

# **Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection & Distributed-Queue Dual Bus**

**Studenti:**

**Neagu Viorel Samuel**

**Langa Mihai Cristian**

**Grupa 443A**

**Anul universitar 2012-2013**

# **CUPRINS**

**(Langa Mihai Cristian)**

**1A. Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) -Prezentare generala**

**1B. Modul de functionare a CSMA-CD**

- Mediul de transmisiune
- Adresa MAC
- De la ALOHA la CSMA
- Collision Detection (CD)
- Cyclic Redundancy Check (CRC)

**1C. Performanta protocolului CSMA-CD**

**(Neagu Viorel Samuel)**

**2.Distributed-Queue Dual Bus(DQDB)**

**2.1 Schema de tranzitie a Magistralei**

**2.2 Protocolul DQDB**

**2.3 Mecanismul de numarare al DQDB**

**2.4Concluzii DBQD**

# **1A. Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)**

## **Prezentare generala**

Punerea si mentinerea in functiune a unei retele de calculatoare reprezinta o sarcina dificila pentru administratorul acesteia. Unul din conceptele principale ce trebuiesc cunoscute de catre acesta este CSMA-CD. "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection", cunoscut mai pe scurt de catre cei ce lucreaza in domeniul retelisticii drept CSMA-CD, este un protocol esential in sistemele de comunicatii al carui scop reprezinta arbitrarea semnalelor purtatoare de date dintr-o retea si detectia de coliziuni logice la nivelul transmisiilor de date. Practic, la detectia unui nou semnal in timpul transmisiunii curente unui semnal de date, acesta sisteaza transmisia curenta si transmite in regim de broadcast un semnal de avertizare asupra congestiei retelei si reia transmisia la un moment de timp ulterior cand considera ca reseaua este libera. CSMA-CD permite calculatoarelor dintr-o retea sa trimita si sa primeasca date doar atunci cand reseaua nu este ocupata (activa). Aceasta metoda se traduce intr-o utilizare mult mai eficienta a resurselor retelei si a mediului de transmisiune.

Pentru o mai buna intelegere a conceptului de "Carrier Sense" putem face o analogie cu conversatia ce are loc intre doua persoane. Intr-o astfel de interactiune fiecare individ vorbeste atunci cand ii vine randul astfel incat schimbul de informatii dintre cei doi sa fie eficient si corect. Ideea de "Multiple Access" (acces multiplu) intervine atunci cand in aceeasi conversatie sunt implicate mai multe de 2 persoane, astfel fiecare persoana asteptand sa-i vina randul pentru a vorbi. Nu in ultimul rand, conceptul de "Collision Detection" (detectie de "coliziuni") poate fi legat de situatia in care cele doua persoane se opresc din vorbit atunci cand realizeaza ca vorbesc in acelasi timp.

Pentru ca CSMA-CD sa functioneze corect este bine ca majoritatea canalelor retelei sa nu transmita. Astfel, semnalul transmis va purta numele de

purtator, iar in lipsa acestuia se va apela la functia de Carrier Sense (detectia de purtator). Conceptul de acces multiplu se refera la acele sistemele in care toate interfetele au prioritati egale si pot transmite cu aceeasi probabilitate prin retea.

Funcția de detectie a coliziunii se activeaza atunci cand doua interfete incep sa transmita simultan, acest lucru se datoreaza faptului ca orice transmisie de date nu e este instantanee (din punct de vedere fizic, la nivel de canal). Astfel sistemul Ethernet poate sa se “infunde” daca nu exista un mecanism de prevenire precum CSMA-CD. Detectorul de coliziune a CSMA-CD functioneaza prin transmiterea unui semnal propriu. In majoritatea implementarilor sistemelor Ethernet acest semnal are in jur de 24mA. Acesta genereaza o eroare ciclica de redundanta (“Cyclic redundancy error” – CRC), ce deserveste tuturor nodurilor ce pot fi in procesul de transmitere a datelor anuntandu-le ca trebuie sa-si suspende temporar transmisia.

