

Контролен механизъм за приемане на заявки в планировчика за разпределение на ресурсите в LTE мрежи

Венета Алексиева

Admission Control in the Scheduler of Resources in LTE Networks: *In this paper is proposed an efficient method for admission control in the uplink Scheduler for LTE. The results of experiments prove the effectiveness of the proposed admission control for a number of UEs under 100 regardless of the intensity of the requests of the active UEs, because average time for establishment of connection with base station is under 25ms.*

Key words: *LTE, QoS, Uplink Scheduling Scheme, Simulation.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Според публикувана през февруари 2015 прогноза на Cisco System [4], за периода 2014-2019 г. глобалният мобилен трафик на данни ще нарасне три пъти по-бързо от глобалния фиксиран IP трафик за същия период. Мобилен трафик на данни ще нарасне 10 пъти от 2014-2019 и ще достигне 291.8 Exabytes до 2019 г. (през 2014г. е 30.3 Exabytes). Прогнозата на Ericsson [9], от своя страна, предполага, че до 2018 г. се очаква ръст на мобилния видео трафик с 60% годишно, а броят на смартфоните ще достигне 4.5 милиарда. Тези прогнози налагат търсене на оптимални 4G решения по отношение на качество на услугата (QoS). Безжичните мрежи изискват хетерогенни сценарии, висока мобилност, минимизиране на консумираната енергия и ограничения върху трафика и с тези изисквания налагат необходимостта от решаване на трудни оптимизационни задачи, които се изследват чрез моделиране и реалистични симулации с цел да се намери най-добро техническо решение при ограничени финансови рамки. Разработената от 3GPP в Release 8 и 9 технология Long Term Evolution Advanced (LTE-A) [6], създадена като LTE, намира все по-широко приложение както в света, така и в България.

В настоящия доклад се предлага механизъм за обслужване на потребителите при разпределяне на ресурсите в uplink за LTE мрежа, който е съставен от два модула - от контролен механизъм за приемане (admission control) и планировчик (Scheduler). Според натоварването на мрежата, контролният механизъм за приемане на заявки контролира броя на потребителските устройства (UEs), чиито заявки могат да се обслужат от Scheduler-а, за да се избегне претоварване на системата с прекалено много UEs. Scheduler-ът разпределя ресурсните блокове (RB) между UEs съгласно изискванията на UEs.

АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ РЕШЕНИЯ

Почти всички предложени Scheduler- и за LTE мрежи могат да бъдат разделени в две групи: Time Domain Packet Scheduler (TDPS) и Frequency Domain Packet Scheduler (FDPS). TDPS извършва филтриране, като избира подмножество на UEs, които се планира да бъдат обслужени в следващия интервал от време. Някои предложения са направени на базата на "класическите" цели - пропускателна способност и справедливост на обслужване. Тези най-ранни предложения са направени на база симулации с данни от математически модели, прогнозни данни и първи тестови реализации. Основно те се придържат към вече познатия Round Robin (RR) Scheduler. Недостатък на тези първи предложения при анализ и реализация на Scheduler е, че се анализира основно техническата страна, а се пренебрегват фактори като печалба за оператора, удовлетворение на абонатите от услугата, възможност за миграция на абонатите към друга технология или друг оператор.

В [7] авторите предлагат два Proportionally Fair (PF) Scheduler-а, които

разпределят ресурсните блокове (RBs), използвайки локализирано (съседно) разпределяне и разпределяне с препокриване (несъседно). Те показват значително увеличение на общата пропускателна способност на клетката при локализирано разпределяне, но контролният механизъм за приемане на заявки въобще не е представен.

В [5] се наблюдава слабо подобрене по отношение на спектралната ефективност и справедливост на обслужване, като е предложен CDS Scheduler с PF-базирана функционалност: First Maximum Expansion (FME), Recursive Maximum Expansion (RME), Minimum Area Difference (MAD). Резултатите показват сравними нива на производителност при RME и MAD алгоритмите, но по-добри от FME.

