

## Подход за повишаване на QoS в хибридни безжични мрежи, базирани на WiFi и WiMAX

Венета Алексиева, Радослав Вробел

*An Approach for increasing of QoS in hybrid wireless networks, based on WiFi and WiMAX: In this paper is proposed a model for synchronization between end devices and serving base stations, which choose from the available networks based on higher bandwidth. Through simulations it is proved that the application of the proposed approach reduces delays during communication especially during transmission of traffic with large capacity.*

**Key words:** Heterogeneous wireless network (HWN), WiFi, WiMAX, QoS.

### ВЪВЕДЕНИЕ

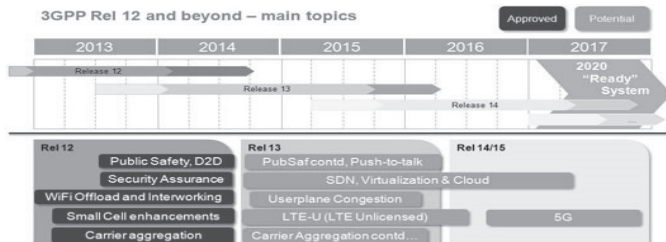
Благодарение на IEEE 802.21 [5] съвременните безжични мрежи постигат конвергенция на различни видове безжични технологии (Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, ZigBee и 2.5G, 3G, 4G клетъчни мрежи), позволяват безпроблемна комуникация и с традиционните кабелни платформи на конкретен производител, но не дават възможност за лесно постигане на оперативната съвместимост, необходима за високо качество на услугите (QoS) на цялостната комуникация. Постигането на мобилност между различните решения е за сметка на ограничени QoS гаранции по време на предаване: допуска се прекъсване на трафика на потребителите; има значителна латентност, както и твърде много по обем съобщения за сигнализация; заделя се значително време за обработка на служебна информация, както и значителни ресурси и закъснения при установяването на маршрутите; получава се твърде висок процент загуба на пакети дори и при критични приложения.

В настоящия доклад се представя анализ на възможностите за реализация на хибридни безжични мрежи на база на популярни безжични технологии и се предлага подход за повишаване на QoS на такава комуникация. Извършени са експерименти, доказващи приложимостта на предлагания подход.

### СЪСТОЯНИЕ НА УСЛУГИТЕ ЗА ШИРОКОЛЕНТОВ ДОСТЪП

Един от основните приоритети пред Европейските страни в програмата „Horizon 2020” [3] е „осигуряване на бърз и свръх-бърз Интернет на всички граждани на Европейския съюз”, като за постигането му у нас е разработена “Национална стратегия за развитие на широколентовия достъп в Република България 2012 - 2015” [10], където са посочени и основните цели, касаещи развитието на широколентовия пренос.

Разработваната от 3GPP технология Long Term Evolution (LTE) [6], рекламирана като 4G технология, не изпълнява в пълна степен изискванията на IMT Advanced [2]. На фиг.1 е представена визията на 3GPP [1] за развитие на технологиите за широколентов достъп в следващите години. В момента се развиват D2D комуникации (устройство към устройство), за да осигурят свързаност извън покритието на мрежата или при прекъсвания в нея при природни бедствия. Осигуряват се мултикастни комуникации за група потребители, като се планира развитие на функционалност на база push-to-talk комуникация. В близко време се планира развитието на smart meter технологии (част от M2M комуникации(машина към машина)), които до момента работят основно с GSM и GPRS технологиите, като целта е да се постигне конвергенция в рамките на доставчиците на M2M по отношение на тенденциите в трафика и нуждите на системата. Изследванията ще се насочат към радио оптимизации, които да позволят по-ниска цена на LTE чипсети.