Tinand seama de importanta si complexitatea acestui protocol este de inteles de ce trebuie alocat suficient timp pentru invatarea si stapanirea proceselor si procedurilor implicate in functionarea acestuia. Orice administrator de retea trebuie sa cunoasca bine modul de functionare al acestui protocol, sau ca solutie alternativa sa aibe la indemana o persoana care are cunostintele si experienta necesara asigurarii functionalitatii acestui subsistem. Deoarece protocoalele de retea precum CSMA-CD sunt piese vitale in sistemele de comunicatii, acestea au parte de o imbunatatire constata, astfel incat sa se mentina in conformitate si compatibilitate cu restul schimbarilor din sistem. Este important ca administratorul de retea sa cunoasca tot timpul aceste schimbari ce intervin in arhitectura sau modul de functionare a CSMA-CD.

Per total majoritatea specialistilor descriu sistemul ca fiind unul “rezonabil de bun”, printre principalele avantaje numarandu-se faptul ca nu necesita un sistem specializat de control, precum si implementabilitatea si portabilitatea mare fata de sistemele noi (NIC). Principalul dezavantaj il reprezinta performantele slabe in sisteme foarte mari sau supraincarcate.

# **1B.Modul de functionare a CSMA-CD**

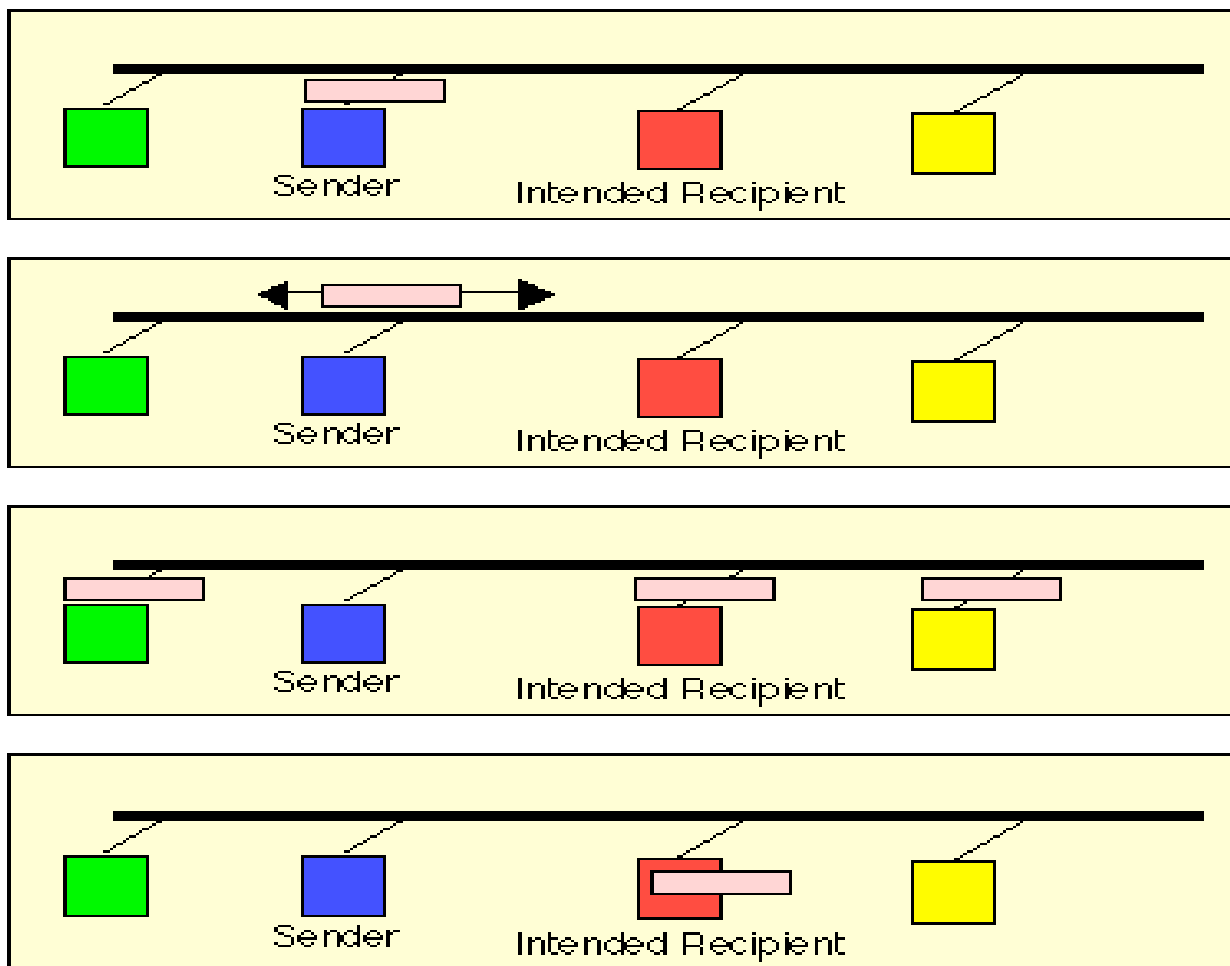
## **Mediul de transmisiune**

O retea este formata din doua sau mai multe calculatoare ce sunt conectate impreuna. Aceste noduri care sunt interconectate formeaza un domeniu de coliziune (cunoscut si sub numele de segment de Ethernet). Numele de “domeniu de coliziune” vine de la faptul ca toate nodurile componente vor primi trafic de la celelalte noduri. Astfel, intrucat mediul de transmisiune este comun tuturor nodurilor din domeniu, acesta este predispus la fenomenul de “coliziune” intre transmisii de date. Trebuie mentionat insa ca unele calculatoare, desi se afla in aceeasi retea pot fi incluse in domenii de coliziune diferite prin intrebuintarea de punti (bridges) si switch-uri.

## **Adresa MAC**

Fiecare calculator (nod) din retea are o adresa fizica unica numita MAC (Medium Access Control). Aceasta adresa este inclusa intotdeauna in NIC-uri (Network Interface Card) sub forma de chipuri ROM (Read Only Memory). Aceste adrese sunt unice la nivel global, acestea fiind asignate (alocate) producatorilor de NIC-uri in blocuri de cate 8-16 milioane de adrese distincte. Acest lucru asigura ca doua noduri de retea nu pot avea niciodata aceleasi adrese MAC, aceasta adresa fiind amprenta ce distinge fiecare calculator din retea fata de restul.