В [2] се предлага Scheduler за uplink с балансирано двоично дърво на база PF, като се разделят блоковете RBs в определени Resource Chunks (RCs) и след това се разпределят сред наличните UEs. Реализацията на Scheduler-a се оценява от гледна точка на производителност и ниво на шума, като Scheduler-ът показва значително подобрене в сравнение с RR Scheduler. Авторите на [3] доразвиват Scheduler-a от [2] като предлагат адаптивна честотна лента на предаване, когато ресурсите, предназначени за UE се променят динамично във всеки интервал. Проучването показва подобрене от 20% средно за производителността на клетка в сравнение с тази в [2].

След първите реализации на LTE мрежи акцентът в разпределянето на ресурсите се измества към максимизиране на печалбата. В [8] са представени актуални към момента изследвания, свързани с uplink Scheduler в LTE мрежи. Операторите инвестират огромни средства за реализацията на LTE мрежа, затова печалбата им и удовлетворението на абонатите им са два от най-важните фактори, които трябва да бъдат изследвани.

Един от ключовите фактори, влияещи на качеството на услугата, е закъснението при осъществяване на uplink връзката, което е от съществено значение за услуги, чувствителни на закъснения. Този процес се осъществява в Scheduler-a и по-конкретно в неговия механизъм за admission control.

ПРЕДЛАГАН КОНТРОЛЕН МЕХАНИЗЪМ ЗА ПРИЕМАНЕ НА ЗАЯВКИ В SCHEDULER НА LTE МРЕЖА

В настоящият доклад се предлага механизъм за обслужване на потребителите при разпределяне на ресурсите в uplink за LTE мрежа като съставен от два модула - от контролен механизъм за приемане (admission control) и Scheduler, като подробно е представена работата на модула за admission control. Според натоварването на мрежата, контролният механизъм за приемане на заявки контролира броя на UEs, които могат да влязат в Scheduler-a, за да се избегне претоварване на системата с прекалено много UEs. Scheduler-ът разпределя RB между UEs съгласно изискванията на UEs. Всеки RB обхваща 12 SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) подносещи.

За да се задейства контролният механизъм на базовата станция (eNodeB), UE трябва да се свърже с нея. За целта когато UE е в обхвата на няколко базови станции и иска да започне трансфер на данни:

1. UE започва процедура за търсене на най-близката от базовите станции
2. Декодира системната информация, изпращана от базовата станция, към която ще се опита да се свърже
3. При успешно синхронизиране с базовата станция, UE стартира процес на автентикация.
4. Ако автентикацията е успешна, UE изпраща заявка за свързване с eNodeB:
 - a. Ако не получи идентификатор от eNodeB, не получава и никакъв заделен ресурс за трансфер на потребителски данни, а само може

да наблюдава служебния канал. В това състояние UE изпада и когато е осъществило връзка, получило е заделен ресурс (изпращало/получавало е RB), но в продължение на няколко интервала от време е неактивно за предаване на данни.

- b. Ако получи идентификатор от eNodeB, се изчислява какъв ресурс (брой RB) да му се задели на база на приоритизация и се синхронизира с базовата станция, за да предава/приема данни. Това решение се взема от втория модул на Scheduler-a.
- c. Ако UE получи идентификатор от eNodeB, но загуби синхронизация с eNodeB поради временна неактивност, то може само да получава данни, но не и да изпраща (uplink връзката е неактивна).

След успешната автентикация на UE с базовата станция се задейства Scheduler-a, като първият му модул - контролният механизъм най-общо работи в следните стъпки:

1. Определя се общия брой UEs (BR), които ще се обслужват от Scheduler-a за този момент (t):

