LSA i podane odległości ochrony w celu obliczenia dotkniętych eNB / sektorów w paśmie LSA. Odpowiednio, kontroler LSA wysyła polecenia deaktywacji / aktywacji do OAM. Po usunięciu przez operatora zasiedziałego żądania ewakuacji od obecnego operatora lub z góry ustalonego okresu ewakuacji kontroler LSA wyśle żądanie aktywacji do OAM. Fińskie testy LSA ewoluowały iteracyjnie, aby przedstawić bardziej skomplikowane konfiguracje LSA od czasu jego wprowadzenia w 2013 r. W kilku publicznych testach w latach 2014-2015 przedstawiono ulepszone funkcje obejmujące śledzenie operatora telefonii komórkowej, ulepszone algorytmy ochrony zasiedziałej oraz kontroler LSA zintegrowany jako samoorganizujące się sieci (SYN) w systemie zarządzania siecią. funkcje różnych komponentów LSA, opisane powyżej, mogą być przedstawione jako różne fazy procesu ewakuacji w paśmie LSA, jak pokazano na rysunku 11.11.



Po pierwsze, operator widma zasiedziałego przesyła żądanie ewakuacji do LSA Incumbent Manager, który z kolei przekazuje te informacje do repozytorium LSA. Repozytorium LSA przechowuje informacje w bazie danych i przekazuje je do odpowiedniego kontrolera LSA. Na podstawie informacji o zasiedziałym użytkowniku otrzymanym z repozytorium LSA, kontroler LSA oblicza, które eNB lub sektory w paśmie LSA zostaną naruszone. Kontroler LSA przekazuje odpowiednie polecenie de aktywacji do OAM. OAM następnie wykonuje plan radiowy deaktywacji dla dotkniętych eNB / sektorów w paśmie LSA, albo blokując eNB / sektory dotknięte LSA, wyłączając w ten sposób ich interfejsy powietrzne, albo stosując płynne wyłączenie, gdy moc eNB / sektorów LSA stopniowo zmniejsza się przed zablokowaniem całkowicie go wyłączyć. W obu przypadkach UE są przekazywane innym sieciom, aby nie zakłócać ich działania. Następnie OAM kończy wykonywanie planu radiowego i rozpoczyna kontrolę stanu eNB / sektora LSA, którego wynik jest wysyłany do kontrolera LSA. Gdy wszystkie potrzebne eNB / sektory LSA osiągną status powietrza, sterownik LSA zostanie zakończona ewakuacja i przekazuje uzupełnione informacje ewakuacyjne do repozytorium LSA. Wreszcie, operator widma zasiedziałego otrzymuje potwierdzenie ewakuacji od obecnego menadżera LSA.

11.6.2 Ocena wydajności LSA

Opisana powyżej implementacja referencyjna LSA została przetestowana, a pierwsze pomiary wydajności procesu ewakuacji w paśmie LSA zostały przedstawione w celu oceny zaangażowanych skal czasowych dla różnych faz przepływu procesu przy użyciu oryginalnej konfiguracji LSA.

Pomiary uwzględniają blokowanie eNB /sektory w dwóch oddzielnych przypadkach: normalna ewakuacja, w której jeden eNB / sektor jest zablokowany lub ewakuacja awaryjna, w której zablokowane są wszystkie 3 eNB / 5 sektorów. Po rozważeniu ewakuacji wszystkich sektorów za pomocą pojedynczego polecenia w środowisku próbnym LSA (tj. Ewakuacji awaryjnej), odprawa zespołu trwa prawie w tym samym czasie, jednak wymaga więcej niż 10 sekund, aby potwierdzenie dotarło do operator zasiedziały. W bardziej szczegółowej analizie skali czasu wyniki pomiarów można podzielić na opóźnienia z platformy LSAresearch i opóźnienia pochodzące z komercyjnego OAM LTE. Pierwotne opóźnienie dla jednego eNB / sektora 61 s składa się z 20,6 s z badań i 40,4 s z platform komercyjnych. Pierwotne opóźnienie ewakuacji ewakuacyjnej z 76 s obejmuje 33 s z badań i 43 s z platform komercyjnych. Opóźnienia po stronie sprzętu komercyjnego wynikają z rozpoczęcia uruchamiania planowania planu radiowego do momentu, w którym moc nadawania LTE zniknie z kanału, po czym dostarczanie planu radiowego nadal trwało przez 9-10 sekund. Opóźnienie z komercyjnego sprzętu można zminimalizować za pomocą wcześniej zatwierdzonych planów radiowych, aby skrócić czas wykonania operacji dostarczania. Można również zauważyć, że dostarczenie planu radiowej deinstalacji wielosieciowej zajmuje tylko około 3 więcej sekund niż pojedyncza komenda lokacji, co jest obiecujące dla zarządzania większymi sieciami LSA. Powyższe pomiary pochodziły z oryginalnych konfiguracji LSA w latach 2013-2014. Kontroler LSA z ulepszonymi funkcjami ochrony zasiedziały. W nowej konfiguracji LSA, LSA Controller został wdrożony jako rozwiązanie SON zintegrowane z komercyjnym systemem zarządzania siecią, w tym ulepszone algorytmy sterowania mocą w celu zoptymalizowania stref ochrony dla istniejącej ochrony przy maksymalizacji dostępności pasma LSA dla MNO. Pomiary wydajności ulepszanego układu LSA pokazały, że do ewakuacji pierwszej komórki zajęło 21 s od zgłoszenia żądania ewakuacji aż do wyczyszczenia pasma. Dodatkowe 13 s były potrzebne, dopóki potwierdzenie operacji ewakuacji nie było widoczne dla operatora zasiedziały. Średni czas ewakuacji dla optymalizacji strefy ochronnej wynosił 24 s, a wdzięczna rekonfiguracja mocy 58 s, które są uważane za odpowiednie szczególnie w przypadku użycia PMSE w paśmie 2,3-2,4 GHz. Fińskie środowisko testowe LSA można rozbudować, aby pokazać również trójwymiarowy model udostępniania. Pierwsze publiczne testy CBRS zostały zaprezentowane na konferencji IEEE GLOBECOM 2015, prezentującej różne poziomy praw dostępu i sposób, w jaki sieć LTE może reagować na obecną działalność

11.7 Perspektywy na przyszłość i wnioski

W niniejszej części podsumowano status europejskiej koncepcji LSA w paśmie 2,3-2,4 GHz oraz trzypoziomą koncepcję współdzielenia widma w USA w celu zapewnienia łączności CBRS w paśmie 3,5 GHz z wykorzystaniem SAS z perspektywy regulacji, biznesu i technologii. Dotychczasowe rozwinięcie koncepcji LSA koncentrowało się na wykorzystaniu pasma 2,3-2,4 GHz przez systemy komunikacji mobilnej na zasadzie współdzielonej, zapewniającej przewidywalne warunki QoS dla operatorów zasiedziały, które różnią się w zależności od konfiguracji krajowej. Możliwość udostępnienia LSA w paśmie 2,3- 2,4 GHz do dzielenia się została udowodniona w Finlandii, a ramy regulacyjne są gotowe do przyjęcia. W przypadku krajowego rozmieszczenia potrzebna jest bardziej szczegółowa analiza konkretnych operatorów w danym kraju, w tym wyprowadzenie wystarczających i praktycznych kryteriów ochrony. Kolejnym obszarem zastosowań LSA, który będzie badany w Europie po pasmie 2,3-2,4 GHz, jest pasmo 3,6-3,8 GHz, w którym rozpoczęto badania.