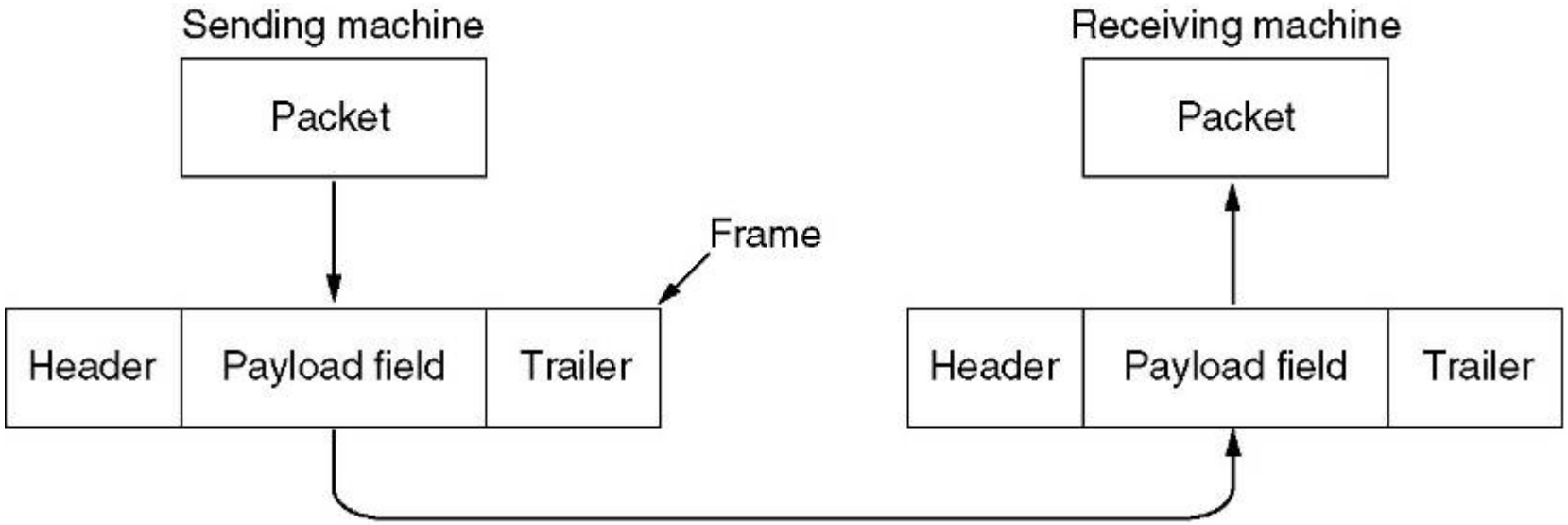
Nivelul legăturii de date

Funcţiile nivelului legăturii de date

1 – Încadrarea datelor

2 – Transmisia transparentă



3 – Controlul erorilor

- Coduri detectoare și corectoare de erori
  - secvenţa de control a cadrului - FCS - frame checking sequence
- Mecanisme de protocol
  - mesaje de confirmare
  - ceasuri
  - numere de secvenţă

4 – Controlul fluxului – protocol

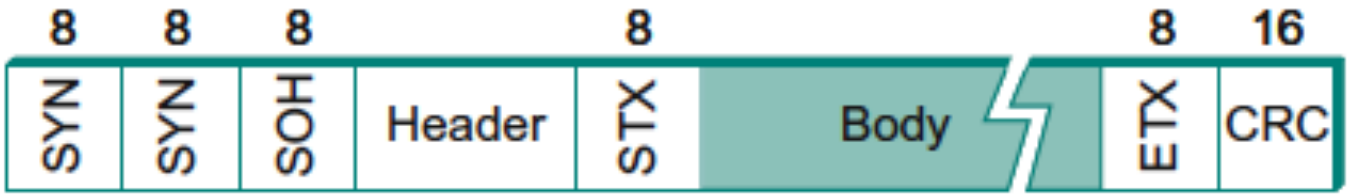
- mesaje de permisiune pentru transmiţător

5 – Gestiunea legăturii – protocol

- stabilirea şi desfiinţarea legăturii
- re-iniţializare după erori
- configurarea legăturii (staţii primare şi secundare, legături multipunct etc.)

Metode de încadrare

1) Caractere de control (BSC - Binary Synchronous Communication)



SOH - start of heading

STX - start of text

ETX - end of text

ETB - end of transmission block

EOT - end of transmission

ENQ - enquiry

ACK - acknowledge

NAK - not acknowledge

SYN - synchronous idle

DLE - data link escape

CRC - cyclic redundancy check

Metode de încadrare

2) Numărarea caracterelor (DDCMP - Digital Data Communications Message Protocol)

SYN SYN SOH count flag resp seq address CRC data CRC

3) Indicatori de încadrare (HDLC - High Level Data Link Control)

flag address command data FCS flag

2 – Transmisie transparentă

STX text ETX — **text alfanumeric: OK!**

STX text… ETX …text ETX — **text binar: ETX fals ?**

Solutie: umplere cu caractere

Dubleaza caracterele de control cu DLE

Defineste combinatii admise

DLE STX – start text transparent

DLE ETX – sfarsit text transparent

DLE STX text… ETX …text DLE ETX CRC

Dubleaza DLE la transmitere si elimina la receptie

DLE STX ... DLE DLE ... DLE ETX

Eroare: receptie DLE x

cu x diferit de STX, ETX, DLE

Umplere cu biţi

Date de transmis includ un flag fals de terminare a cadrului

011011111101111111111010

01111110 011011111101111111111010 01111110

Solutia: adaugarea unui zero dupa 5 unitati (in interiorul cadrului!)

01111110 011011111010111110111110010 01111110

Adaugarea se face indiferent daca dupa 5 unitati urmeaza 0 sau 1

Simplifica regula receptorului: elimina zeroul aflat dupa 5 unitati

011011111010111110111110010

011011111101111111111010

Detecţia şi corectarea erorilor

Noțiuni preliminare

- A = {0, 1} alfabet binar
- W_n mulţimea cuvintelor **w** de lungime n peste A

  w = w[0] w[1] ... w[n-1] , cu w[i] ϵ A.
- ponderea Hamming a lui **w** = numărul de unităţi conţinute de **w**
- distanţa Hamming, d(u,v) dintre **u** şi **v** este

  ponderea vectorului suma modulo 2 **u+v**

Detecţia şi corectarea erorilor

Ideea - utilizarea unei submulțimi a lui W_n pentru mesaje corecte

Condiția – erorile să producă cuvinte din restul mulțimii W_n

Multimea cuvintelor W_n de lungime n se impart in 2 categorii:

S_n este multimea cuvintelor cu sens

F_n este multimea cuvintelor fara sens

Pentru detecţia a cel mult r erori se alege S_n astfel ca

$d(u,v) >= r+1$ pentru orice u, v din S_n

Pentru corecţia a cel mult r erori se alege S_n astfel ca

$d(u,v) >= 2r+1$ pentru orice u, v din S_n

Exemplu

S_{10} = {0000000000, 0000011111, 1111100000, 1111111111}

d(u,v) = 5 => putem corecta erori duble

Astfel,

0000000111 se corectează la 0000011111

Nu se pot corecta 3 erori:

0000000111 poate proveni din 0000000000 in cazul a 3 erori

Metoda Hamming

Biţi numerotaţi de la 1 (stânga) la n (dreapta)

Codificare: Biţii 1, 2, 4, 8, ... (puteri ale lui 2) sunt de control

Control paritate (pară sau impară)

Bitul k este controlat de biţii ale căror poziţii însumate dau k;

Bit 1	controlat de biţii	1
Bit 2	controlat de biţii	2
Bit 3	controlat de biţii	1, 2
Bit 4	controlat de biţii	4
Bit 5	controlat de biţii	1, 4
Bit 6	controlat de biţii	2, 4
Bit 7	controlat de biţii	1, 2, 4
Bit 8	controlat de biţii	8
Bit 9	controlat de biţii	1, 8
Bit 10	controlat de biţii	2, 8
Bit 11	controlat de biţii	1, 2, 8

Metoda Hamming (2)

Invers:

Bit 1 controlează biţii 1, 3, 5, 7, 9, 11

Bit 2 controlează biţii 2, 3, 6, 7, 10, 11

Bit 4 controlează biţii 4, 5, 6, 7

Bit 8 controlează biţii 8, 9, 10, 11

Aceasta forma foloseste la calculul bitilor de control

Exemplu (paritate pară) pentru **1100001**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
?	?	1	?	1	0	0	?	0	0	1
1	?	1	?	1	0	0	?	0	0	1
1	0	1	?	1	0	0	?	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	?	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1

Prima forma foloseste la corectarea erorilor

Ex.1 In loc de:

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1100001	=>	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
Se primeşte eronat		1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1

Sume eronate controlate de 2 (suma pozitiilor 2,3,6,7,10,11 nu este 0)

si de 8 (8,9,10,11)

8 + 2 = 10 => bitul din poziţia 10 este singurul controlat de bitii 8 si 2 ➔ bit 10 este inversat

Bit 1 controlat de biţii 1
Bit 2 controlat de biţii 2
Bit 3 controlat de biţii 1, 2
Bit 4 controlat de biţii 4
Bit 5 controlat de biţii 1, 4
Bit 6 controlat de biţii 2, 4
Bit 7 controlat de biţii 1, 2, 4
Bit 8 controlat de biţii 8
Bit 9 controlat de biţii 1, 8
Bit 10 controlat de biţii 2, 8
Bit 11 controlat de biţii 1, 2, 8

Ex. 2 In loc de:

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1100001	=>	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
Se primeşte eronat		1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1

Suma eronata controlata de 2 (suma pozitiilor 2,3,6,7,10,11) nu este 0

		1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1

celelalte sume sunt corecte ➔ bit 2 este inversat

Obs.

Codul Hamming corecteaza erorile de 1 bit

Corecţia erorilor in rafală

Utilizarea unui cod Hamming pentru corecţia erorilor in rafală

- matricea de biți este transmisă coloană cu coloană
- poate corecta erori în rafală dintr-o coloană dacă există un bit eronat pe fiecare linie

Char.	ASCII	Check bits
H	1001000	00110010000
a	1100001	10111001001
m	1101101	11101010101
m	1101101	11101010101
i	1101001	01101011001
n	1101110	01101010110
g	1100111	01111001111
	0100000	10011000000
c	1100011	11111000011
o	1101111	10101011111
d	1100100	11111001100
e	1100101	00111000101

Order of bit transmission

Coduri detectoare de erori

Coduri polinomiale

k biţi de informaţie (date) — **i(X)** polinomul corespunzător

Ex. k=5 10110 — $i(X) = 1*X^4+0*X^3+1*X^2+1*X^1+0*X^0$

n-k biţi de control — **r(X)**

n biţi în total — $\mathbf{X^{(n-k)}i(X) + r(X)}$

r(X) se alege astfel ca sa fie multiplu de **g(X)** — $\mathbf{w(X) = X^{(n-k)}i(X) + r(X)}$, $\mathbf{w(X) = g(X).q(X)}$

$$X^{(n-k)}i(X) + r(X) = g(X).q(X)$$

$$X^{(n-k)}i(X) = g(X).q(X) + r(X)$$

r(X) este restul împărţirii lui $\mathbf{X^{(n-k)}}$ **i(X)** la **g(X)**

Coduri detectoare de erori

Frame : 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

Generator: 1 0 0 1 1

Message after 4 zero bits are appended: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0

Calculul sumei de control pentru un cod polinomial

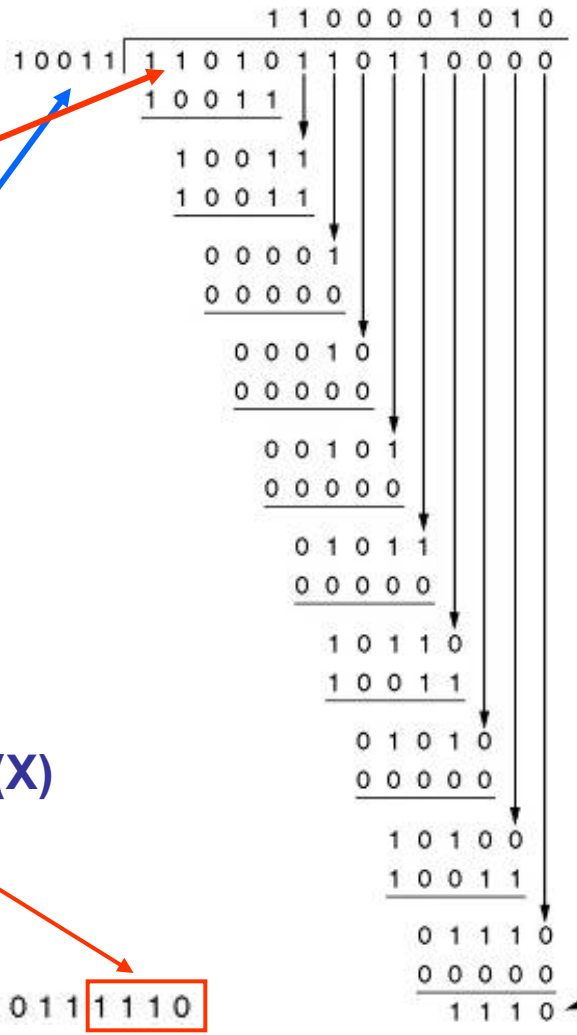
10 biti informatie + 4 biti control

Imparte **11010110110000**

la 10011

$X^{(n-k)}$ i(X)

g(X)



r(X) = rest împărţire X(n-k) i(X) la g(X)

