

# MECANISME ȘI CARACTERISTICI ALE PROTOCOLULUI IEEE 802.11 PENTRU O REȚEA AD-HOC

**AUTOR: MARIN BELOUS**

**Conducător științific: dr. hab. prof. univ. Emilian GUȚULEAC**

*Universitatea Tehnică a Moldovei*

Email: [belmardi@rambler.ru](mailto:belmardi@rambler.ru)

**Abstract:** În lucrare este efectuată o analiză a influenței parametrilor caracteristici ai mecanismului *DCF* (*Distributed Coordination Function*) asupra eficienței unei rețele Ad-hoc. În particular, sa analizat influența parametrului *RTS Threshold*, care determină care pachete pot fi transmise folosind mecanismul *RTS* (*Request To Send*) și *CTS* (*Clear To Send*) ale protocolului IEEE 802.11.

**Cuvinte cheie:** Protocol 802.11, regim *DCF*, rețea Ad-hoc, mecanism *RTS/CTS*, *RTS Threshold*

## 1. Introducere

În ultimii ani, rețelele wireless (RW) au înregistrat o creștere rapidă a popularității, datorita avantajului principal pe care acestea le oferă: mobilitatea. Majoritatea rețelelor RW utilizează arhitectura de rețea Ad-hoc, care poate fi văzută ca o colecție de noduri wireless, posibil mobile, care se pot auto-configura pentru a forma rețeaua fără a necesita existența unei infrastructuri. Nodurile mobile dețin controlul necesar și participă la rețea într-o manieră distribuită.

Rețelele Ad - hoc reprezintă o tehnologie de comunicație relativ nouă și foarte promițătoare. Aspectul definitoriu al acestui tip de rețele îl reprezintă protocoalele de rutare specifice. Acestea sunt cele care asigură schimbul de mesaje dintre nodurile componente. Funcțiile protocoalelor de rutare Ad – hoc, bazate pe standardul IEEE 802.11, corespund atât funcțiilor infrastructurii dintr-o rețea clasică (rutarea Ad - hoc propriu-zisă), cât și funcției echipamentelor care comunică (inițierea transmisiei și recepția de pachete) [1]. Problema cea mai importantă legată de rețele Ad-hoc este păstrarea evidenței conexiunilor dintre calculatoare; fără această funcție, rețeaua Ad-hoc nu poate exista. În rețelele Ad-hoc, conectivitatea dintre noduri și topologia rețelei poate varia foarte mult. Pe lângă acest lucru, nodurile mobile au o rază de transmitere limitată, ceea ce reprezintă un motiv pentru ca rețelele Ad-hoc să suporte așa-numitele “cai multi-hop”. Acest lucru înseamnă că pachetele pot fi dirijate prin noduri intermediare, cu scopul de a ajunge la noduri care nu sunt în interiorul ariei de transmisie a nodului-sursă. De aceea, toate nodurile trebuie să funcționeze ca noduri de graniță pentru rețea, dar și ca rutere.

Într-o rețea Ad-hoc pentru transferul pachetelor între noduri, pe un interval de timp specificat, este folosit regimul *DCF* (*Distributed Coordination Function*) cu mecanisme de acces prealabil la mediul de transmitere *RTS* (*Request To Send*) și *CTS* (*Clear To Send*) al protocolului IEEE 802.11. Aceste mecanisme influențează eficiența protocolului.

În lucrare este efectuată o analiză a eficienței influenței protocolului IEEE 802.11 funcție de parametrii caracteristici ai mecanismului *DCF* al unei rețele Ad-hoc. În particular, sa analizat parametrul *RTS Threshold*, care determină care pachete se vor transmite folosind mecanismul *RTS/CTS* și când acest mecanism nu va fi realizat.

## 2. Aria de interferențe a mecanismului *RTS/CTS*

Într-o rețea Ad-hoc pentru transferul pachetelor între noduri, pe un interval de timp specificat, este folosit numai regimul *DCF* cu mecanisme de acces prealabil la mediul de transmitere *RTS* (*Request To Send*) și *CTS* (*Clear To Send*). Folosirea acestor mecanisme influențează eficiența protocolului. Mecanismul *RTS/CTS* folosește freimurile *RTS*, *CTS*, *Data* și *ASK*. Intervalul de timp de transmisie a pachetelor este *SIFS* (*Short Inter Frame Space*). Au fost efectuate mai multe studii de evaluare pentru a determina în care cazuri trebuie de folosit mecanismul *RTS/CTS* și când nu [??].

