

Моделиране на протоколи за управление на достъпа до съобщителната среда при безжични локални мрежи

гл.ас. Гриша Валентинов Спасов - ТУ - Пловдив, e-mail: gvsp@mbx.digsys.bg
доц. д-р Васил Иванов Фурнаджиев - ТУ - София, e-mail: vsfur@vmei.acad.bg

Medium Access Control Protocols Modeling for Wireless Networks

Abstract: A key part of the standards for wireless networks is the Medium Access Control (MAC) Protocols needed to support asynchronous and time bounded delivery of data frames. Performance evaluation of the asynchronous data transfer protocols is conducted taking into account the decentralized nature of communication between stations, the possibility of "capture", and presence of "hidden" stations.

The Flow Acquisition Multiple Access (FAMA) protocols are used to solve the problem "hidden" station. The main parameter of these protocols - system throughput is discussed as a function of number of stations. The results of computer simulation show that the best system throughput is achieved when Non-persistent Carrier Sensing (FAMA-NCSS) protocol is used.

1. Въведение

Осъществяването на връзка между мобилни компютри и периферни устройства, а също така и между безжичните "Smart Dust" сензори е свързано с развитието на безжичните локални компютърни мрежи (WLAN)[1].

За удовлетворяване на нуждите от безжично предаване на данни в мрежа, е създаден проектът 802.11 на IEEE. Цел на IEEE 802.11 е да се усъвършенстват стандартите на подниво за Управление на Достъпа до Съобщителната Среда *Medium Access Control* (MAC) и Физическото *Physical* (PHY) ниво за безжично свързване на неподвижни, преносими и мобилни станции в една локална област. Физическите слоеве (каналы) за IEEE 802.11 са базирани на радио канали в ISM спектъра (902-928 MHz *Direct Sequence Spread Spectrum* - DSSS и 2.4-2.483 GHz *Frequency Hopping Spread Spectrum* - FHSS) със скорости на предаване 1-2 Mbps, и дифузен инфрачервен канал 800-950 nm (*Diffuse Infrared* – DIR , скорости на предаване 1 Mbps с 4PPM и 2 Mbps с 16PPM) [1],[3]. Така посочените съобщителни канали са моно канали типа ефир, което предопределя използването на множествен достъп до съобщителната среда .

Обект на дискусия в настоящия доклад са някои от проблемите при MAC протоколите на WLAN използващи дифузен инфрачервен канал. Предлагат се нови пртоколи с резултати от техните симулационни модели целящи решаването на проблема "скрит терминал".

2. Въведение в IEEE 802.11

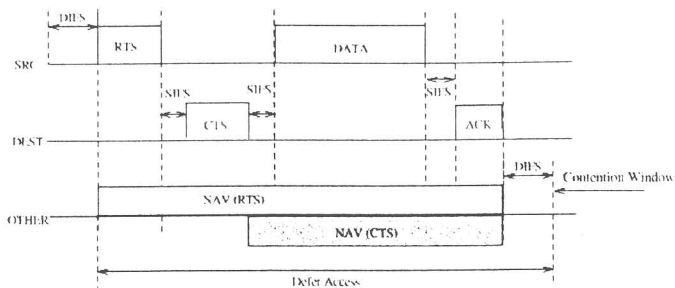
IEEE 802.11 MAC протоколът осигурява особеностите на физическите слоеве, които поддържат асинхронното и ограничено във времето предаване

на данни, и управлението на достъпа при свободно “съревнование” между станциите. Тези функции осигуряват независимост на характеристиките на основните физически нива и/или размерът на данните. Основният метод на достъп в протоколът IEEE 802.11 MAC е функцията на съгласувано разпределение *Distributed Coordination Function* (DCF), която е известна също като *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* (CSMA/CA)[1],[3].

