Анализ и симулационно изследване на особеностите на безжичните мрежи с NOAH маршрутизиране на данните

Пламен Захариев

Analysis and simulation evaluation of wireless networks with NOAH routing: *The paper presents two very interesting and unique phenomena of the modern wireless networks with direct (aka. NOAH) data routing. In the Introduction section of the paper a short analysis of the modern wireless networks and the way the data is routed in them has been performed. The next chapter introduces the capture effect in the modern wireless ad-hoc networks, followed by a simulation experiment, which present an actual occurrence of this phenomenon. Latter in the paper the blocking problem in the wireless networks is presented and then evaluated through a simulation study. The paper is then continued with the Conclusion, the Acknowledgment, and the References sections.*

Key words: *NOAH routing, wireless local network, capture effect, blocking problem.*

ВЪВЕДЕНИЕ

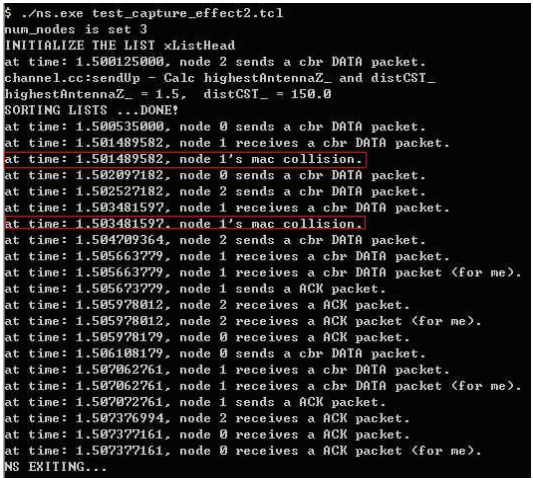
С развитието си компютърните и информационните технологии позволиха създаването на редица съвременни устройства, като таблетите, смартфоните, лаптопите, PDA устройствата и много други [1]. Една от най-силните страни на тези устройства е възможността им да комуникират с други устройства и помежду си посредством безжичната преносна среда. Първоначално замислени като удобен заместител на кабелните мрежи и използвани главно в открити пространства и в помещения, където е невъзможно полагането на кабели, в настоящия момент от време безжичните мрежи са се превърнали в гръбнака на съвременното общество. Почти няма човек в развитите страни, който да не използва ежедневно услугите, предоставяни от някакъв тип безжична мрежа за достъп – било то за да си провери електронната поща, за да изпрати снимка на приятел или за да прегледа някоя Интернет страница или профила си в социалните мрежи [2].

С развитието на услугите, предлагани на крайните потребители, са се развили и стандартите за безжичен пренос на данни. Първоначалните стандарти за безжични локални мрежи (802.11 Legacy и 802.11b) са вече отживелица, а съвременните стандарти представляват съвкупност от множество механизми за управление на качеството на услугите, сигурност, идентификация, избягване на множествен достъп и т.н. Голямо развитие са претърпели и технологиите за модулация и пренос на данните. Съвременните мрежи от семейството стандарти за безжични локални мрежи IEEE 802.11 използват основно DSSS и OFDM, които съвместно с технологиите за използване на множество антени и радио интерфейси за предаване на данните (MIMO), предоставят скорости от скромните 1Mbit/s до колосалните 600Mbit/s.

Структурата, топологията и организацията на комуникацията в безжичните мрежи също са претърпели огромни промени. Съвременните безжични мрежи предоставят гъвкавост и висока степен на мобилност на потребителите си, като позволяват предаването на данните да се извършва, както централизирано, така и директно. При мрежите от инфраструктурен тип, които реално представляват безжични мрежи с централизирано управление, основното натоварване пада върху безжичните маршрутизатори. Въпреки, че това са основният тип мрежи, които се използват към настоящия момент от време, се забелязва все по-големия процент от потребители, които поради една или друга причина изграждат свои собствени, самостоятелни безжични мрежи между персоналните си компютри и помощните и периферните им устройства. Именно този тип мрежи се явяват обект на изследване в тази статия, като са разгледани два интересни феномена, които възникват при директното ad-hoc (или NO Ad-hoc – NOAH) маршрутизиране и предаване на данни.