Transmitted frame: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0

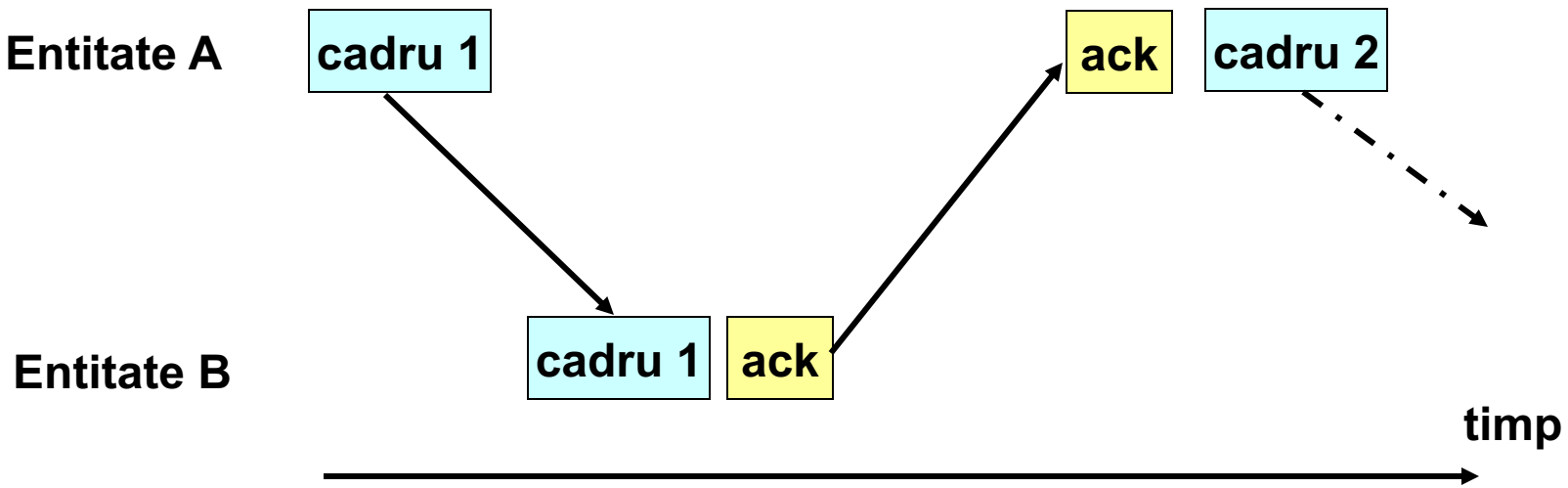
Ce erori pot fi detectate?

- Probabilitatea de detectie depinde de lungimea codului de control
- CRC si sume de control pe
  - 8 biti detecteaza 99.6094% din erori
  - 16 biti detecteaza 99.9985% din erori
  - 32 biti detecteaza 99.9999% din erori

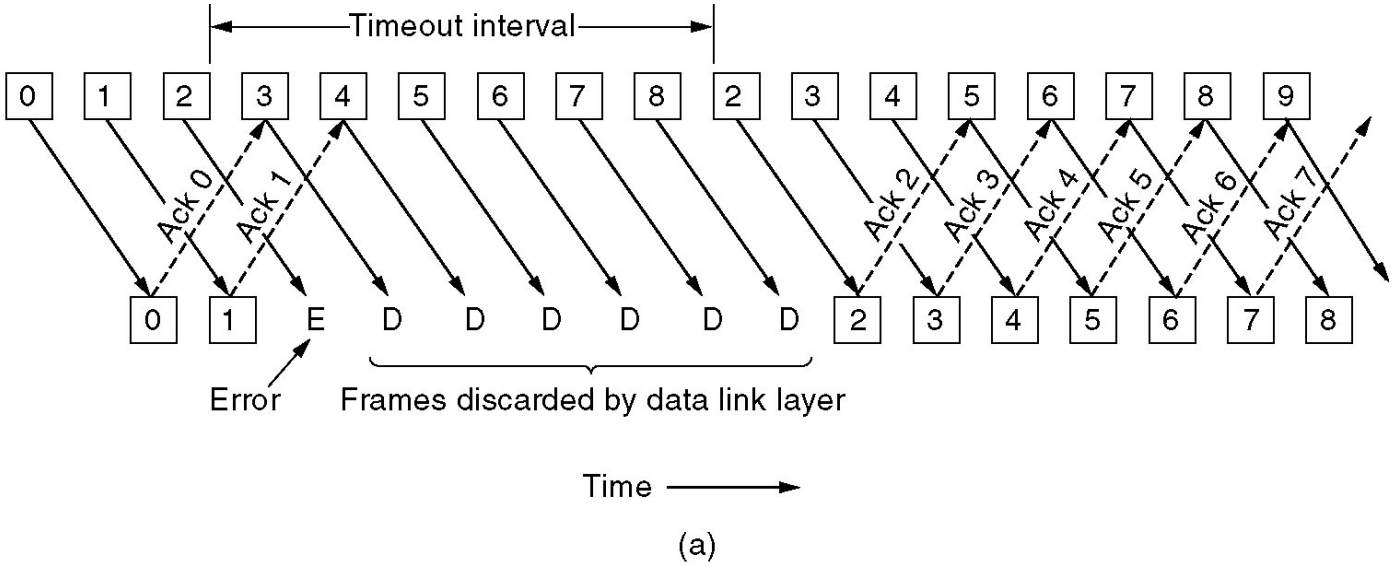
- In plus, CRC detecteaza 100% erori de
  - 1 bit;
  - 2 biti;
  - un numar impar de biti;
  - erori in rafala de lungimea codului CRC.

Protocoale elementare pentru legătura de date

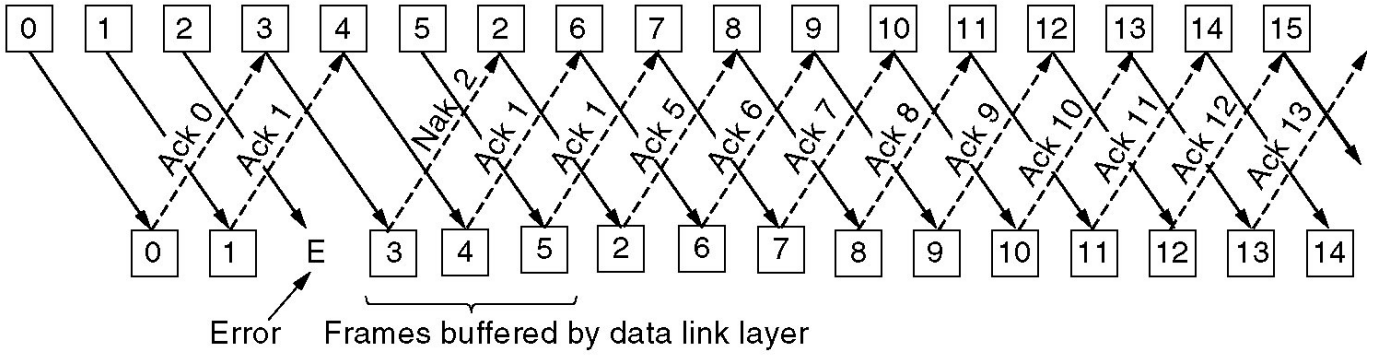
Start-stop



Ferestre glisante



(a)