In figurile de mai jos este prezentat modul de functionare al adreselor MAC. Un pachet de date este trimis la toate celelate calculatoare din retea prin intermediul unei linii de transmisiune cu capete fara reflexie (atenuare rezistiva). Pachetul ajunge de la emitator la fiecare calculator din retea. Adresa MAC de destinatie a pachetului este analizata de fiecare calculator in parte iar cel al carui adresa corespunde cu cea de destinatie acceseaza datele din pachet.



## De la ALOHA la CSMA

Pentru a putea controla la orice moment de timp NIC-urile ce au voie sa transmita este nevoie de un protocol specializat. Cel mai simplu astfel de protocol este cunoscut sub numele de ALOHA. ALOHA permite oricarui NIC sa emita la orice moment de timp dar obliga NIC-urile sa adauge la sfarsitul fiecarei transmisii o componenta de tip checksum sau CRC pentru a permite receptorului sa identifice daca pachetul a fost primit in mod corect. ALOHA insa nu garanteaza ca pachetele de date ajung la destinatie fara a fi corupte, bazandu-se pe protocoale ARQ pentru retransmisia datelor afectate. Acest sistem este eficient doar in retele foarte mici, unde probabilitatea de coliziuni este foarte mica.

Sistemul Ethernet foloseste o versiune rafinata a protocolului ALOHA numita CSMA. Aceasta versiune are o performanta sporita fiind potrivita si pentru retelele de nivel mediu. Cand un NIC trebuie sa transmita date acesta mai intai

“asculta” prin canal pentru a vedea daca exista deja un purtator (semnal) care este transmis de alt nod. Acest lucru este realizat prin monitorizarea curentilor ce parcurg cablul de date. Astfel, transmisa de date are loc doar atunci cand nu este detectat nici un purtator in retea. Orice NIC care nu e in stare de pregatire a transmisiunii va “asculta” mediul pentru a vedea daca este in curs vreo transmisiune spre acesta. Din pacate, acest sistem nu este util atunci cand 2 NIC-uri incep transmisia in acelasi timp, deoarece acestea vor detecta inainte de transmisie acelasi mediu “curat”. Acest lucru va duce automat la o coliziune in datele transmise si deci in coruperea integritatii informatiei.