Pentru a determina eficiența funcționării acestui mecanism vom prezenta parametrii de bază ce-l caracterizează:

- $R_{tx}$  – diapazonul de transmitere, care reprezintă intervalul de timp în care pachetele sunt transmise și sunt recepționate cu succes, dacă nu apar probleme de interferență. El depinde foarte mult de caracteristicile fizice ale antenei;
- $R_{cs}$  – diapazonul de prevenire al coliziilor - intervalul de timp în care emitorul poate depista coliziile. Acesta este determinat de sensibilitatea antenei;
- $R_i$  – diapazonul de interferență - intervalul de timp în care stația de recepție va interfera cu alte stații și pot avea loc colizii.

Nodurile conectate ce se află în diapazonul  $R_i$  se numesc *noduri ascunse*. Atunci când stația de recepție (STR) va primi pachete de la stația emitoare și în acest moment alte noduri din diapazonul  $R_i$  vor încerca să transmită pachete către STR, vor avea loc colizii. Pentru a diminua acest efect este necesar de a investiga influența parametrului  $R_i$  și relația sa cu parametrul  $R_{tx}$ . Puterea de recepție a STR este caracterizată de parametrii antenei de recepție, de mediul prin care are loc transmiterea pachetelor și de distanța dintre stația emitor și cea de recepție. Dacă vom lua în considerație faptul că propagarea semnalului este efectuată într-un mediu liber, relația dintre puterea semnalului de recepție depinde de distanța dintre stațiile de transmitere și recepție. S-a constatat că dacă distanța  $d$  este mică, atunci puterea de recepție a semnalului este invers proporțională cu  $d^2$ , iar dacă distanța este mare, atunci puterea de recepție a semnalului este invers proporțională cu  $d^4$ . În fond, puterea de recepție este determinată de relația:

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot H_t \cdot H_r^2 / d^4, \quad (1)$$

unde  $P_t$  este puterea de transmitere,  $G_t$  și  $G_r$  este respectiv amplificarea antenei de transmitere și recepție, iar  $H_t$  și  $H_r$  determină înălțimea ambelor antene. Mărimea  $d$  – este distanța dintre ambele stații. Pentru a caracteriza calitatea semnalului, vom introduce parametrul *Signal to Noise Ratio (SNR)* ce este mai mare decât o anumită valoare specificată ( $SNR\_Threshold$ ). Mărimea  $SNR$  depinde de parametrii  $P_t$  și  $P_r$  și este redată de relația:

$$SNR = P_r/P_t = (r/d)^4 \geq SNR\_Threshold, \quad (2)$$

unde  $r$  – reprezintă distanța până la alt nod ce poate transmite în același timp și induce colizii la stația de recepție. De aici, obținem:

$$r = d \cdot \sqrt[4]{SNR\_Threshold}. \quad (3)$$

Din această relație rezultă că pentru a evita colizii la stația de recepție, alte noduri trebuie să fie la o distanță mai mare ca cea dată de relația (3). Vom numi acest diapazon ca diapazonul de interferență  $R_i$  al stației de recepție. În practică acest parametru este:

$$SNR\_Threshold = 10, \text{ deci } R_i = d \cdot \sqrt[4]{10} = 1.78d. \quad (4)$$

Din relația (4) constatăm că dacă distanța  $d$  este mai mare decât  $T_{tx}/1.78 = 0.56 \cdot R_{tx}$ , atunci  $R_i$  este mai mare ca  $R_{tx}$  și nodurile *ascunse* pot întrerupe transmiterea corectă a pachetelor între stația emitor și de recepție. Vom numi parametrul  $A_i = \pi R_i^2$  – aria de interferență a stației de recepție, iar toate nodurile ce sunt situate în această arie le vom numi noduri *ascunse* pentru stația de recepție.

Introducerea mecanismului *RTS/CTS* duce la diminuarea interferenței informației, cauzată de nodurile ascunse. Eficiența  $E_{RTS/CTS}$  acestui mecanism este caracterizată de următoarea relație [2]:

$$E_{RTS/CTS} = A_{i\_RTS/CTS} / A_i, \quad (5)$$

unde  $A_i$  este aria totală de interferență a semnalelor, iar  $A_{i\_RTS/CTS}$  este aria în care pachetele *RTS/CTS* sunt transmise cu succes.

Din relația (5), constatăm că dacă  $d \leq 0.56 \cdot R_{tx}$ , atunci  $E_{RTS/CTS} = 1$ , deoarece raza de transmitere este mai mare decât cea de recepție. Invers, când  $d > 0.56 \cdot R_{tx}$ , atunci  $E_{RTS/CTS} < 1$ . Astfel, cu creșterea distanței  $d$ ,  $E_{RTS/CTS}$  descrește. Valoarea cea mai mare a parametrului  $d$  poate fi  $R_{tx}$ . Dacă ea devine mai mare, atunci stațiile de lucru nu pot intercepta. Acest fapt poate fi ilustrat în figura 1a.