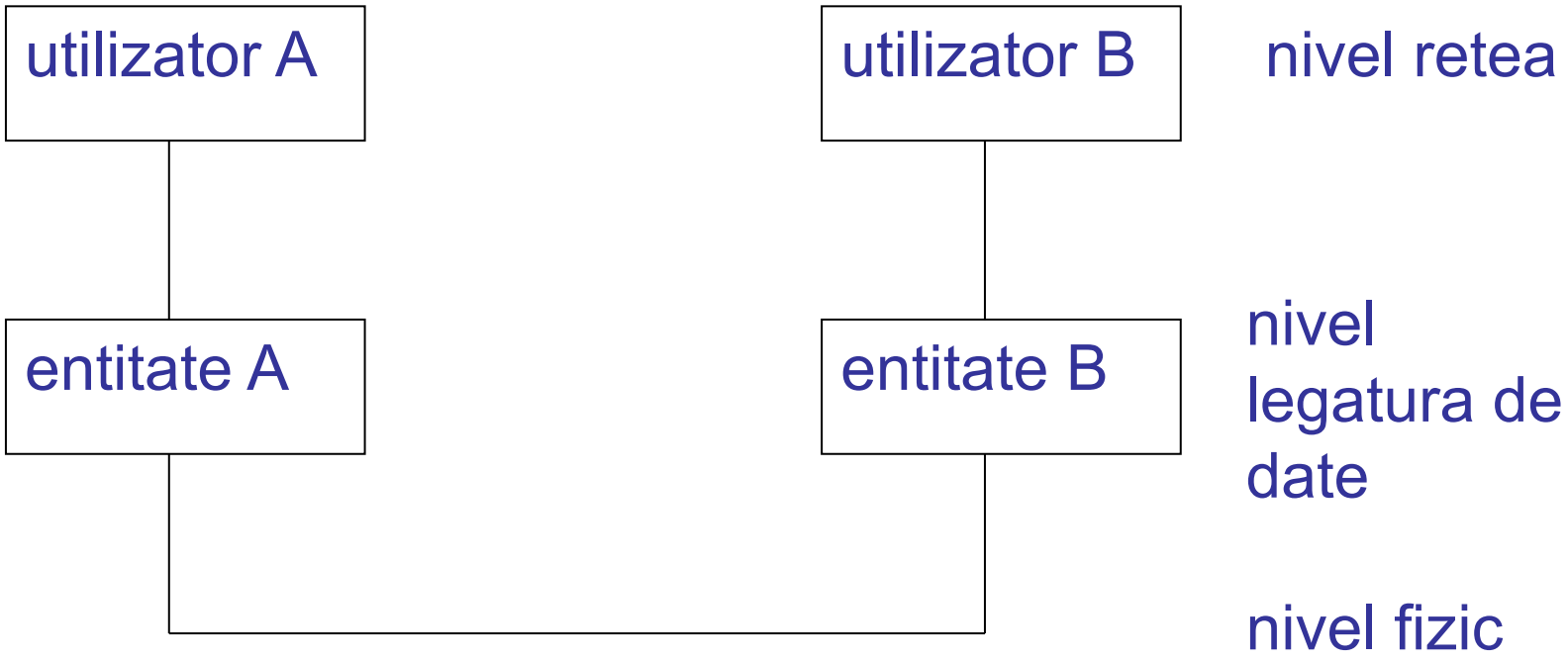
(b)

Specificaţie Protocol

- scop şi funcţii
- servicii oferite
- servicii utilizate din nivel inferior
- structura internă (entităţi şi relaţii)
- tipuri şi formate mesaje schimbate între entităţi
- reguli de reacţie a fiecărei entităţi la comenzi, mesaje şi evenimente interne

Protocoalele legăturii de date

Configuraţia entităţilor de protocol



Datele

```
typedef unsigned char byte;
typedef unsigned int word;
typedef byte NrSecv;

enum FelCadru {data, ack, nak};

typedef struct {
    FelCadru fel;
    NrSecv secv, conf;
    pachet info;
} cadru;

typedef struct {void *adresa;
                word lungime;
} pachet;
```

Primitivele de serviciu

La interfata cu nivelul superior (retea)

- preluarea unui pachet de la retea pentru transmitere pe canal

```
pachet DeLaRetea();
```

- livrarea către retea a unui pachet

```
void LaRetea (pachet);
```

La interfata cu nivelul inferior

- trecerea unui cadru nivelului fizic pentru transmisie

```
void LaFizic (cadru);
```

- preluarea unui cadru de la nivelul fizic

```
cadru DeLaFizic();
```

Tratarea evenimentelor

```
enum TipEven { SosireCadru,
               EroareControl,
               TimeOut,
               ReteaPregatita};

TipEven wait();
```

Protocoale start-stop

Protocol simplex fara restrictii

- utilizatorul A vrea să transmită date lui B folosind o legătură sigură, simplex;

- A reprezintă o sursă inepuizabilă de date;

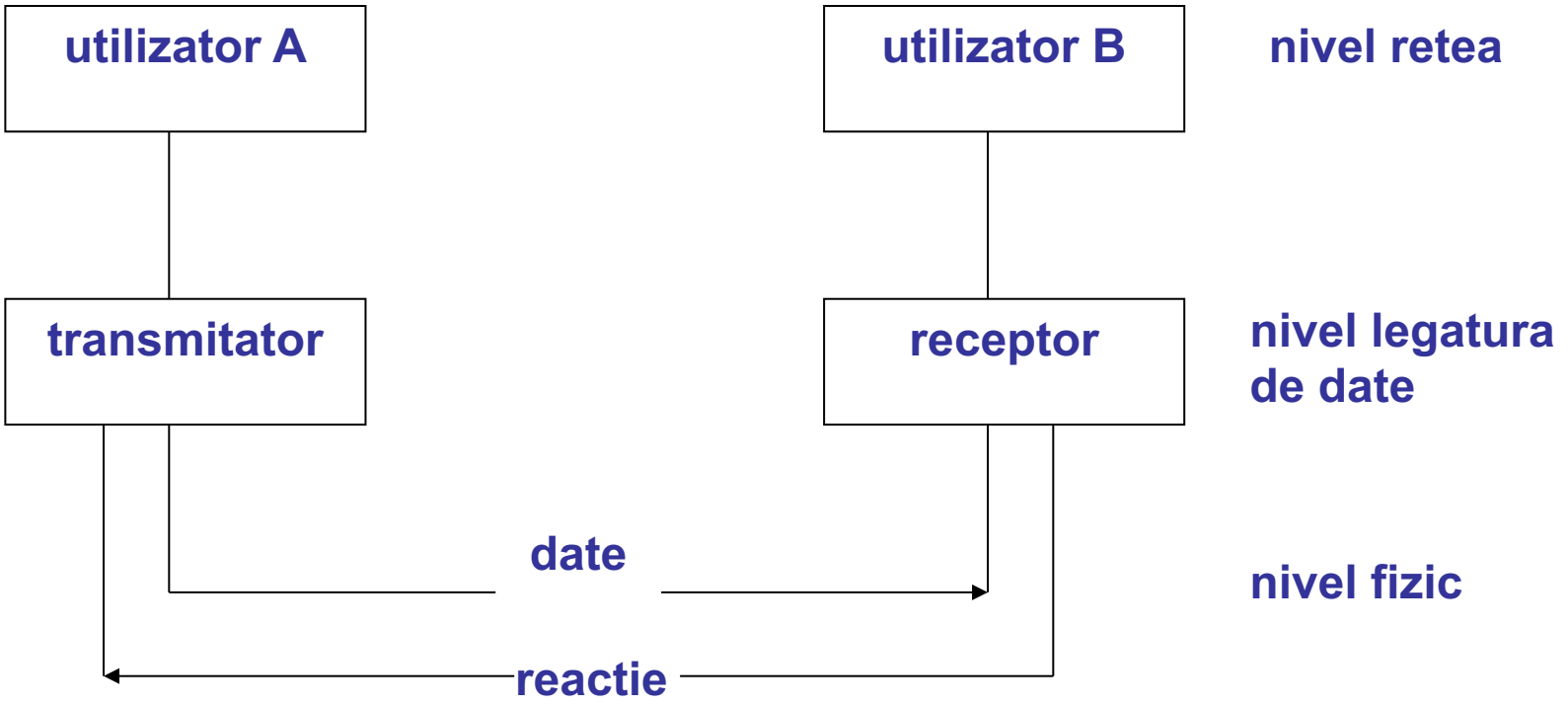
- B reprezintă un consumator ideal;