### **Collision Detection (CD)**

Pentru a detecta aparitia coliziunilor mai sus mentionat este folosit un al doilea protocol de acces in cadrul sistemului Ethernet. In timpul transmisiunii, fiecare NIC monitorizeaza propria transmisie in scopul detectiei de coliziuni. Acest lucru este facut prin detectia de exces in cantitatea de curent ce strabate cablul de transmisie. Odata detectata o coliziune, NIC-ul va transmite o secventa pe 32 de biti de indica “infundarea” canalului de transmisiune. Scopul acestei secvente este de a asigura ca nodul destinatar va primi semnalul de avertizare in loc de secventa de 32 de biti de tip MAC CRC, fiind astfel avertizat de coruperea transmisiei ce tocmai a fost intrerupta si generand la primire o eroare de CRC, ce duce la anulara tranzactiei dintre cele 2 noduri.

### **Cyclic Redundancy Check (CRC)**

Principala metoda de verificare a erorilor de transfer prin protocolul CSMA-CD o reprezinta CRC-ul. Aceasta este o valoare numerica scrisa sub forma unei secvente de 32 de biti ce este apoi concatenata la sfarsitul unui pachet de date transmis. CRC-ul este calculat atat de catre nodul transmitator (emitator) cat si de cel destinatar (receptor). Intre cele 2 valori calculate are loc o comparatie. Daca rezultatele coincid atunci transmisia este validata. Valoarea CRC-ului este calculata folosind diviziuni complexe de polinoame. Calculul se face prin divizarea intregului continut al pacheteului (adresa + date) la bitii polinomului, restul rezultat fiind folosit drept cod CRC.

## 1C.Performanta protocolului CSMA-CD

Pentru a concluziona acest studiu vom incerca sa facem o analiza cu privire la performantele protocolului CSMA-CD. Calcularea performantelor unui sistem cu CSMA-CD ce contine la orice moment de timp un singur nod transmitator. In acest caz NIC-ul va satura mediul de transmisiune obtinandu-se o utilizare de aproximativ 100% a canalului de transmisiune (adica transfer cu 10Mb/s intr-un canal LAN de 10Mb/s). Cu toate acestea, in cazul in care avem de-a face cu 2 sau mai multe NIC-uri ce incearca sa transmita simultan, performanta sistemului Ethernet nu mai poate fi masurata asa usor. Astfel, o parte din banda canalului ajunge sa fie consumata ineficient datorita coliziunilor si procedurilor de back-off aferente coliziunilor. In practica, un mediu Ethernet aglomerat de 10Mp/s va putea asigura doar 2-4 Mb/s NIC-urilor ce sunt conectate la el.

Pe masura ce nivelul de utilizare a retelei creste (in special daca creste numarul de NIC-uri ce se "bat" pe banda canalului), pot aparea fenomene de supraincarcare a retelei. In aceste cazuri, eficienta transmisiei prin sistemul Ethernet LAN scade considerabil deoarece o buna parte din capacitatea acestuia este consumata de gestiunea algoritmului CSMA-CD. Multi ingineri folosesc un prag (referinta) de utilizare de 40% pentru a determina daca o retea este supraincarcata sau nu. O retea utilizata intens va fi afectata de o rata de coliziuni mai mare ce va genera timpi de transmisie ce vor varia considerabil. O solutie o reprezinta impartirea domeniilor de coliziune din retele folosind puncte si switch-uri. O alta solutie o reprezinta folosirea sistemului Fast Ethernet ce are o banda de 100Mb/s care oricum necesita un hub sau switch deoarece transmite datele prin fibra optica sau perechi de cabluri torsionate.



## 2.Distributed-Queue Dual Bus(DQDB)

--Magistrala dubla cu comanda distribuita--

Metodele MAC sunt folosite pentru a permite unui set de noduri, sau statii care partajeaza un mediu, sa obtina control asupra acelui mediu partajat intr-o maniera controlata. Se pleaca de la ideile deja familiare de metode MAC folosite de Ethernet si retele LAN in forma de inel cu token. Acest protocol MAC a fost standardizat de comitetul IEEE 802.6 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) si se intentioneaza folosirea acestuia in configuratiile cu magistrala dubla.