При използване на функция на съгласувано разпределение, преди започване на предаването, станцията трябва да определи “състоянието” на канала, и дали не предава друга станция. Станцията продължава своето предаване, ако средата е свободна в продължение на един интервал, който превишава *Distributed InterFrame Space* (DIFS). В случай че средата е заета, предаването се отлага докато другата станция не завърши своето предаване. Този случаен интервал, се нарича интервал за “оттегляне” (*backoff interval*). Стойността на *backoff* таймера се намалява само когато средата е свободна, а ако средата е заета не се променя. След като средата е била заета, намаляването на стойността на *backoff* таймера започва отново, ако тя е била свободна по-дълго от DIFS. Станцията започва предаването когато стойността на *backoff* таймера стане нула.

DCF осигурява два алтернативни начина на предаване на кадър от данни, “*Basic Access*” и “*Channel Access*”. При “*Channel Access*” се използват предаването на специални кадри *Request To Send* (RTS) и *Clear To Send* (CTS), преди предаването на действителния кадър от данни. Сполучливата размяна на RTS и CTS кадри се опитва да запази канала за нужното времетраене необходимо за предаването на кадъра от данни. Предавателя изпраща RTS кадър след като каналът не е бил зает за интервал от време, превишаващ DIFS [1],[3]. На получения RTS кадър, приемника отговаря с CTS кадър (CTS кадъра потвърждава сполучливото приемане на RTS кадъра), който може да бъде предаден след като каналът не е бил зает за интервал от време, превишаващ *Short InterFrame Space* (SIFS). След успешната размяна на RTS и CTS кадри, кадъра от данни може да бъде изпратен от предавателя след изчакване за интервалът от време SIFS. В случай, че CTS кадъра не е получен в определения интервал от време, RTS се предава отново, по *backoff* правилата описани по-горе.

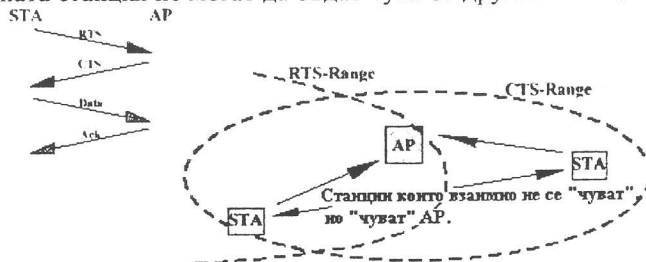
Методът *channel access* използващ RTS и CTS кадри е показан на Фиг. 1. RTS и CTS кадрите съдържат поле за времетраенето, което показва периодът, в който каналът трябва да бъде запазен за предаване на действителния кадър от данни. Тази информация се използва от станции, които могат да получават съобщения от предавателя и/или приемника, за обновяване на техните вектори за мрежово разпределяне *Net Allocation Vectors* (NAV). Това е брояч, чиято стойност намалява, ако е различна от нула. На станцията не се позволява да започне предаването, ако NAV е различен от нула.



Фиг. 1 Методът Channel Access използващ RTS/CTS кадри

Проектирането на WLANs, се усложнява от наличието на скрити станции (*hidden terminals*) и вероятността от “прихващане” (*capture*)[2].

Две станции в една WLAN са скрити една от друга, ако предаванията от едната станция не могат да бъдат чути от другата станция Фиг.2.



Фиг. 2. Проблемът “hidden terminals”

“Прихващането” (*Capture*) се отнася към способността на една станция, сполучливо да приеме предаденото съобщение от дадена друга станция, когато предават едновременно много станции.

Описаните до тук протоколи на MAC са реализирани и практически проверени при WLAN използващи радио канали в ISM спектъра. Директното прилагане на тези протоколи при DIR канали не гарантира добра пропускателна способност на протоколите при “hidden terminals”[3].

3. Протоколи FAMA

Протоколите *Floor Acquisition Multiple Access (FAMA)* се разглеждат обстойно при мрежите със *hidden terminals* [2]. Основната цел на FAMA протоколите е придобиване на контрол над канала (*Floor*) от станция, която иска да предава, преди изпращането на някакъв пакет от данни. Друга цел е осигуряване от възникването на колизии между изпращаните пакети от данни към приемника и пакети изпращани най-вече от “скритите” станции. За осъществяването на тези цели FAMA протоколите използват тристранен

handshake (RTS-CTS-*data*) и се делат на две основни групи, със следене на носещата на канала FAMA-NCS (*non-persistent carrier-sensing*) и със следене на носещата на пакета FAMA-NPS (*non-persistent packet sensing*).