**Фиг. 1 – Основните функции, планирани за разработване и график за изпълнението им от 3GPP [1]**

В последните години технологията Mobile WiMAX (IEEE 802.16e-2005) също се рекламира като 4G технология и предлага скорости от порядъка на 128 Mbit/s и 56 Mbit/s съответно в низходяща и възходяща посока за 20 MHz радиочестотен канал. Спецификацията Mobile WiMAX Release 2.0 се базира на изискванията на стандарта IEEE 802.16m и отразява изискванията на IMT-Advanced за 1Gbit/s скорости за фиксирани и 100Mbit/s за мобилни потребители. Тези изисквания поставят редица предизвикателства пред доставчиците на услуги за безжичен достъп:

- Оптимизиране на динамичния избор на най-добрите интерфейси на мулти-интерфейсните устройства, съгласно потребителските изисквания и ограниченията в моделите на устройствата, като консумация на енергия, потребителски такси и специфични за отделните приложения изисквания за QoS (закъснения, латентност, пропускателна способност);
- Скалируемост на работа на милиарди устройства в безжичната мрежа;
- По-добра гъвкавост от тази, предоставена от досегашната Интернет маршрутизация за редица критични приложения.

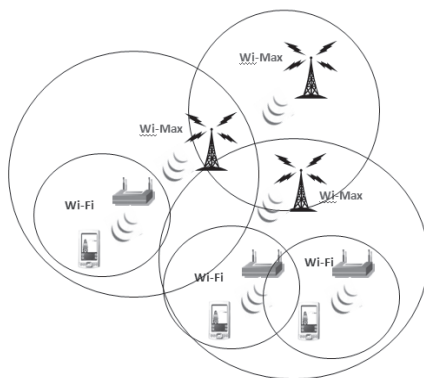
Република България е сред водещите държави-членки на ЕС по показателя, отразяващ дела на предоставяните фиксирани широколентови линии със скорости равни или по-високи от 2 Mb/s и съответно 10 Mb/s [4]. В Европа и по света утвърден доста по-масово, отколкото WiMAX (18% за 2012г. [4]), е LTE (над 25% за 2012г. [4]), като в Полша през 2013г. достига 35% покритие на страната [7], но в България от петте големи доставчици, получили лиценз за тези честоти („Нексом България“, „Макс Телеком“, „М-Тел“, „1 one“ и „Кериър БГ“), единствено „Макс Телеком“ реализира първия 4G LTE пренос на данни едва през септември 2013.

За разлика от LTE, в България WiMAX е внедрен и действащ, затова и доставчиците се стремят към намиране на решения за оптимизация и осигуряване на гарантирано QoS без допълнителни сериозни инвестиции. Едно такова решение е използването на хибридни мрежи, на база на т.н. hot-spot точки за достъп.

### **ХЕТЕРОГЕННИ БЕЗЖИЧНИ МРЕЖИ - СЦЕНАРИИ ЗА ОПЕРАТИВНА СЪВМЕСТИМОСТ**

В глобален аспект хетерогенни безжични мрежи се ползват за наблюдение на границите на държавата, при трансгранично преследване на престъпници или при съвместни операции, които се провеждат на територията на други държави при извънредни ситуации, изискващи подкрепа от екипи на пожарна, военни, медицински екипи от други държави, които се нуждаят от непрекъсната връзка с центъра за управление, намиращ се в изпращащата страна. Тези комуникации изискват високи нива на сигурност, криптиране на данните и непрекъснатост на комуникацията.

В локален аспект използването на хетерогенни безжични мрежи се свързва например с възможността за минимизиране на разходите чрез използване на VoIP в налична WiFi мрежа вместо клетъчна комуникация и лесното преминаване от едната към другата без прекъсване на разговора.



**Фиг. 2 – Сценарии, представящи оперативна съвместимост в хетерогенни безжични мрежи**

На фиг.2 са представени възможни сценарии, представящи оперативната съвместимост между отделните безжични мрежи:

- комуникация между устройства в WiFi мрежи без покриване на области;
- комуникация между устройства в WiFi мрежи с покриване на част от областите, като устройствата се намират в припокриващата се област;
- комуникация между устройства в WiFi мрежи с покриване на част от областите, като устройствата се намират в неприпокриващите се области.