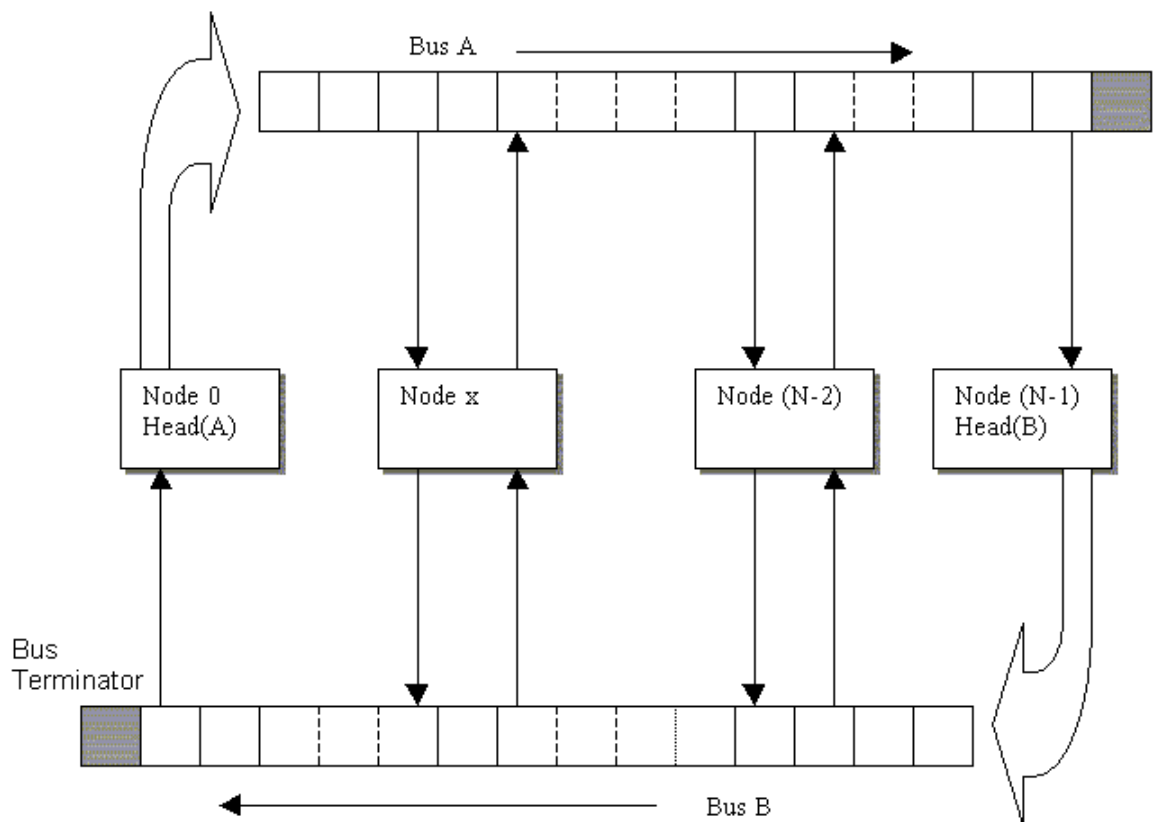


FIG1: Schema operatională de bază a protocolului DQDB

Pentru a putea intelege mai facil operatiile protocolului DQDB, vom specifica in continuare urmatoarele conventii care vor fi folosite pentru pastrarea consecventei.

- Upstream(A) inseamna flux pozitiv pe magistrala A
- Downstream(A) inseamna flux negative pe magistrala A
- Upstream(B) inseamna flux pozitiv pe magistrala B
- Downstream(B) inseamna flux negative pe magistrala B
- Head (A) inseamna nodul cel mai superior pe magistrala A
- Head (B) inseamna nodul cel mai superior pe magistrala B

## **2.1 Schema de tranzitie a Magistralei**

Ambele magistrale atat A cat si B contin un flux stabil de o lungime de slot egala cu 53 de octeti sau biti. Fiecare nod poate citi si scrie date pe oricare din aceste sloturi. Sloturile de pe magistralele A si B sunt generate de head(A) si respective head(B) . Ambele fluxuri ale sloturilor sunt absorbite de niste terminatoare de magistrala figurate cu niste patratele gri. Reteaua este controlata de un ceas de 125  $\mu$ sec. Ambele capete head(A) si head(B) genereaza si transmite mai multe impulsuri fiecare pe respectivele magistrale la fiecare 125  $\mu$ sec . Acest numar de impulsuri generate in timpul unui tact de ceas este determinat de rata fizica a magistralei.