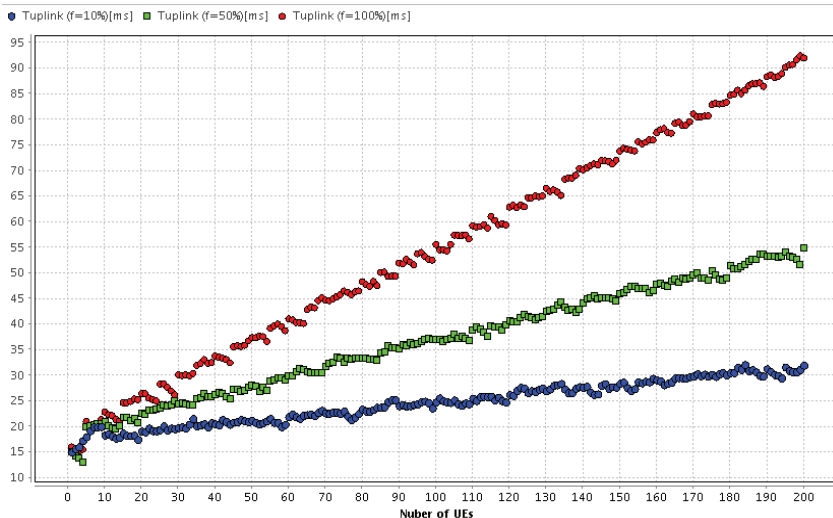
Ако в предния момент (t-1) са удовлетворени всички UEs, то $BR_t = BR_{t-1} + 1$, иначе $BR_t = BR_{t-1} - 1$

2. Определя се дали ново UE може да влезе за обработка в Scheduler-a:

Ако е достигнат максималния възможен брой за обслужване в един момент, заявката се отхвърля, иначе UE се включва в системата и се подава за обслужване на Scheduler-a.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

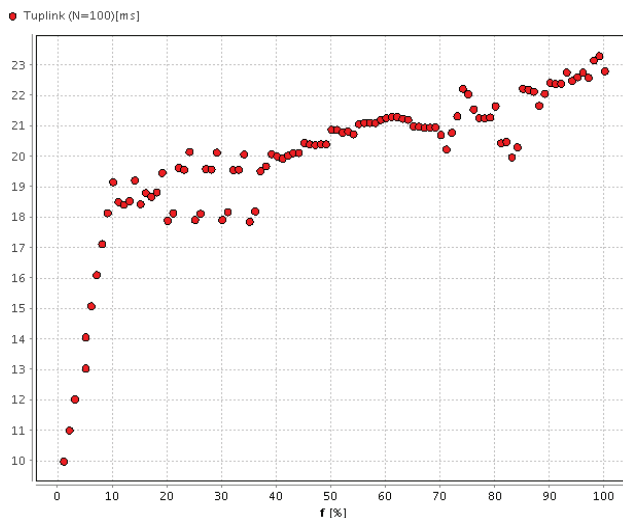
Оценяването на характеристиките на admission control-a на Scheduler-a се прави за една клетка без интерференция (препокриване на площи) със съседните клетки. В eNodeB, която се намира в центъра на клетката, има ненасочена антена, която комуникира по uplink чрез SC-FDMA. Приема се, че UEs са равномерно разпределени в рамките на обхвата на клетката съгласно Section 7.1.6.1 на [1]. Всяко UE изпраща сигнал периодично, за да се знае състоянието на канала на UE за всеки TTI с период от 1ms.



Фиг. 1. Средно време за установяване на връзка при интензивност на заявките 10%, 50% и 100%

На фиг. 1 е представена зависимостта на средното време за установяване на връзка на UE с eNodeB в зависимост от броя на UE, които са в обхвата на eNodeB при три различни стойности за средната интензивност на заявките – 10%, 50% и 100%. Ясно се забелязва тенденцията на нарастване на времето за установяване на връзка при увеличаване на броя на UE в обхвата на eNodeB, като при по-голяма интензивност времето е значително по-голямо. При 200 UEs и 100% интензивност се достига до 92ms, докато при 200 UEs и 10% интензивност средното време е 3 пъти по-малко - 32 ms.