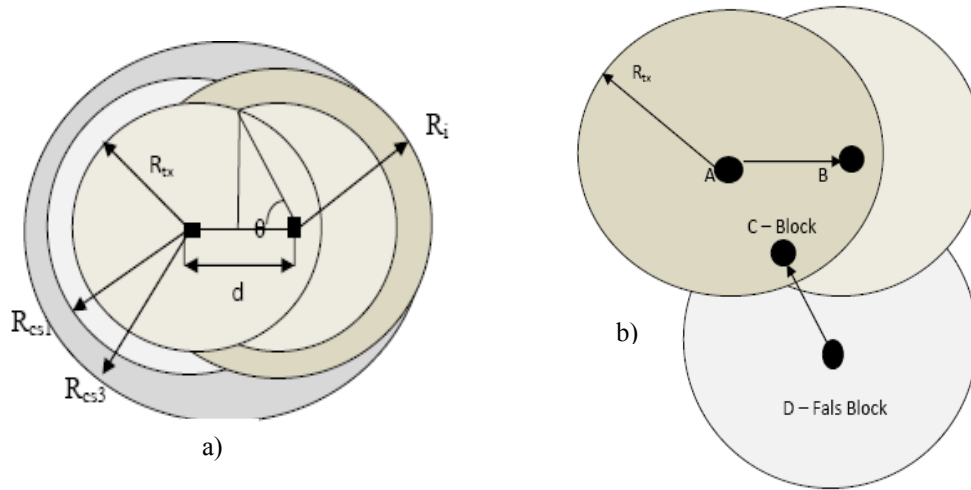


Fig 1. a) Ariile de interferență ale semnalelor stațiilor și b) ilustrarea efectului interferenței semnalelor generate de stațiile ascuse

Analizând figura 1a constatăm că:

$$A_i = \pi R_i^2 = \pi(1.78*d)^2 = 3.1684*\pi*d, \quad (6)$$

$$A_{i\_RTS/CTS} = \pi R_i^2 - (2\pi - \theta)/2\pi * (\pi R_i^2 - \pi R_{tx}^2). \quad (7)$$

De aici obținem:

$$E_{RTS/CTS} = 1, \text{ dacă } d \leq 0.56*R_{tx}$$

$$E_{RTS/CTS} = 1 - (\pi - \cos^{-1}(d/2R_{tx})) * (3.1684d^2 - R_{tx}^2) / 3.1684 \pi d^2, \text{ dacă } d > 0.56R_{tx} \quad (8)$$

Astfel, constatăm că pentru a îmbunătăți mecanismul RTS/CTS trebuie de mărit parametrul  $R_{cs}$ , care poate lua valori:  $R_{cs1} = R_{tx}$ ,  $R_{cs2} = R_{tx} + d$ ,  $R_{cs3} = R_i + d$ .

### 3. Mecanismul RTS/CTS și problema nodurilor ascuse

Realizarea mecanismului RTS/CTS este impusă să rezolve problema stațiilor ascuse. În figura 1b este reprezentat efectul interferenței semnalelor generate de stațiile ascuse.

Atunci când nodul A, folosind mecanismul RTS/CTS, transmite pachete către nodul B, celelalte noduri ce se află în aria de interferență a stației A devin blocate, deoarece ele sunt datorate să modifice valoarea vectorului NAV cu valoarea  $CTS + 2*SIFS + DATA + ASK$ , adică până la finalizarea transmiterii pachetelor de date. Inclusiv stația C ce se află în aria de interferență a stației A și B devine blocată. În același timp, stația D ce nu este blocată va încerca să transmită pachetele către stația C, însă aceasta fiind blocată, transmiterea nu poate fi realizată. În acest caz se spune că stația D este fals blocată.

Într-o rețea Ad-hoc, constituită dintr-un astfel de sistem de noduri, efectul stațiilor blocate poate evalua în continuare, deoarece stația D devenind blocată, poate bloca în continuare și alte stații. Acest proces poate continua și poate produce la apariția fenomenului "deadlock", când traficul de pachete se va diminua simțitor sau se va bloca complet rețeaua.

