

АГРЕГАЦИЯ ПРИ БЕЗЖИЧНИТЕ СТАНДАРТИ LTE-U И WiFi

Георги Димитров, Йордан Сивков, ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", Варна

LTE-U AND WiFi CARRIER AGGREGATION

Georgi Dimitrov, Yordan Sivkov, Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna

Abstract: Latest scientific research in the wireless communications standards include an approach development that will allow WiFi users to hop over to licenced LTE frequency bands. The idea is when unlicenced LTE bands become overcrowded these frequencies to be utilized for data transfer. A cognitive radio technology scans for available spectrum, that is free in order to allow WiFi user to "jump" in the licenced free LTE frequencies each milisecond. After such WiFi user identifies an available allocation in the licenced band, connection is established and data transfer is initiated. Test on WiFi connectivity reach up to 160% increase in performance than the rest, as latency periods are reduced to zero. It is expected every real network to double its capacity with the utilization of the WiFi spectrum.

Key words: WiFi users, LTE frequency bands, LTE-U, data throughput, performance, aggregation, spectrum.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Агрегацията (лат. *aggregatio* "присъединяване") представлява процес на обединяване на елементите на една система. В теорията на комуникациите агрегирането се приема за технология на обединяване на няколко физически системи или канали за предаване на информация. По този начин се изгражда нова стратегия за разширяване на възможностите на потребителите и подобряване на икономическите показатели на обектите при обединението им в групи. Мобилните устройства се възползват по най-добър начин от предимствата на бързите 4G мрежи, които вече се предлагат от големите оператори и в България. Очаква се до края на десетилетието да се появят и първите мрежи от пето поколение 5G. Докато това се случи, WiFi Alliance разработва нова интересна технология която използва така наречения "нелицензиран спектър на Интернет". Qualcomm е един от най-големите участници в проекта, който вече разкри плановете си да разработи мобилен процесор, поддържащ този диапазон за новите LTE Unlicensed (LTE-U) мрежи, според SlashGear [2]. Важно е да се отбележи, че този спектър се използва, не е празно пространство и днес той съответства на обхвата в 5GHz диапазон, в която оперират Wi-Fi мрежите и за в бъдеще ще се използва и от LTE-U. По този начин, новата технология ще предложи много повече възможности, в сравнение с три гигахер-

цовата лента при набиращите популярност мрежи LTE Advanced. Едно от предимствата за потребителите и мобилните оператори е че "нелицензираният" спектър е безплатен за всички. Една от големите цели на проекта на Wi-Fi Alliance е да се открие най-доброто решение, което да позволи на Wi-Fi и LTE-U да оперират съвместно в хармония, без това да предизвиква проблеми. Qualcomm се ангажират с разработването на подобен метод, който би донесъл много ползи на потребителите, докато работят с безжичните Wi-Fi мрежи, тъй като LTE-U много по-ефективно използва този спектър [1].

2. СЪЩНОСТ НА РАЗГЛЕЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕН ПОДХОД

Целта на настоящата статия е да се сравнят показатели при използването понастоящем мобилни мрежи с показателите на мрежите работещи в LTE-U диапазона, като се изтъкнат съответните предимства. Технологията LTE-U ще позволи на доставчиците на мобилни услуги да надхвърлят покритието си като използват нелицензиран обхват от 5 гигагерца, където всъщност са WiFi устройствата. Мобилните оператори T-Mobile и Verizon Wireless първи в света през 2016 година откриват интереса на потребителите и възможността да се приложи такава комбинация (вж. фиг. 1). Макар доставчиците на клетъчни услуги обикновено да разчитат на радиочестотния спектър до който имат изключителни права,



Фиг. 1. Агрегация на LTE и WiFi

LTE-U ще споделят пространство с Wi-Fi оборудване което вече работи в този банд - смартфони, лаптопи и таблети, свързващи се към домашни или служебни широколентови мрежи, свободни точки за достъп, предоставени от предприятията и т. н.

LTE-U е предназначен да позволи клетъчните мрежи да стимулират високоскоростното предаване на данни на къси разстояния, без да се изисква от потребителя да използва отделна Wi-Fi мрежа, както обикновено. Разликата от безжичните мрежи се състои в това че контролният канал остава на LTE, а целият останал поток от данни се пренася през пет гигагерцовия банд, вместо да ползва честотите на оператора.