На фиг. 2 е представена зависимостта на средното време за установяване на връзка на UE с eNodeB при различна средна интензивност на заявките, когато в обхвата на eNodeB са 100 UEs. Наблюдава се нарастване на времето за установяване на връзка на UE с eNodeB с нарастването на интензивността на заявките, като за първите 10% нарастването е от 10ms до 17ms, след което нарастването е значително по-плавно и се изменя в диапазона от 18ms до 23ms.



Фиг. 2. Средно време за установяване на връзка при 100 UEs

Получените резултати дават основание да се направи заключение, че представения admission control за Scheduler-a за LTE мрежа може да се прилага успешно при брой UEs под 100, т. к. независимо от интензивността на заявките на активните UEs средното време за установяване на връзка е под 25ms - време, напълно удовлетворяващо изискванията на [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада е предложен Scheduler за разпределяне на ресурсите в uplink за LTE мрежа, който разглежда механизма за обслужване на потребителите като съставен от два модула - от контролен механизъм за приемане (admission control) и Scheduler, като подробно е представена работата на модула за admission control.

Чрез симулация е доказана ефективността на Scheduler-a, като е представено средното време за установяване на връзка на UE с eNodeB в зависимост от броя на UEs и средната интензивност на заявките за обслужване. Получените резултати доказват ефективността на предложения admission control за брой UEs под 100, т.к.

независимо от интензивността на заявките на активните UEs средното време за установяване на връзка е под 25ms.

ЛИТЕРАТУРА

[1] 3GPP, Tech. Specif. Group Radio Access Network; Physical layer procedures, 3GPP TS36.213, ver.12.4, 2015.

[2] F. Calabrese, C. Rosa, M. Anas, P. Michaelsen, K. Pedersen, and P. Mogensen, "Adaptive Transmission Bandwidth Based Packet Scheduling for LTE Uplink," in Vehicular Technology Conference, 2008. VTC 2008- Fall. IEEE 68th, pp. 1 –5, 21-24 2008.

[3] F. Calabrese, C. Rosa, K. Pedersen, and P. Mogensen, "Performance of Proportional Fair Frequency and Time Domain Scheduling in LTE Uplink," pp. 271 –275, May. 2009.

[4] Global - 2019 Forecast Highlights, 2019 Mobile Data Traffic, http://www.cisco.com/c/dam/assets/sol/sp/vni/forecast_highlights_mobile/index.html#~Region, February 2015.

[5] L. Ruiz de Temino, G. Berardinelli, S. Frattasi, and P. Mogensen, "Channel-Aware Scheduling Algorithms for SC-FDMA in LTE Uplink," in Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium, pp. 1 –6, 15-18 2008.

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

[7] M. Al-Rawi, R. Jantti, J. Torsner, and M. Sagfors, "On the Performance of Heuristic Opportunistic Scheduling in the Uplink of 3G LTE Networks," in Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium, pp. 1 –6, 15-18 2008.

[8] Najah Abu-Ali, Abd-Elhamid M. Taha, Mohamed Salah, and Hossam Hassanein, "Uplink Scheduling in LTE and LTE-Advanced: Tutorial, Survey and Evaluation Framework," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 16, Issue:3, pp. 1239-1265, Aug. 2014.

[9] Wi-Fi in heterogeneous networks, <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-wi-fi-in-heterogeneous-networks.pdf>, June 2013

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

Докладът е рецензиран.



РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ”
UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

ДИПЛОМА

Програмният комитет на
Научната конференция RU&SU'15
награждава с КРИСТАЛЕН ПРИЗ

“THE BEST PAPER”

ВЕНЕТА АЛЕКСИЕВА

автор на доклада

“Контролен механизъм за приемане на
заявки в планировчика за разпределение
на ресурсите в LTE мрежи”

DIPLOMA

The Programme Committee of
the Scientific Conference RU&SU'15

Awards the Crystal Prize

“THE BEST PAPER”

to **VENETA ALEKSIEVA**

author of the paper

“Admission Control in the Sheduler
of Resources in LTE Networks”

РЕКТОР
RECTOR

проф. дтн Христо Белоев
Prof. DSc Hristo Beloev

10.10.2015