Pentru rezolvarea acestei probleme au fost propuse mai multe metode. Una din ele constă în folosirea algoritmului RTS Validation [3]. Algoruițul RTS Validation propune introducerea a trei parametri noi: RTS Defer Time, CCA TIME și Requested Defer Time. După transmiterea freimului RTS, vectorul NAV indică că mediul este ocupat până la începutul transmiterii pachetelor, inclusiv și pe perioada RTS Defer Time. După expirarea acestei perioade de timp, stația în perioada de timp Clear Channel Assessment Time (CCA TIME), care urmează, ascultă dacă mediul este liber. Dacă mediul este în continuare ocupat ea mărește valoarea vectorului NAV până la sfârșitul transmiterii de date (figura 2). Dacă mediul de transmitere este liber, atunci valoarea vectorul NAV nu este mărit și accesul la mediu este preluat de la început folosind protocolul CSMA/CA. Acest fapt este prezentat în figura 3. Perioada de timp Requested Defer Time în algoritmul RTS Validation reprezintă o perioadă ce este destinată transmiterii pachetelor de date. Suma RTS Defer Time și CCA TIME este cu mult mai mică ca valoarea perioadei Requested Defer Time.

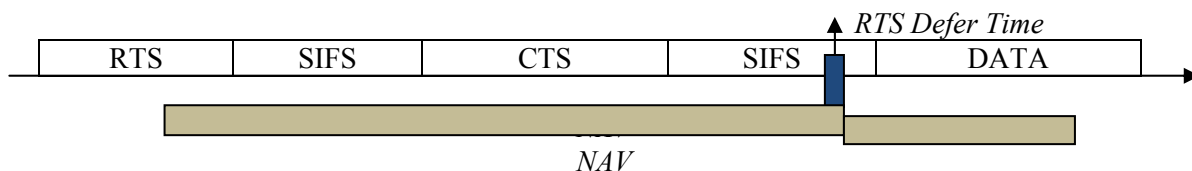


Fig. 2 Efectul măririi valorii vectorului NAV

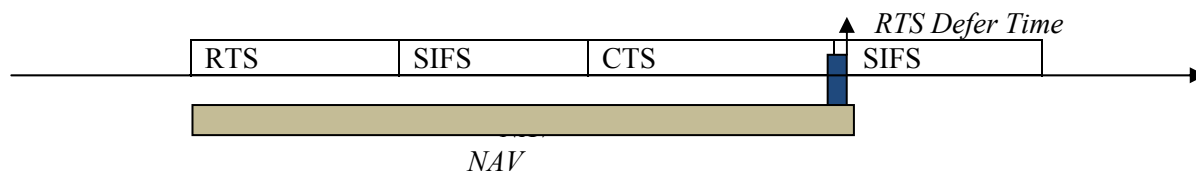


Fig. 3 Efectul accesului la mediu preluat de protocolul CSMA/CA

În acest mod, algoritmul *RTS validation* mărește viteza de transfer a pachetelor într-o rețea Ad-hoc eterogenă constituită dintr-o mulțime de noduri cu prevenirea apariției nodurilor *fals blocate*. Dar ea nu rezolvă definitiv problema nodurilor pur și simplu blocate ce se află în aria de interferență a stațiilor de transmitere și recepție. Folosind acest algoritm, mărimea vectorului NAV este mărită cu valoarea:  $(2 * SIFS\ TIME) + (CTS\ TIME) + (2 * SLOT\ TIME)$ .

Algoritmul *RTS Validation* este propus ca o completare a protocolului IEEE 802.11, iar stațiile de lucru ce-l implementează vor deveni mai inteligente. Într-o astfel de rețea Ad-hoc se va permite funcționarea concomitentă a nodurilor ce nu suportă acest algoritm și celor ce-l suportă. Pentru analiza parametrilor algoritmului *RTS Validation* este necesar de a folosi modelarea prin rețele Petri markoviene.

### Concluzie

În lucrare au fost determinați parametrii caracteristici ai mecanismului *RTS/CTS* într-o rețea Ad-hoc a standardului IEEE 802.11 și efectuată analiza influenței diapazonului de interferență în aria de interferență a stației de recepție și dependența lor de către distanța dintre stația de transmitere și recepție. De asemenea, a fost analizat algoritmul *RTS Validation* și problema nodurilor blocate.

### BIBLIOGRAFIE

1. IEEE Std. 802.11-1999, Part 11. *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, 1999.
2. Jun Liu, F. H., Wei, G. *RTS threshold adjustment algorithm for IEEE 802.11 DCF*. În 6th International Conference on ITS Telecommunications, 2006, pp. 654–658.
3. Mjidi, M., Chakraborty, D. *A new dynamic scheme for efficient RTS threshold handling in wireless networks*. In 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2008, pp. 734–740.
4. Kaixin, Xu., Mario, G., Sang B., *How Effective is the IEEE 802.11 RTS/CTS Handshake in Ad Hoc Networks*. University of California, Los Angeles Computer Science Department Los Angeles, CA 90095, USA.
5. Xu, M. G., Bae, S. *Effectiveness of RTS/CTS handshake in IEEE 802.11 based Ad-hoc networks*. Ad Hoc Networks Journal, vol. 1, no. 1, pp. 107–123, 2003.