Придобиването на канала (*floor acquisition*) при FAMA-NCS протоколите е коректно, ако RTS продължи по-дълго от максималното закъснение на разпространението на сигнала в съобщителния канал и CTS продължи по-дълго от времето необходимо за предаване на RTS, плюс максималното време за отиване и връщане на сигнала, и максималното хардуерно време за преход от предаване към приемане [5]. Това твърдение е валидно при следните допускания:

1. Максималното време на разпространение “от край до край” в канала е $\tau < \infty$.
2. Пакета изпратен по канала без колизия, е приет без грешки с вероятност $p > 0$.
3. Станцията изпраща RTS за определено направление, приема в отговор CTS (без колизии) с вероятност по-голяма от 0.
4. Всички станции изпълняват FAMA-NCS протокола коректно.
5. Времето за предаване на RTS е $\gamma < \infty$, времето за предаване на CTS е $\gamma' < \infty$, максималното време за предаване на пакет от данни е $\delta < \infty$, и хардуерното време за преход от предаване към приемане е $2\tau < \varepsilon < \infty$.
6. Трябва да няма “улавяне” в канала
7. Всяко припокриване на кадри при предаване води до неразбиране на предаваните пакети от приемащата станция.

Ако тези допускания са изпълнени може да се докаже, че FAMA-NCS протоколите осигуряват правилно придобиване на канала в присъствието на *hidden terminals*, при условие че $\gamma > \tau$ и $\gamma + 2\tau + \varepsilon < \gamma' < \infty$.

За FAMA-NPS протоколите освен горепосочените има и допълнителни допускания регламентиращи придобиването на канала:

8. Приемщите станции разпознават само пълните пакети и не могат да разпознават наличието на шум или частично пристигнали пакети.
9. N е общият брой на съседните станции, който може да има всяка станция, плюс максималния брой на съседните станции, който може да има всяка от тези съседни станции (без предавателя и съответния приемник)
10. γ е размерът на CTS и RTS като времеви интервал.

При изпълнение на тези допускания FAMA-NPS протоколите осигуряват правилното придобиване на канала в присъствието на *hidden terminals*, ако приемника предва поне $(2N+1)$ CTSs в отговор на RTS и максималното време на изчакване при неуспешен RTS е по-голямо от $2N(\gamma + 2\tau)$.

Проблемът от наличието на *hidden terminals* в безжичните мрежите се изследва, като се анализира пропускателната способност (капацитетът) на

използваните протоколи [5]. Предполага се, че имаме безкраен брой от станции, които образуват Пуасоново разпределение с общ брой на средно генерираните RTS кадри λ за единица време. Всяка от станциите може да “слуша” предаванията на всяка друга станция.

Пропускателната способност на FAMA протоколите се определя от следното отношение: $S = U / (B + I)$ [5], където B е очакваното време на заетия период, през който канала е бил използван, I е очакваното времетраене на свободния период между два заети периода и U е средното време през заетия период в което канала е използван за сполучливо предаване на данни.

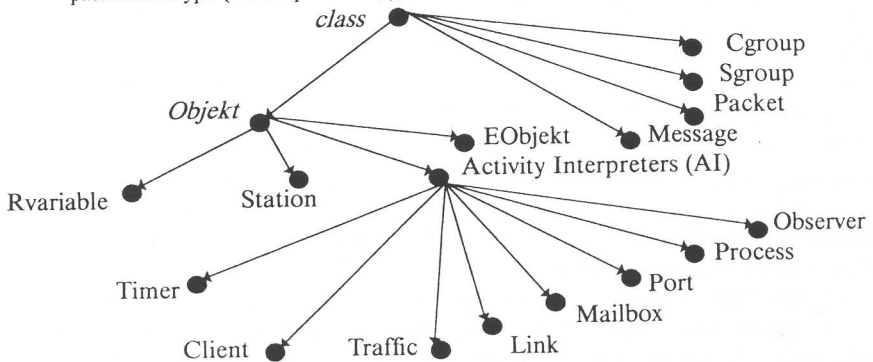
За FAMA-NCS протоколите горното отношение придобива следния вид: $S = \delta / \gamma + \delta + 2\tau + 1 / \lambda + e^{\tau\lambda} + (\gamma + 4\tau)$ [5].