### **Structura unui slot**

Fiecare slot are o lungime de 53 biti, primul bit fiind pentru Access Control Field (Campul de Control al Acesului), si ceilalti 52 de biti fiind biti de date. Sunt doua tipuri de sloturi : “queue arbitred” (QA) sau coada arbitrata si “pre –arbitred” (PA) sau cu acces pre-arbitrat. Sloturile QA sunt alcatuite sa poarte datele de tip packet-switched (comutatoare de pachete) iar sloturile PA sunt alcatuite sa poarte datele de tip circuit-switch (comutatoare de circuit). Prin natura lor comutatoarele

de circuit, este necesar sa gestioneze un flux dedicate de sloturi pentru fiecare nod, in dorinta de a realiza un transfer de date circuit-switched, altfel utilizabilitatea unui comutator de circuit va scadea sub un nivel care nu mai poate fi acceptat. Operatia de atribuire a schemei PA nu a fost inca standardizata. Aici ne concentram asupra sloturilor QA.

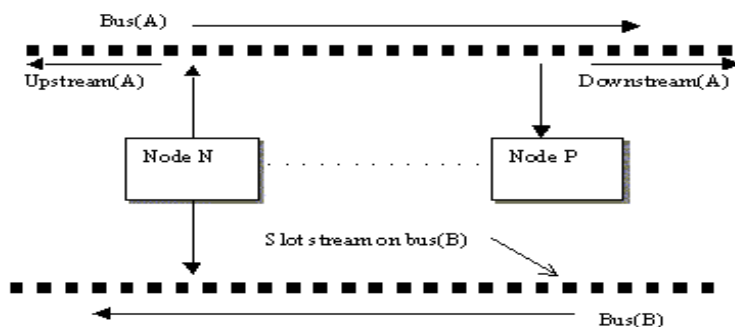


FIG2: Diagrama structurii unui slot al protocolului DQDB

Un bit din campul de control al accesului este dedicata sa indice daca pachetul este liber sau ocupat. Un alt bit din campul de control al accesului arata ca o cerere de rezervare a fost solicitata.

## 2.2 Protocolul DQDB

Protocolul cu acces distribuit la coada asigura accesul la sloturile QA din mediul DQDB . Operarea acestui protocol se bazeaza pe existenta a doua magistrale care directioneaza semnale in doua directii diferite. Simetria ofera posibilitatea ca magistrala (A) sa participe in aceeasi masura ca si magistrala(B) la procesul de transfer. Protocolul cu acces distribuit la coada este o schema distribuita de rezervare care ia in calcul simetria magistralei. In continuare este prezentat un exemplu cu doua noduri in retea. Nodul N doreste sa transmita nodului P, asa ca nodul N decide pe ce magistrala P ii va transmite date. Vom considera ca aceasta este magistrala (A). asta inseamna ca P este un downstream(A) pentru N. In figura ce urmeaza este exemplificat acest fenomen.



### FIG3: Reprezentarea relative a nodurilor N si P

Pentru ca nodul N sa ii transmita nodului P date trebuie sa foloseasca un slot liber ce pleaca din head(A) adica upstream(A). In orice caz nodurile upstream(A) detin momopolul mediului si nu vor fi sloturi libere, nodul N fiind in imposibilitatea de a transmite. Pentru a rezolva aceasta problema N trebuie sa reserve un slot (s) dinaintea acestuia, ca sa creeze legatura necesara. Pentru a comunica cu capetele upstream(A) , nodul N trebuie sa foloseasca magistrala(B) sa comunice ca si un superior al lui N, si astfel va fi posibila receptia cererii de rezervare a nodului N pe magistrala (B). aceasta operatie a protocolului DQDB necesita ca orice nod care doreste sa transmita, trebuie sa isi amane propriile nevoi pentru una din legaturile inferioare lui. In orice moment un nod, care are un capat inferior cu cerere de rezervare trebuie sa nu transmita. Aceasta permite sloturilor neutilizate sa continue transmiterea fluxului de date catre capetele inferioare. Astfel protocolul este bazat in jurul unei mechanism care permite fiecarui nod sa mentina urma tuturor cererilor de rezervare de la capetele inferioare.