- canalul fizic de comunicaţie este fără erori.

```
# define forever while(1)
// entitatea din sistemul transmitatorului
void transmit1(){
    cadru s;
    do{
        s.info = DeLaRetea();   //preia pachet
        LaFizic(s);             //transmite cadru
     } forever;
}

// entitatea din sistemul receptorului
void recept1(){
    cadru r;
    TipEven even;
    do{
         even = wait();         //asteapta cadru
         r = DeLaFizic();       //primeste cadru
         LaRetea(r.info);       //preda pachet
     } forever;
}
```

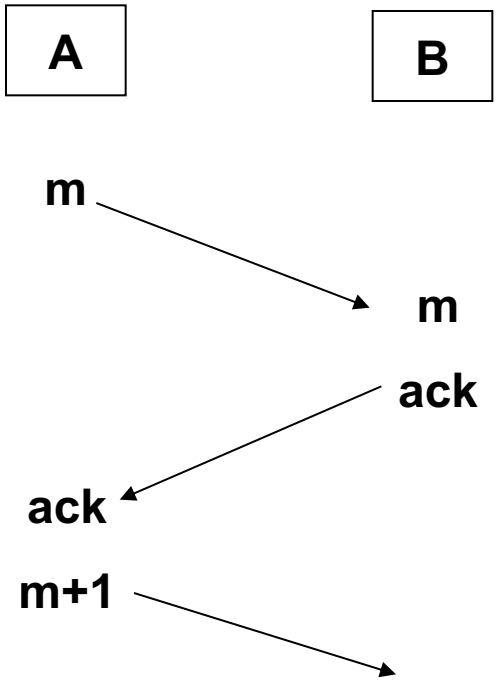
Protocol simplex start-stop

canalul fara erori
utilizatorul B nu poate accepta date în orice ritm



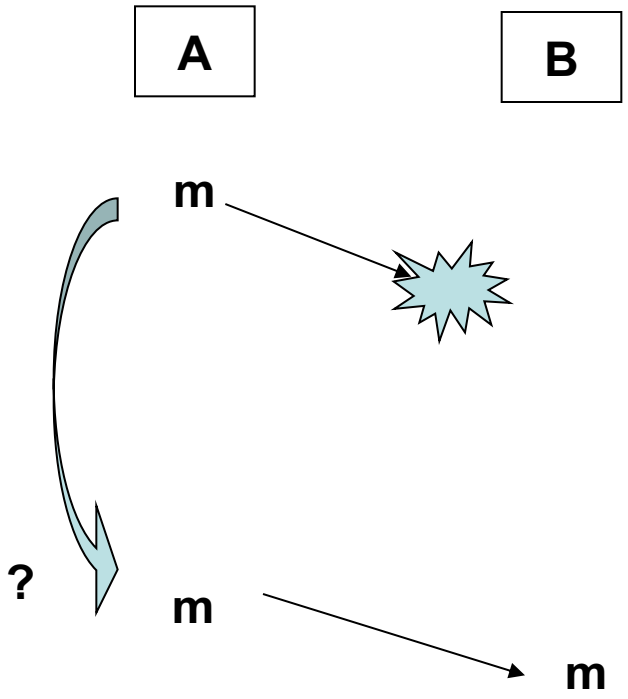
```
void transmit2(){
    cadru s;
    TipEven even;
    do{
        s.info=DeLaRetea();
        LaFizic(s);
        even=wait();                    //asteapta permisiunea
     } forever;
}

void recept2(){
    cadru s,r;
    TipEven even;
    do{
        even=wait();                  //poate fi doar SosireCadru
        r=DeLaFizic();
        LaRetea(r.info);
        LaFizic(s);                     //transmite permisiunea
    } forever;
}
```