АНАЛИЗ И СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТА ПО ЕДНОВРЕМЕННО ПРИЕМАНЕ И ОБРАБОТКА НА ПАКЕТИ В CSMA/CA БЕЗЖИЧНИ ЛОКАЛНИ МРЕЖИ

При традиционните IEEE 802.3 кабелни локални мрежи при едновременното получаване на два пакета от дадено устройство в мрежата, се задейства механизма за множествен достъп с откриване на едновременно предаване (Carrier Sense Multiple Access / Collision detection - CSMA/CD) и за кратък период от време се прекратява комуникацията в цялата мрежа [3]. Това води до намаляване на обема на информация, която се генерира от устройствата и води до деградация на цялостната производителност в мрежата. В безжичните локални мрежи, когато се прилага NOAH подход за маршрутизиране на данните и се използва механизма за множествен достъп с избягване на едновременно предаване (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance – CSMA/CA), при получаване на два пакета от дадена безжична станция в един и същ момент от време, комуникацията няма да се прекрати, а ще се обработи информацията от пакета, който е бил приет с по-голямо ниво на сигнала. Този странен феномен се нарича ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите (известен още като *capture effect*) и е характерен за безжичните мрежи с директно предаване на данните между устройствата [4]. Станцията ще приеме успешно пакета и ще го обработи единствено и само, ако отношението сигнал/шум за получения пакет е по-голямо от определена прагова стойност. По този начин когато едновременно се получат два пакета от дадена безжична станция, пакета с по-голяма стойност за отношението сигнал/шум ще се приеме и обработи. Тази особеност прави ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите изключително предимство на безжичните Ad-hoc мрежи спрямо кабелните мрежи и води до запазване и дори до подобряване на производителността на устройствата в мрежата и на самата мрежа като цяло.



```
$ ./ns.exe test_capture_effect2.tcl
num_nodes is set 3
INITIALIZE THE LIST xListHead
at time: 1.500125000, node 2 sends a cbr DATA packet.
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ_ and distCST_
highestAntennaZ_ = 1.5,  distCST_ = 150.0
SORTING LISTS ...DONE!
at time: 1.500535000, node 0 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.501489582, node 1 receives a cbr DATA packet.
at time: 1.501489582, node 1's mac collision.
at time: 1.502097182, node 0 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.502527182, node 2 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.503481597, node 1 receives a cbr DATA packet.
at time: 1.503481597, node 1's mac collision.
at time: 1.504709364, node 2 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.505663779, node 1 receives a cbr DATA packet.
at time: 1.505663779, node 1 receives a cbr DATA packet (for me).
at time: 1.505673779, node 1 sends a ACK packet.
at time: 1.505978012, node 2 receives a ACK packet.
at time: 1.505978012, node 2 receives a ACK packet (for me).
at time: 1.505978179, node 0 receives a ACK packet.
at time: 1.506108179, node 0 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.507062761, node 1 receives a cbr DATA packet.
at time: 1.507062761, node 1 receives a cbr DATA packet (for me).
at time: 1.507072761, node 1 sends a ACK packet.
at time: 1.507376994, node 2 receives a ACK packet.
at time: 1.507377161, node 0 receives a ACK packet.
at time: 1.507377161, node 0 receives a ACK packet (for me).
NS EXITING...
```

Фиг. 1 - Резултат от проведеното симулационно изследване на безжична мрежа от 3 потребителски устройства при NOAH предаване на данни между тях

За да се изследва ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите се използва модел на безжична Ad-Hoc мрежа за мрежовия симулатор и емулатор NS2. Приложения модел дефинира използването на три безжични устройства, като две от тях предават информация към третото. Проведени са две последователни изследвания, като при първото двете устройства предават данните

използвайки една и съща стойност за мощността на излъчване на сигналите, а при второто тази стойност е различна (Устройство 2 ще излъчва с два пъти по-голяма мощност от Устройство 0).

Както може да се види от резултатите от първото от проведените изследвания (Фиг.1), Устройство 2 (У2) изпраща пакет към Устройство 1 (У1). Непосредствено след това Устройство 0 (У0) също изпраща информационен пакет към У1. Във времеви момент 1.501489582 У1 приема и двата пакета в следствие на което възниква конфликт, породен от множествен достъп на канелен слой (или колизия). Тази последователност от събития се повтаря отново и в момент 1.503481597 отново възниква същото събитие (оградени с червени правоъгълници на Фиг. 1). Както може да се види от проведеното изследване и получените резултати при еднаква стойност за мощността на излъчване на сигналите, ситуацията и при безжичните мрежи е аналогична на тази при кабелните мрежи с използване на механизма CSMA/CD.