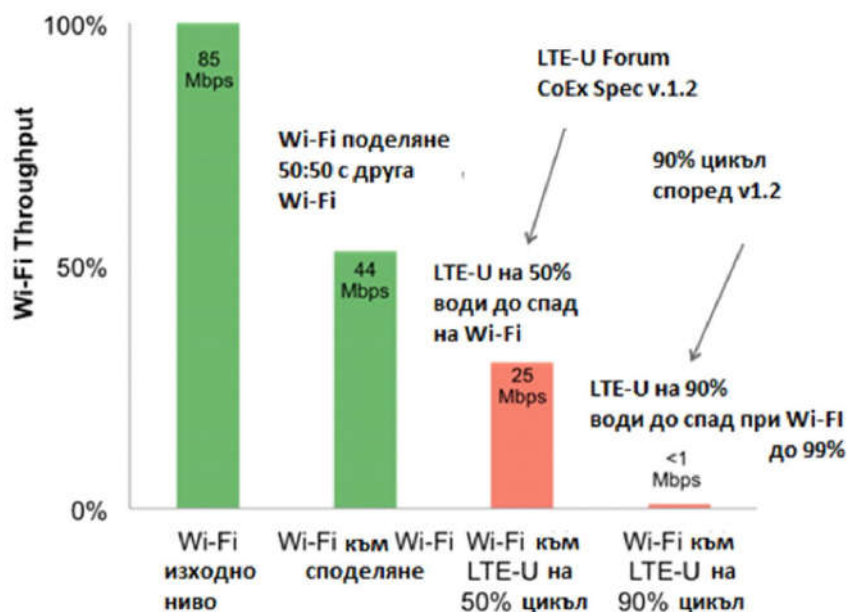
Клетъчните оператори на мобилни услуги се сблъскват с непрекъснато нарастващото търсене на ресурс за услугите. Една от областите представлява радиочестотния спектър в честотната лента от 5 GHz, който се използва предимно за Wi-Fi. В продължение на години между мобилните и Wi-Fi интернет доставчиците е имало пререкание за това дали добавянето на LTE потребители за тези честоти ще попречи на работата на Wi-Fi мрежите. За да се промени ситуацията, Instituto de Telecomunicacoes [3] от Португалия прави изследвания и описва стратегия, която може да помогне на LTE и Wi-Fi потребителите да намерят споразумение - претоварените канали на Wi-Fi да се прехвърлят на лицензирани LTE канали, когато пространството на нелицензираните канали се изчерпа. Ако този подход успее след проучвания и провеждане на реални тестове, тази концепция може да помогне на LTE-U да преодолее политическите и техническите пречки. Такава идея е предложена още през 2012 г. от Qualcomm. За първи път Qualcomm и клетъчни доставчици на услуги [2] откриват възможност да преместят LTE трафика в друг обхват по време на натоварените периоди, така че да се запази качеството на услугите и да се осигури добро покритие за клиентите. Това разширяване на мрежата те са нарекли LTE-U

поради използването на честоти в нелицензираната част на спектъра.

3. ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ НА ТЕХНОЛОГИЯТА

Според идеята потребителите на WiFi могат да се включат към лицензираните честоти на LTE банда, с цел изпращане на данни в момента когато се претовари нелицензираната част от спектъра. Според работната група тази част от клиентите ползващи предаване на данни могат да се обозначат като WiFi-Lic. Прилага се когнитивна радио технология, която да сканира и "опознае" свободен ресурс в спектъра, който не се ползва, така че да може потребителите на WiFi да се включат в LTE банда всяка милисекунда. Веднъж ако такъв WiFi потребител идентифицира свободен канал, се "закача" към него и започва да го ползва. В момента в който не се прехвърлят данни или се появи LTE потребител който да ползва лицензиран канал, клиентът се "откача" от честотата. Проведени са симулации в 5 GHz обхват с цел демонстриране на това как може да работи такава стратегия при която има петдесет потребителя с десет WiFi рутера и една 4G LTE базова станция. Всеки ползвател изпраща многократно 0.5 мегабайта файл с данни за определен период от няколко дена. В края на проучването тестовите с WiFi-Lic постигат 160 процента повече пропускателна способност с периоди на изчакване сведени до нула, отколкото без такова прехвърляне. В резултат на проучването [3] може да се очаква една реална мрежа грубо да удвои капацитета си използвайки WiFi-Lic.