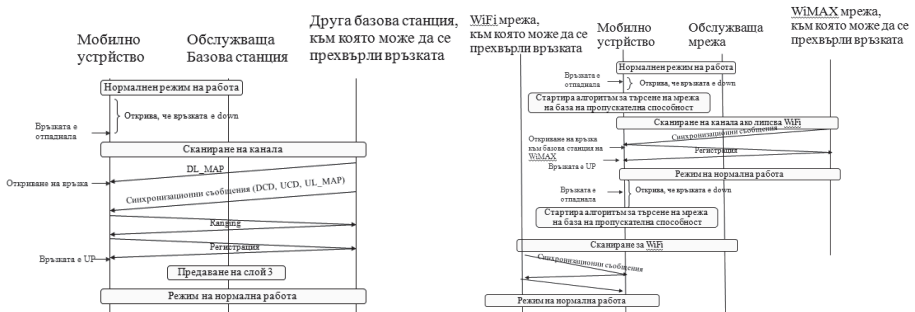
В основата на всяка от тези мрежи стоят няколко изисквания:

- Прилагане на комбинация от mobileIP и решения на слой 3 на OSI модела, които изискват оптимизации и разширения, за да осигурят по-бързо и лесно предаване между тях;
- QoS по отношение на закъснение, пропускателна способност и минимални загуби;
- Запазване на едно и също ниво на сигурност при преминаване от една мрежа към друга.

### **МОДЕЛ НА ОБМЯНА НА СЪОБЩЕНИЯ В ХЕТЕРОГЕННИ БЕЗЖИЧНИ МРЕЖИ**

Моделът на обмяна на съобщения на мобилно устройство с устройства при комуникация само в WiMAX мрежа, е представен на фиг.3 (вляво). Преди разпадането на връзката с текущата базова станция мобилното устройство сканира за потенциални базови станции, към които да се свърже веднага при отпадане на връзката с нея. Това би могло да се осъществи като сканиране без предварително асоцииране; сканиране с асоциация, базирана на определяне на разстоянието до други възможни базови станции за връзка (Ranging); сканиране с асоциация към конкретен предпочитан слот; сканиране с асоциация на база на обменената информация с базовите станции.

В настоящия доклад се предлага модел на обмяна на съобщения на мобилното устройство с устройствата в хетерогенна безжична мрежа, базирана на WiMAX и WiFi, който е представен на фиг.3 (вдясно). Преди разпадането на връзката в текущата мрежа мобилното устройство сканира за потенциални мрежи, към които да се свърже веднага при отпадане на връзката с нея. Алгоритъмът за избор на предпочитана мрежа е на база на пропускателна способност. Така при наличие на няколко точки за достъп за WiFi, ще бъде избрана тази с най-добър сигнал, а при наличие на WiFi и WiMAX мрежа, ще бъде предпочетена WiFi мрежата. По този начин WiMAX ще бъде избран само в случай на липса на точки за достъп към WiFi.



**Фиг. 3 – Модел за сканиране на канала за минимизиране на броя на разпаданите връзки в WiMAX мрежа и модел на комуникация в хетерогенна безжична мрежа**

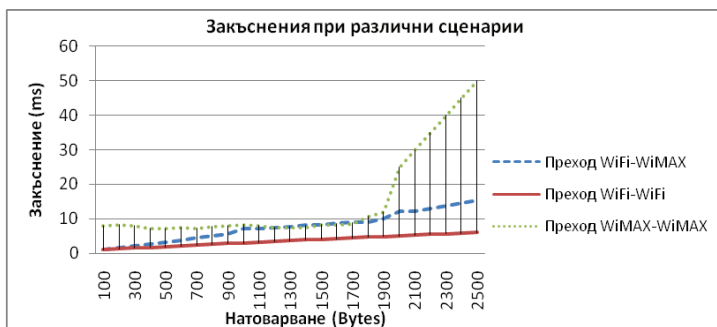
Този модел гарантира приоритетния избор на връзка с по-високо QoS при наличие на алтернативни възможности. Очаква се прилагането му да повиши производителността при комуникация в хетерогенни мрежи.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

За целите на изследванията е използван разработения от WiMAX Forum NS-2 модул на WiMAX за свободно ползване [9], в чиито модули са направени необходимите модификации. За симулация на предаването на пакети на опашков принцип е използван методът `transfert_packets` във файла `scheduling/wimaxscheduler.cc`. Дефинициите на съобщенията са във файла `mac802_16pkt.h`, а за манипулиране големината на пакетите и изпращаните съобщения е преработен файла `mac802_16pkt.cc`.