За да се демонстрира предимството на ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите .tcl скрипта на симулационния модел трябва да се модифицира, като се променят стойностите за У2. Това може да се извърши посредством следната последователност от команди:

set phy2 [$node_(2) set netif_(0)]
$phy2 set Pt_ 0.4

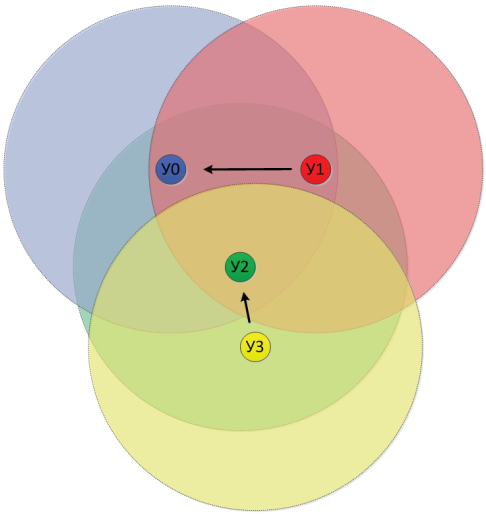
```
$ ./ns.exe test_capture_effect2.tcl
num_nodes is set 3
INITIALIZE THE LIST xListHead
at time: 1.500125000, node 2 sends a cbr DATA packet.
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ_ and distCST_
highestAntennaZ_ = 1.5,  distCST_ = 163.7
SORTING LISTS ...DONE!
at time: 1.500535000, node 0 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.500535400, node 1: capture effect
at time: 1.500535400, DATA packet wins.
at time: 1.501079415, node 1 receives a cbr DATA packet.
at time: 1.501079415, node 1 receives a cbr DATA packet (for me).
at time: 1.501089415, node 1 sends a ACK packet.
at time: 1.501393648, node 2 receives a ACK packet.
at time: 1.501393648, node 2 receives a ACK packet (for me).
at time: 1.501393815, node 0 receives a ACK packet.
at time: 1.501393815, node 0 is in TRANSMIT mode. Then the received packet shoul
d be discarded
at time: 1.502097182, node 0 sends a cbr DATA packet.
at time: 1.503051764, node 1 receives a cbr DATA packet.
at time: 1.503051764, node 1 receives a cbr DATA packet (for me).
at time: 1.503061764, node 1 sends a ACK packet.
at time: 1.503365997, node 2 receives a ACK packet.
at time: 1.503366164, node 0 receives a ACK packet.
at time: 1.503366164, node 0 receives a ACK packet (for me).
NS EXITING...
```

Фиг. 2 - Резултат от проведеното симулационно изследване на безжична мрежа с възникване на ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите

На Фиг. 2 са представени резултатите от проведеното изследване след промяната на симулационния скрипт. Както може да се види, У2 и У0 изпращат информационен пакет почти едновременно. При приемането на пакетите от У1 възниква ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите (времеви момент 1.500535400 – ограден на Фиг. 2 с червен правоъгълник). Поради факта, че силата на получения сигнал от У2 е по-голяма, пакета приет от това устройство се обработва, след което У1 изпраща потвърждение за успешно получен пакет обратно на У2. Тъй като У0 не получава потвърждение на предадения от него пакет, устройството приема, че е възникнала загуба при предаването на информацията и препредава отново пакета към У1.