Protocol simplex pentru un canal cu erori



Entitaţi legătură de date

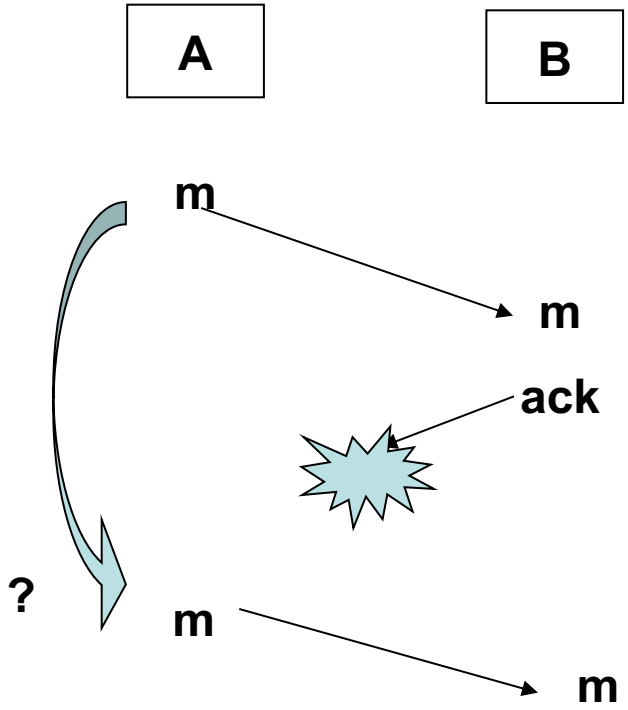
Transmisie corecta



Pierdere m

La time-out A retransmite m

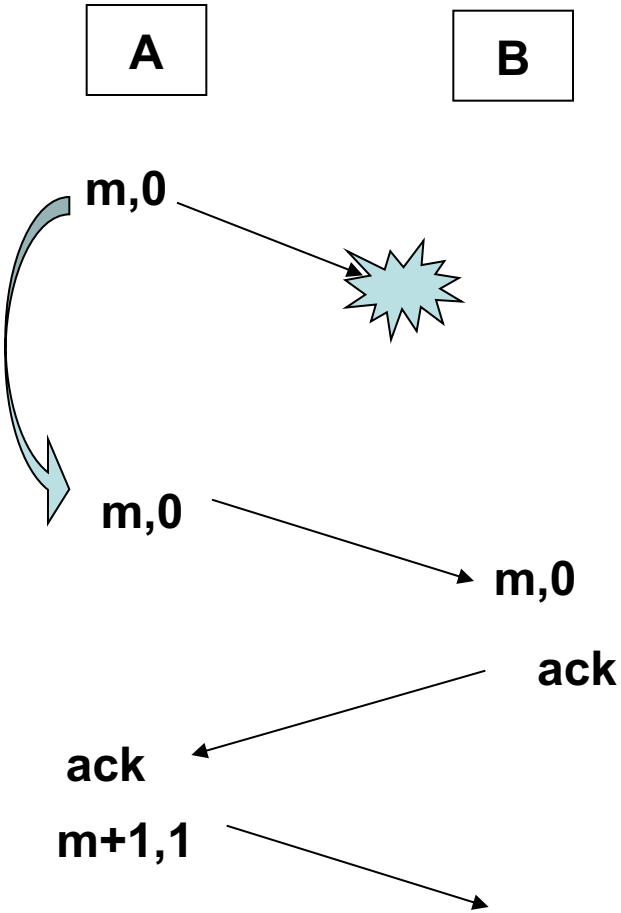
Care este acceptat corect de B

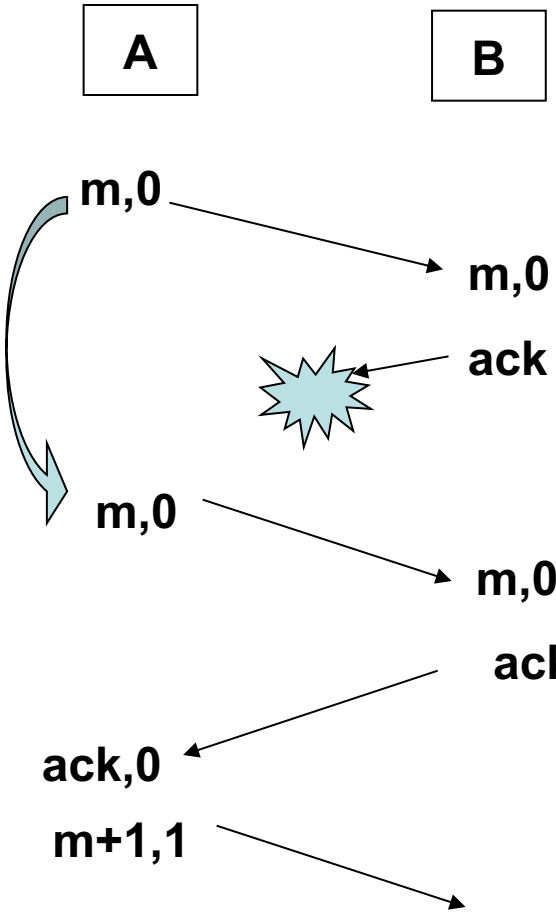


Pierdere ack

La time-out se retrimite m

Care este acceptat incorect, ca mesaj nou de B !





- accepta

- ignora

se adauga un numar de secventa

la time-out se re-transmite ultimul cadru

B accepta daca este corect

B ignora daca este dublura

Protocol simplex pentru un canal cu erori (2)

Este nevoie de un ceas

```
void StartCeas(NrSecv);
void StopCeas (NrSecv);
```

de eveniment TimeOut

si de numere de secventa - cadrele succesive m, m+1, m+2 au numerele de secvenţa alternante 0, 1, 0 … (protocol cu bit alternat)

fiecare cadru are campurile info si secv; al doilea modificat prin:

```
void inc (NrSecv&);
```

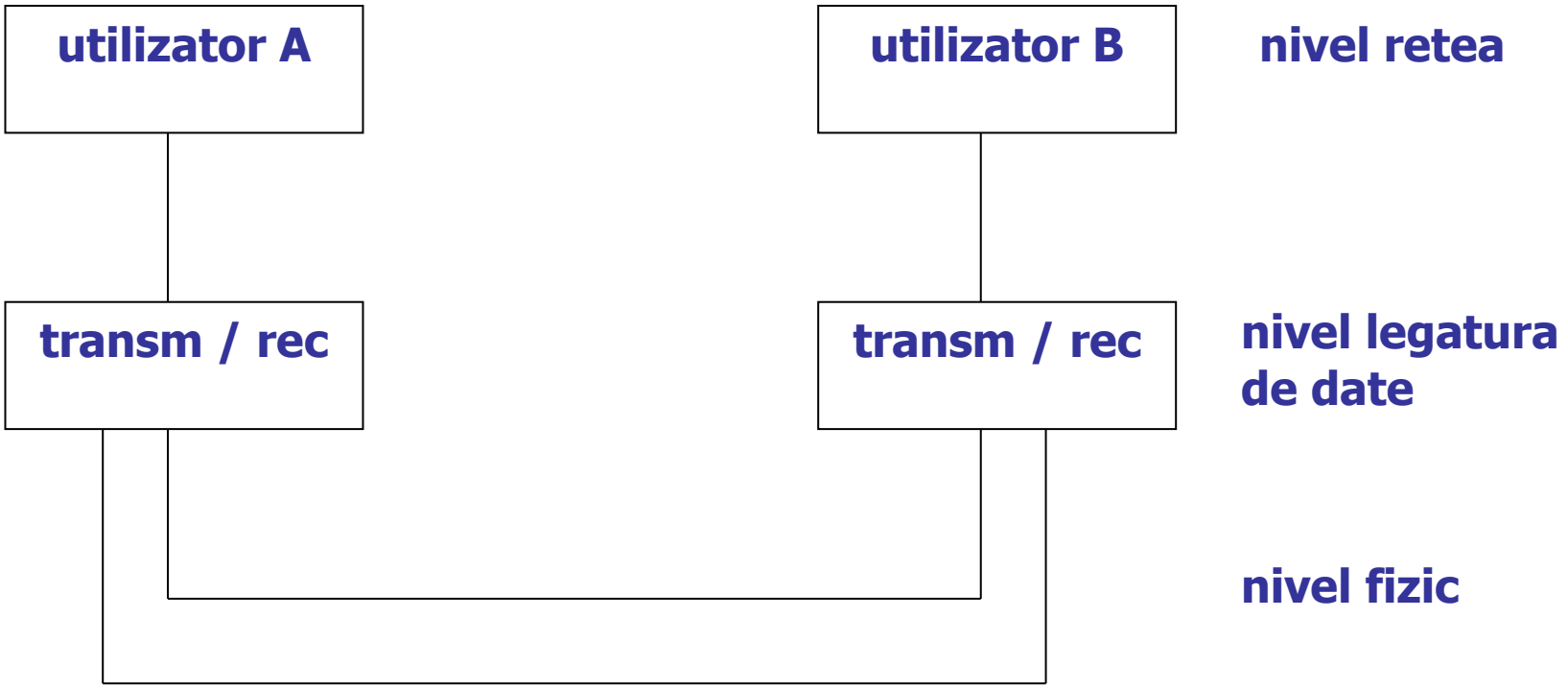
```
#define MaxSecv 1

void inc(NrSecv& k){
      k==MaxSecv ? k=0 : k++;
}
```

```
void transmit3() {
    NrSecv CadruUrmator=0;
    cadru s;
    TipEven even;
    s.info=DeLaRetea();          //pregateste un cadru
    do{
        s.secv=CadruUrmator;     //adauga nr secventa
        LaFizic(s);
        StartCeas(s.secv);
        even=wait();             // poate fi SosireCadru,
                                 // TimeOut sau
                                 // Eroarecontrol
        if(even==SosireCadru) {      //confirmare intacta
            StopCeas(s.secv);
            s.info=DeLaRetea();
            inc(CadruUrmator);
        }
    }forever;
}
```

```
void recept3(){
    NrSecv CadruAsteptat=0;
    cadru r,s;
    TipEven even;
    do{
        even=wait();      //SosireCadru sau EroareControl
        if(even==SosireCadru){
            r=DeLaFizic();
            if(r.secv==CadruAsteptat){
                LaRetea(r.info);      //cadru în secventa
                inc(CadruAsteptat);
            }
            LaFizic(s);   //transmite oricum confirmarea
        }
    }forever;
}
```