Exista patru pozitii semnificative referitoare la magistrala(A)

1. Nodul 0 este responsabil cu generarea sloturilor QA pe magistrala(A).

Deoarece head(a) este sursa de impulsuri pe mafistrala(A), magistrala(A) nu va contine sloturi de adresare catre nodul 0. Astfel toate sloturile QA pornite din head(A) vor fi sloturi libere. Daca nodul doreste sa transmita, el insereaza datele in urmatorul slot QA pe care il genereaza (avand specificate toate sloturile cu cerere de rezervare pe magistrala (B)) . deoarece are nevoie de capetele upstream(A), nodul 0 nu trebuie sa isi faca probleme cu privire la cererea de rezervare. Head(A) trebuie sa asigure o cerere de rezervare extraordinara in plus pentru propia nevoie de a solutiona lucrurile intr-o maniera consecventa. Face aceasta prin plasarea cererii de rezervare intr-o stiva, si de fiecare data cand intervine un slot liber QA , va renunta la vechea cerere pentru slot. Cand head(A) are propriile date de transmis, el genereaza o cerere interna care este plasata la baza stive FIFO. Orice secventa de cerere este adaugata in stiva, dupa aceasta cerere de slot a lui head(A). Dupa ce numarul necesar de cereri a

- fost facut , cererea lui head(A), soseste din varful stivei si head(A) genereaza un QA de ocupare a magistralei pentru a adresarea datelor.
2. La celalalt capat bus(A) este nodul (N-1) sau head(B). Acest nod nu are noduri inferioare asadar, nu transmite pe magistrala(A). Fiind o sursa de sloturi pe magistrala(B) nu are nevoie sa solicite cereri de rezervare pe magistrala (B) . Singura activitate ce include transfer de date pe magistrala(A) este sa monitorizeze fluzurile pe sloturi pentru oricare sloturi QA adresata acesteia si apoi le copiaza.
  3. Cel mai apropiat nod upstream(A) al head(B) este nodul (N-2) . daca acest nod doreste sa transmita un segment de dare trebuie sa solicite mai intai o cerere pe magistrala(B) pentru un slot disponibil pe magistrala(A). Aceasta se va realize prin semnalarea unui bit de cerere intr-un slot care trece prin magistrala(B). Nodul (N-2) face rezervarea pe magistrala(B) dar nu primeste niciodata cereri rezervare pe magistrala(B). Nodul (N-2) primeste sloturi adresate lui insusi de la magistrala(A) . Daca nodul(N-2) doreste sa transmita nodului (N-1) acesta va solicita o cerere de rezervare pe magistrala(B) si poate transmite datele pe acel segment de pe primul slot liber care trece pe magistrala(A). Exista cate un bit in fiecare slot care indica cand slotul este disponibil sau liber.
  4. Orice alt nod care se gaseste intre head(A) si nodul (N-2) , este marcat aici cu nodul X . Acest nod primeste date de la magistrala(A). Similar si nodul (N-2), oricand nodul X doreste sa transmita el trebuie sa solicite o cerere de rezervare pe magistrala (B) pentru un slot liber. In plus similar cu head(A) el trebuie de asemenea sa tina evident tuturor cererilor de rezervarecare sosesc pe magistrala(B) asa incat si propriile cereri vor fi manipulate intr-o maniera delicata. Astfel cand nodul s are date de transmis (la timpul t) si a emis o cerere de rezervare, el poate transmite datele cand numarul de sloturi care au trecut pe magistrala(A) de la momentul de timp t esre egal cu numarul de cereri de sloturi primite de la nodurile superioare , inainte de timpul t.

### **2.3 Mecanismul de numarare al DQDB**

Protocolul DQDB este implemetat pe o colectie distribuita de stive FIFO. La fiecare nod o coada se formeaza pentru fiecare magistrala si pentru fiecare cerere

de rezervare care se observa, nodul incrementeaza stiva cu unu. Cand nodul insusi doreste sa transmita , el adauga elemete in stiva. Cand elementele dinstiva ajung in varful acesteia, nodul poate transmite in urmatara QA libera. Fiecare nod poate doar sa aiba o singura cerere pentru sine in coada la un moment dat, pastrand in minte faptul ca simetria schemei permite si doua stive pe nod.