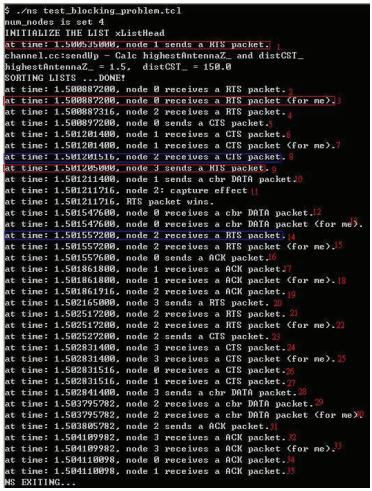
АНАЛИЗ И СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТА НА БЛОКИРАНЕ НА ПОТРЕБИТЕЛСКИ УСТРОЙСТВА В БЕЗЖИЧНИ ЛОКАЛНИ МРЕЖИ

За да се демонстрира проблема от ефекта на блокиране на потребителските устройства е разширен симулационния модел от предходната точка. В този случай Устройство 2 (У2) е блокирано в следствие на комуникацията между Устройство 0 (У0) и Устройство 1 (У1). Именно поради тази причина Устройство 3 (У3) не получава потвърждение на RTS пакета, който изпраща към У2 и приема, че мрежата е претоварена [3]. У2 Приема както RTS, така и CTS пакети и именно поради тази причина неможе да се приеме, че това е ситуация с широко известния ефект на скритото устройство (hidden node ефект) (Фиг. 3).



Фиг. 3 - Топология на симулационното изследване на ефекта на блокиране на потребителските устройства в безжични локални мрежи

Използвайки топологията от Фиг. 3 е проведено симулационно изследване на влиянието на ефекта на блокиране на потребителите в WLAN мрежите с NOAH маршрутизиране на данните. Резултатите от изследването са представени на Фиг. 4. Следвайки хронологията на събитията от получените резултати, първоначално У1 изпраща RTS пакет към У0. У0 получава RTS пакета от У1, след което и У2 получава същия този RTS пакет. У0 изпраща CTS пакет към У1, който е получен и от У1 и от У2. У3 изпраща RTS пакет към У2, след което У1 изпраща информационен пакет към У0. У2 получава RTS пакета от У3 и информационния пакет от У1 почти по едно и също време. Поради различното разстояние и сила на сигнала за У2 се наблюдава ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите, в следствие на който RTS пакета от У3 се обработва. Тук възниква и проблема с блокирането на потребителското устройство, което в този случай е У2. Причината за блокиране на У2 е комуникацията между У1 и У0. У2 неможе да изпрати CTS пакет към У3, в следствие на което У3 приема, че мрежата е претоварена и производителността на системата спада. В същото това време У0 приема информационния пакет от У1 и изпраща ACK обратно към У1. У1 получава ACK от У0. След като комуникацията между У1 и У0 се прекратява, У3 изпраща CTS към У2 (Фиг. 4).



Фиг. 4 - Резултат от проведеното симулационно изследване на ефекта на блокиране на потребителските устройства в безжичните NOAH мрежи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са разгледани два интересни феномена, които възникват при директното ad-hoc (или NO Ad-hoc – NOAH) маршрутизиране и предаване на данни в съвременните WLAN мрежи. От направените изследвания може да се заключи, че ефекта на едновременното приемане и обработка на пакетите е полезен и интересен феномен, докато ефекта на блокиране на потребителски устройства води до закъснение в комуникацията и цялостна деградация на производителността в системата.

БЛАГОДАРНОСТИ

Публикуваните резултати са получени при работа по проект BG051PO001-3.3.06-0008 „Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии" с подкрепата на Европейския социален фонд и Министерството на образованието и науката на Република България и по проект 2013-ФЕЕА-02 на Русенски Университет „Ангел Кънчев".

ЛИТЕРАТУРА

[1] K. Mihaylov, Low Power Data Logging System for Measuring the Working Capacity of Energy Harvesting Devices, XV International PhD Workshop OWD 2013, Wisla, Poland, October 2013

[2] M. Mikhov, N. Stoyanov, G. Stanchev, An Application of Wireless Standards for Remote Monitoring of Electric Drive Systems, International Journal of Engineering Research and Development, Volume 2, pp. 30 – 36, (August 2012), ISSN: 2278 - 800X

[3] Saikat Ray, Jeffrey Carruthers, and David Starobinski, RTS/CTS-induced Congestion in Ad-Hoc WLANs, IEEE WCNC 2003, New Orleans, 2003, pp. 1516-1521

[4] http://wise.cm.nctu.edu.tw/wise_lab/research/OPNET/capture_effect.htm

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Пламен Захариев, Катедра "Телекомуникации", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 663, e-mail: pzahariev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.