Кабелните доставчици изразяват недоволство, защото това означава потребителите на LTE да се конкурират за части от нелицензирания спектър (особено тези, при 5 GHz), които традиционно доставят Wi-Fi. Противниците като Google и нестопанския Wi-Fi Alliance изразяват опасение, че добавянето на LTE устройства на едни и същи честоти с Wi-Fi потребителите ще доведе до интерференция и смущения.



Фиг. 2. Пропускателна способност на технологиите

Една от причините за тази "загриженост" е че устройствата с Wi-Fi са програмирани да споделят трафик с други устройства, които използват същия рутер. Тези устройства са "толерантни", което означава, че те ще регулират собствената си консумация така че да може друг потребител да ползва мрежата. Това е и причината Wi-Fi мрежите да бавят по отношение на скорост когато повече хора се присъединят (вж. фиг. 2).

Този факт говори не за полза при потребителите на безжични мрежи до момента в който ползвателите на LTE обхваща преминават в нелицензираната част от честотния спектър. LTE устройствата нямат никакъв механизъм за изчакване и споделяне на ресурсите и от своя страна ще изместят Wi-Fi клиентите далеч назад. Опонентите на тази теория считат като цяло че пропускливостта ще бъде ниска и ще са налице дълги периоди на изчакване. За решаването на тази дилема, Шахид Мумтаз [3] от Instituto de Telecomunicações провежда изследване и предлага технологичен подход чрез който да съществува симбиоза между двете групи. Според проучвания в Intel Labs [4] от Рави Белакришнан притежаващ опит в когнитивните радио технологии резултатите биха изглеждали скептично.

Една милисекунда, което всъщност е продължителността на LTE суб-цикъла изглежда прекалено малък период за потребител на Wi-Fi, който да може да открие слот, да се закачи към него и да предаде данни. Това означава и сложен и сериозен хардуер, който се очаква да струва скъпо. Според проучване на Vienna University of Technology in Austria, [5] WiFi-Lic възможностите се отнасят по скоро за мрежи доставяни от самия LTE мобилен оператор, отколкото за домашно ползване. За момента технологията е приложима само за прехвърляне

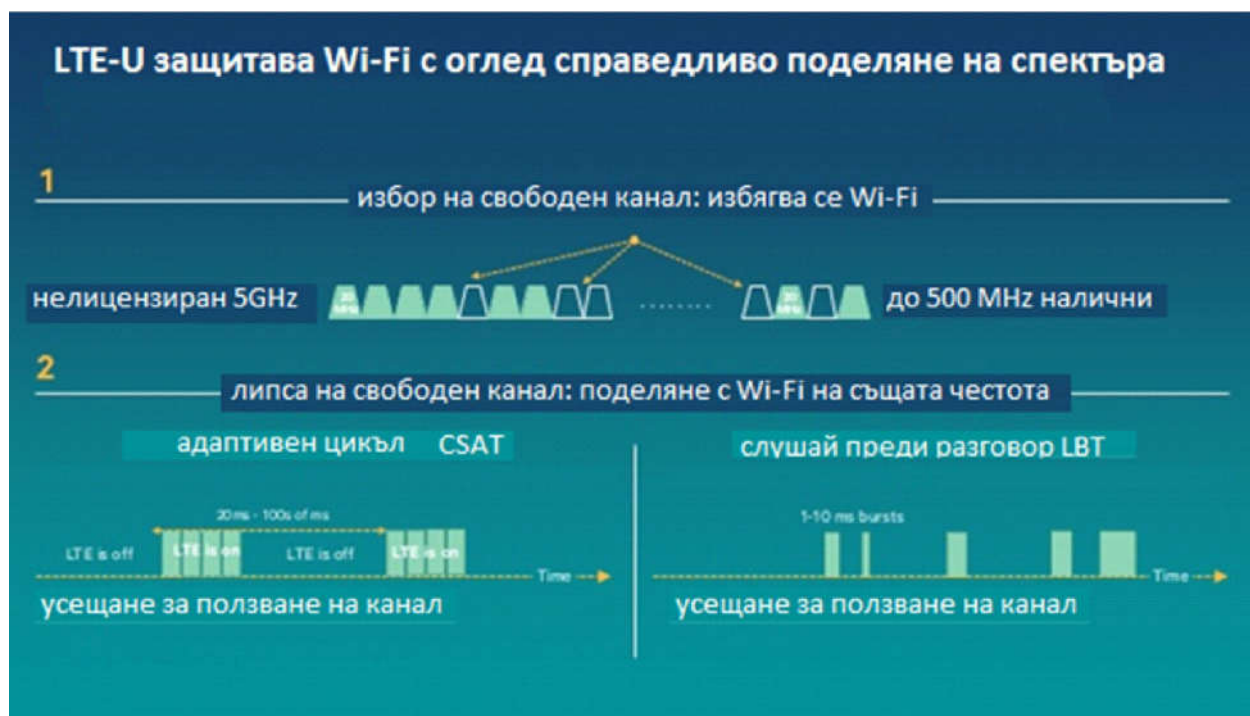
на данни, но не и за стрийминг.