Protocoale cu fereastră glisantă

Configuraţia



2 legaturi pentru date+confirmare

Protocol cu numar de secventa de un bit

Fiecare stație

are o secventa de initializare in care trimite un prim cadru

si realizează ciclic următoarele operaţii:

receptia unui cadru,
prelucrarea sirului de cadre receptionate,
prelucrarea sirului de cadre transmise,
transmiterea sau retransmiterea unui cadru impreuna cu confirmarea cadrului receptionat corect.

Fiecare cadru are campurile: info, secv, conf

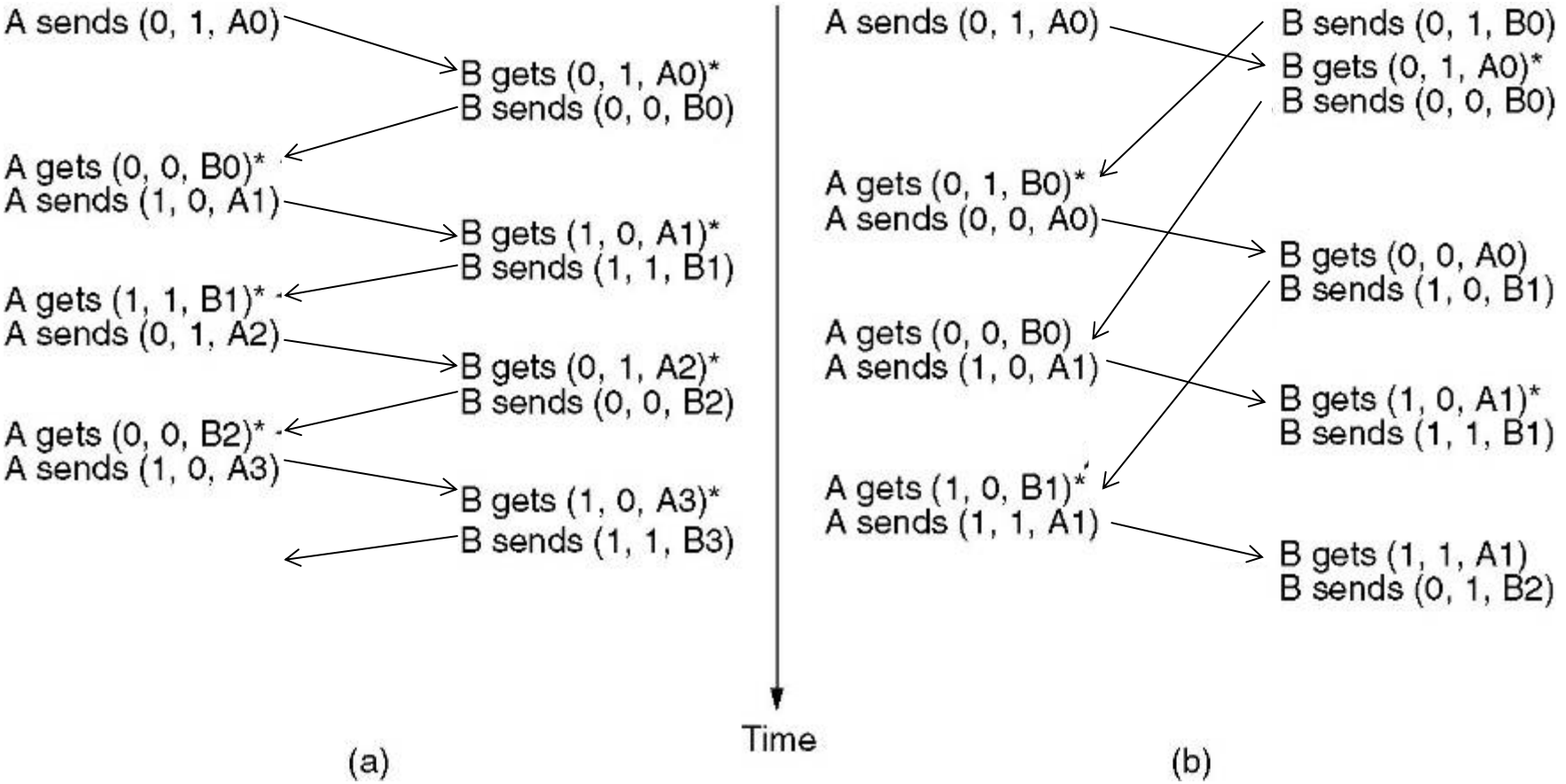
```
void protocol4(){
    NrSecv CadruUrmator=0;// 0 sau 1
    NrSecv CadruAsteptat=0;     // 0 saau 1
    cadru r,s;
    TipEven even;              //SosireCadru, TimeOut
                          //sau EroareControl

//pregateste cadru initial
    s.info=DeLaRetea();
    s.secv=CadruUrmator;
    s.conf=1-CadruAsteptat;
    LaFizic(s);                //transmite cadrul
    StartCeas(s.secv);
```

```
do{
  even=wait();
  if(even==SosireCadru){
        r=DeLaFizic();
  //cand este cadrul asteptat, livreaza-l entitatii retea
        if(r.secv==CadruAsteptat){
            LaRetea(r.info);
            inc(CadruAsteptat);
        }
   //cand cadrul transmis este confirmat, pregateste
   // urmatorul cadru
        if(r.conf==CadruUrmator){
            StopCeas(r.conf);
            s.info=DeLaRetea();
            inc(CadruUrmator);
        }
  }
```

//construiteste si transmite un nou cadru

```
    s.secv=CadruUrmator;
    s.conf=1-CadruAsteptat;
    LaFizic(s);
    StartCeas(s.secv);
  }forever;//reia de la asteptarea unui cadru
}
```

Functionare protocol cu număr de secvență de un bit

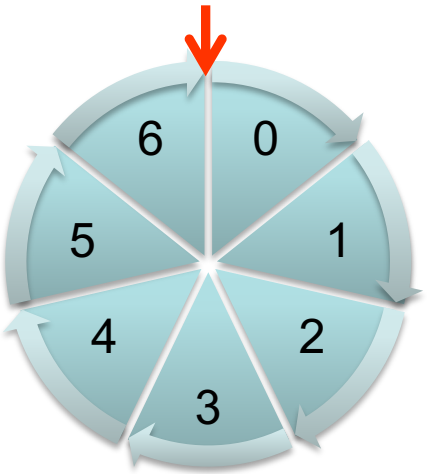


Două scenarii pentru protocolul 4. (a) Cazul normal. (b) Caz anormal.