Nodurile asadar au o pereche de numaratoare pentru fiecare magistrala. Acestea sunt cunoscute sub numele de numaratoare de cerere sau RQ si numaratoare inversa sau CD. In intervalul de timp in care nodul nu are nici o data de trimis, el mentine evident cererilor de rezervare primite de la magistrala(B) prin notarea de fiecare data a trecerii unui slot QA chiar daca bitul de cerere este setat. De fiecare data cand un bit de cerere a setat cererea de numarare RQ , este incrementat cu unu. Simultan nodul monitorizeaza fluxul de sloturi pe magistrala(A). De fiecare data cand un slot liber trece , nodul este decrementat de RQ din stiva , cu valoarea de unu pana la minimul de 0.

Astfel la orice moment de timp statusul lui RQ reprezinta nevoia nesatisfacuta pentru un slot QA liber de la nodul inferior . Aceasta inseamna ca nodul trebuie sa permita trecerea unui slot QA liber prin magistrala(A) inainte ca sa fie posibila utilizarea lui QA pentru transmitere. Cand acest nod nu doreste sa transmit pe magistrala(A) el va solicita o cerere pe magistrala(B) imediat ce este posibil acest lucru. In mod ideal, acesta ar trebui sa fie primul slot care trece prin magistrala(B), care nu are bitul de de cerere deja setat de catre un nod superior. Cand primul slot soseste pe magistrala (B) care nu a avut bitul de cerere setat de un nod superior, acesta il poate schimba si poate acorda trecere acestuia. Simultan, valoarea curenta numaratorii stivei RQ este transferata la CD si RQ este setat pe 0. Acum CD are o voalare intreaga. Nodul apoi continua sa monitorizeze ambele cereri primite pe magistrala(B) pentru orice cerere de rezervare. Aceasta va mentine o singura stiva FIFO in care nodul poate solicita propriile cereri.

Metoda aceasta in forma de coada, permite ca sloturile sa nu fie irosite daca a fost solicitata o cerere de slot. Numaratoarea CD in nodurile cozii reprezinta numarul de cereri de rezervare care au avut loc in toata coada. La orice moment de timp,una din cereri poate fi trecuta in coada, asadar cel putin un nod este garantat ca va avea numaratoarea CD la 0 si ca nodul acela va putea folosi urmatorul slot liber ce va trece in magistrala.

## **2.4 Concluzii DBQD**

Protocolul este foarte eficient sub toate condițiile de solicitare. În timpul unei solicitări usoare a rețelei contorul CD va fi mic, sau chiar 0, și va fi o abundență de sloturi libere, iar întârzierile vor fi neglijabile, asemănător protocoalelor CSMA/CD. Sub solicitări intense ale rețelei, aproape toate sloturile QA libere sunt folosite de unul din nodurile care așteaptă și eficacitatea rețelei se va apropia de 100% asemănător protocoalelor magistralei cu token sau inelelor cu token. Aceste caracteristici de acces rapid sub solicitări intense și cozi predictibile sub aceste solicitări intense, fac aceste protocoale să fie potrivite pentru implementarea MAN (Metropolitan Area Network), în situații cu rate mari de transfer de date, când traficul este segmentat ca urmare a utilizării interactive și a unui trafic intens preponderent transferului de fișiere.

# BIBLIOGRAFIE

## Capitolul 1

- Articol sintetizator: "Understanding CSMA-CD and how it works", Robert Bell  
<http://www.articledashboard.com/Article/Understanding-CSMA-CD-and-How-it-Works/779598>
- Cursul profesorului G. Fairhurst: "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)"  
<http://www.erg.abdn.ac.uk/~gorry/eg3561/lan-pages/csma-cd.html>
- Articol de specialitate: "The IEEE 802.3 Standard (Ethernet): An Overview of the Technology", Rion Hollenbeck, 17 September 2001 <http://rionhollenbeck.com/GradPortfolio/Papers/620-Ethernet/Ethernet.pdf>

## Capitolul 2

- [http://engweb.info/courses/various/gnotes/dqdb\\_lecture.html#fig4-1](http://engweb.info/courses/various/gnotes/dqdb_lecture.html#fig4-1)
- "Rețele de Calculatoare" –Andrew Tanenbaum, editia a IV-a, ed. Byblos 2003