4. ИЗВОДИ

Като обобщение на проучванията на Instituto de Telecomunicações [3] все повече WiFi мрежи ще бъдат разширявани от доставчиците на LTE мобилни услуги, като WiFi-Lic се очаква да бъде валидирана и патентована. Мрежите с LTE потребители не се очаква в скоро време да се разтоварят. Qualcomm притежава вече одобрение от Федералната комисия на САЩ по комуникации за провеждане на експерименти с оборудване на LTE-U. За да се получи ефективно съвместно "съществуване" и ползване на пет гигагерцовия обхват се препоръчват следните изисквания при прилагане на LTE-U, когато не е необходимо LBT (вж. фиг. 3):

- да се избере канал с най-малко интерференция;
- периодичен мониторинг на използването на канала;
- преизбиране на канали при необходимост;
- избягване на LTE-U канали със силна свързаност към други оператори ако е възможно.

Агрегацията при безжичните стандарти LTE-U се разработва с цел разширяване на ефективността на въздушния интерфейс LTE в нелицензирана лента, за да осигури стабилен контрол и по-висока спектрална ефективност. В същото време този обхват може да се съвместява с всяко Wi-Fi внедряване. При силно уплътнена Wi-Fi мрежа, когато се ползва LTE-U с протокола LTE CA на 3GPP Rel.10 се демонстрира следната тенденция. Когато даден оператор прави избор на носител на LTE / Wi-Fi чрез агрегиране на LTE + LTE-U това води до значително подобрение на производителността по отношение на скоростта на данните. Подобрението на



Фиг. 3. Разпределяне на честотния ресурс

производителността идва от комбинацията на усъвършенствани техники като H-ARQ и по-висока ефективност на MAC, дължаща се на универсалното честотно използване при LTE. При изграждане на Wi-Fi мрежа, ако част от близките възли са заменени с възли на LTE-U, оставащата производителност на мрежата не е по-лоша от преди, като в много случаи се подобрява пропускателната способност на традиционната Wi-Fi конфигурация.

Техниките за съвместно съществуване са практически лесно осъществими. При набор от добри алгоритми за съвместна работа нивото на защита, което LTE-U възлите осигуряват може да бъде по-добро от това, което предлага самият Wi-Fi. LTE-U оборудването се очаква да премине през стриктни процедури за тестване и съвместна работа.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Nordrum Amy*, "How cognitive radio can help LTE-U and WiFi..." Jul 2016 IEEE Spectrum
URL: <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/wireless/how-cognitive-radio-can-help-lteu-and-wifi-users-get-along>
2. *Torres JC* SlashGear Reviews Mar 2017 "Mobile operators are hunting for extra radio waves to carry their customers' wireless signals"
URL: <https://www.slashgear.com/tags/qualcomm/>
3. *Shahid Mumtaz*, Instituto de Telecomunica??es, "Comment la radio cognitive peut aider LTE-U et Wifi Les utilisateurs obtiennent le long"
URL: <https://www.cyberlistserver.com/comment-la-radio-cognitive-peut-aider-lte-u-et-wifi-les-utilisateurs-obtiennent-le-long/>
4. *Balakrishnan Hari* et al. MIT Computer Science and Artificial Intelligence Lab Cambridge, Massachusetts, "WiFi, LTE, or Both? Measuring Multi-Homed Wireless Internet Performance" URL: <https://dspace.mit.edu/openaccess-disseminate/1721.1/99718>
5. *Rupp M.* Vienna LTE-A Simulators Technische Universitaet Vienna
URL: <https://www.nt.tuwien.ac.at/research/mobile-communications/vienna-lte-a-simulators/>