4. Реализация на FAMA протоколи в обектно-ориентирана среда за моделиране SMURPH

Smurph е софтуерен пакет, който се използва за моделиране на комуникационни протоколи на ниво управление на достъпа до съобщителната среда. Той може да се разглежда като комбинация от език за спецификация на протоколи и симулатор за непрекъснато във времето, управление на събитията, които осигуряват виртуална среда за изпълнението на протоколи [4].

За да бъдат специфицирани гореописаните FAMA протоколи в системата за моделиране Smurph, към стандартните типове обекти Фиг. 3 [4], са дефинирани следните допълнителни типове:

```
packet PacketType { int SequenceBit; };
packet PacketRTS { int SequenceBit; };
packet PacketCTS { int SequenceBit; };
packet AckType { int SequenceBit; };
```



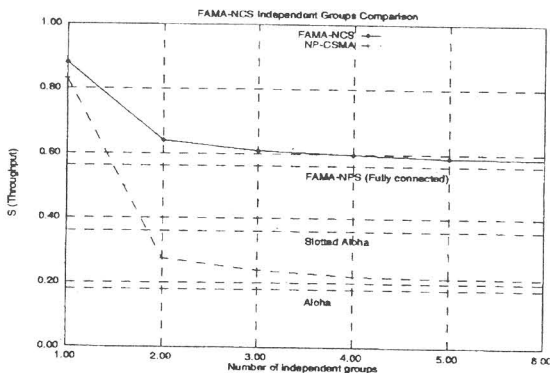
Фиг. 3. Йерархия на съставните типове в Smurph.

Освен нестандартния атрибут *SequenceBit*, всеки пакет притежава колекция от стандартни атрибути, като например, идентифициране на

sender, receiver, size и др.

Стартирането на процеса на симулация започва с определяне режима на предаващата и приемащата станция *Station Sender* и *Station Recipient*, следвани от процесите на комуникация: *process Transmitter (Sender)*, *process AckReceiver (Sender)* и съответно *process Receiver (Recipient)* и *process AcknowledgerType (RecipientType)*.

Със симулационния модел е изследван максималната пропускателна способност спрямо увеличаване на броя на независимите групи N за FAMA-NCS протоколи, съпоставено с класическите протоколи за MAC при WLAN CSMA и ALOHA. Резултатите от симулацията са показани на Фиг. 4.



Фиг. 4. Пропускателна способност на FAMA протоколи за увеличен брой на независими групи

Резултата показва, че FAMA-NCS протоколите при наличие на *hidden terminals* работят в напълно свързана мрежа. Докато CSMA протоколите бързо понижават пропускателната си способност клонейки към класическата ALOHA.

5. Литература:

1. K.C. Chen. "Medium access control of wireless LANs for mobile computing". IEEE Network Magazine, September/October 1994 p. 50-63..
2. Chane L. Fullmer and J.J. Garcia-Luna-Aceves. "Floor Acquisition Multiple Access (FAMA) for Packet-Radio Networks". Proceedings of ASM SIGCOMM'95, October, 1995 p. 262-273.
3. Jim Geler. "Wireless Networking Nandbook". New Riders 1996.
4. Pawel Gburzynski. "An Overview of Smurph: an Object-oriented Configurable Simulator for Low-level Communication Protocols". Alberta University Canada 1996.
5. Chane L. Fullmer and J.J. Garcia-Luna-Aceves. "Solution to Hidden Terminal Problems in Wireless Networks". Proceedings of ASM SIGCOMM'97. France 1997 p. 194-205.