Извършена е симулация на част от мрежата, представена на фиг.2 с 3 базови станции, свързани през различни рутери към една и съща кабелна опорна мрежа, към която са свързани и 3 точки за безжичен достъп, поддържащи стандарт 802.11g. Времето, което е необходимо на мобилното устройство да сканира за базова станция или точка за достъп е 500ms, а данновия поток представлява трансфер на видео (49600 bytes/s). Мобилното устройство е установило връзка с една от точките за достъп и попада в участък, където има покритие от друга точка за достъп и две базови станции със следните параметри, избрани на база измерени реални стойности от WiMAX мрежата на "Nexcom" [8] в централната част на гр.Варна:

- 1)  $l_s = 8 \text{ ms}$ ,  $l_a = 110 \text{ ms}$ ,  $t_{st} = 118 \text{ ms}$ ,  $B_{exp} = 4$ ,  $N_{cs} = 1 \text{ slot/frame}$ ,  $T_f = 4 \text{ ms}$
- 2)  $l_s = 16 \text{ ms}$ ,  $l_a = 306 \text{ ms}$ ,  $t_{st} = 314 \text{ ms}$ ,  $B_{exp} = 6$ ,  $N_{cs} = 2 \text{ slot/frame}$ ,  $T_f = 8 \text{ ms}$



**Фиг. 4 – Закъснение и общо време за сканиране в експерименталната мрежа**

Получените резултати за закъсненията са представени на фиг.4. Когато натоварването на връзката се увеличава, се налага да се буферират данните, защото се използва напълно достъпната bandwidth. Фоновият (служебният) трафик не е засегнат, но това не може да се представи на графиката.

Получените резултати дават основание да се направи заключение, че представеният подход за оптимизиране на производителността в хетерогенни безжични мрежи избира мрежата с по-добра пропускателна способност при сканиране за преминаване към друга входна точка към мрежата, а в резултат се намаляват закъсненията при предаване на трафик с големи обеми.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В доклада е направен анализ на състоянието и перспективите за развитие на WiMAX и LTE услуги за широколентов достъп. На база на анализа е предложен модел за синхронизация в хетерогенна безжична мрежа (WiMAX и WiFi) между мобилни устройства и обслужващите ги мрежови устройства за избор на входна точка на база на по-добра пропускателна способност. Експериментално е доказано, че прилагането на предложения подход при преминаване към друга входна точка на мрежата намалява закъсненията при предаване на трафик с големи обеми, т.к. избира от достъпните мрежи тази, която предлага най-добра пропускателна способност.

Цел на бъдеща работа е изследване на настоящия подход в други хетерогенни системи и при WiMAX система с диференциация на трафика, като е осигурено минимално натоварване за всички класове услуги на база на приоритети.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] B. Bertenyi, 3GPP system standards heading into the 5G era//Eurescom message. The magazine for telecom insiders, Spring 2014, pp.9-11.

[2] Document IMT-ADV/1-E, Background on IMT-Advanced, ITU Radiocommunication Study Groups, ps. 3, 7 March 2008.

[3] EUR-Lex. Access to European Union law, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX:12012E/TXT>

[4] European Commission, Commission Staff Working Document, Digital Agenda Scoreboard 2013, CHAPTER 2, Brussels, 12.06.2013, p.34

[5] IEEE 802.21, <http://www.ieee802.org/21/>.

[6] LTE: capacity and cell-edge performance improvements, February 2014, <http://www.3gpp.org/>.

[7] M. Blommestein, 4G in Europe. <http://www.zdnet.com/4g-in-europe-how-far-how-fast-and-how-much-is-lte-in-poland-7000009818/>

[8] Nexcom, <http://wimax.nexcom.bg/bg/checkthecoverage/>

[9] NIST, <http://www.antd.nist.gov/seamlessandsecure/download.html>

[10] Национална стратегия за развитие на широколентовия достъп в Република България 2012 – 2015, <http://www.mtict.government.bg/upload/docs/AktualiziranaStrategia.pdf>

### **За контакти:**

гл. ас. д-р инж. Венета Панайотова Алексиева, Катедра "Компютърни системи и технологии", Технически университет Варна, тел.: 052-383439, e-mail: VAleksieva@tu-varna.bg

Radoslaw Wrobel PhD, Wroclaw University of Technology, Poland, e-mail: radoslaw.wrobel@pwr.edu.pl

**Докладът е рецензиран.**