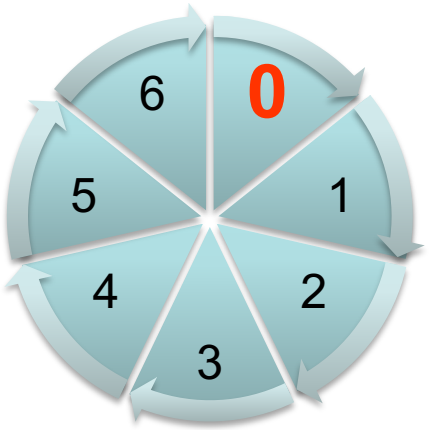
Notaţia este (seq, ack, packet number).

Un asterisc arată că nivelul reţea acceptă pachetul.

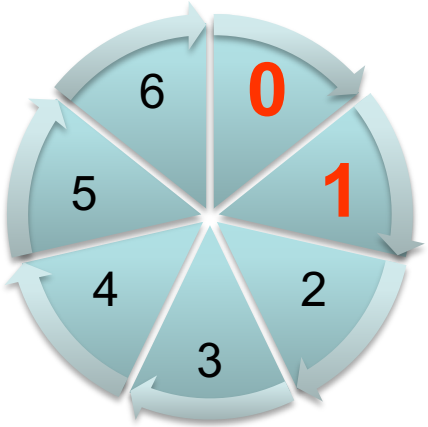
Fereastra transmitatorului



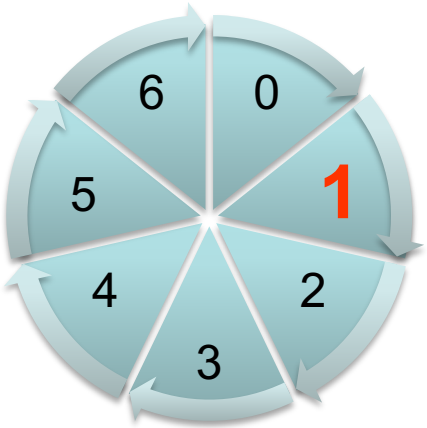
Initial
Fereastra Φ



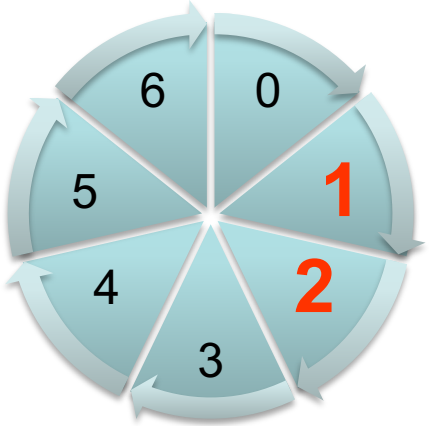
Trimis cadru 0
Fereastra 0



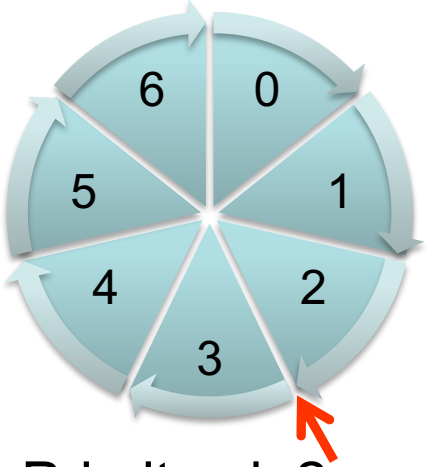
Trimis cadru 1
Fereastra 0,1



Primit ack 0
Fereastra 1

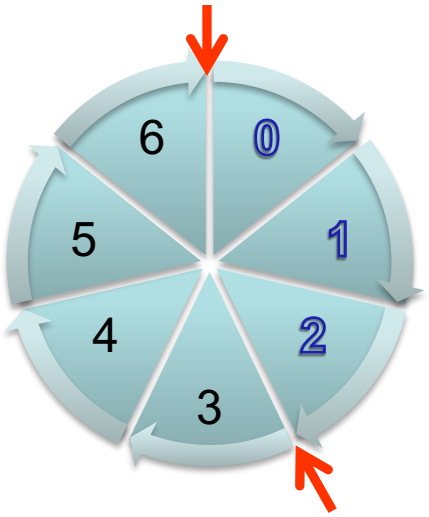


Trimis cadru 2
Fereastra 1,2



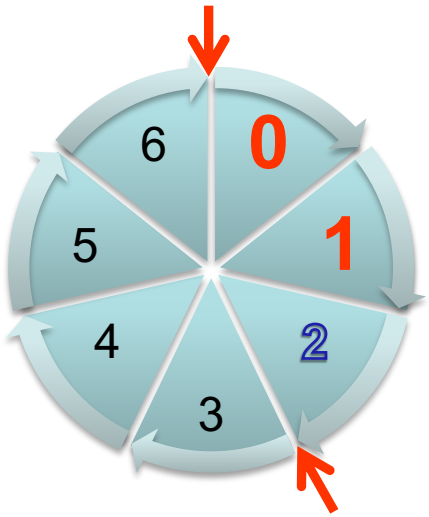
Primit ack 2
Fereastra Φ

Fereastra receptorului

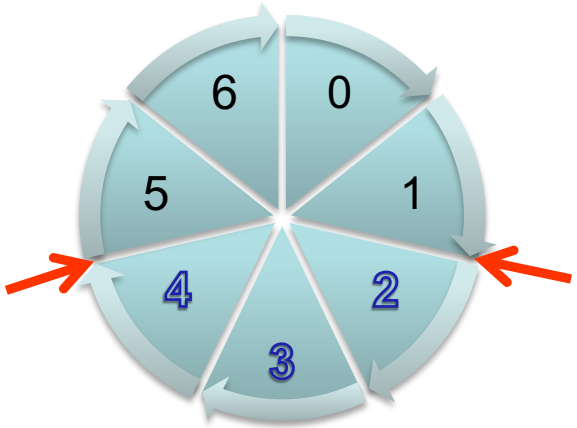


Loc ptr 3 cadre

Fereastra 0,1,2



Primit cadru 1 apoi 0



Livrat cadre 0 si 1

Fereastra 2,3,4

Fereastra glisantă

- fereastra este un sub-șir de numere de secvență

  0, 1, 2, [3, 4, 5, 6], 7, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

- pe parcursul transmiterii cadrelor, fereastra glisează

  0, 1, 2, 3, 4, 5, [6, 7, 0, 1], 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

- la transmitator, fereastra contine numerele cadrelor transmise si ne-confirmate
- dimensiunea ferestrei transmitatorului este variabila
  - creste cand se trimite un nou cadru; ex. 7

    0, 1, 2, [3, 4, 5, 6, 7], 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

  - scade cand se primeste o confirmare; ex. pentru 3 si 4

    0, 1, 2, 3, 4, [5, 6, 7], 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

Fereastra receptorului

- la receptor, fereastra specifica numerele cadrelor ce pot fi acceptate; in exemplu, se accepta doar cadrele 3, 4, 5, 6, 7

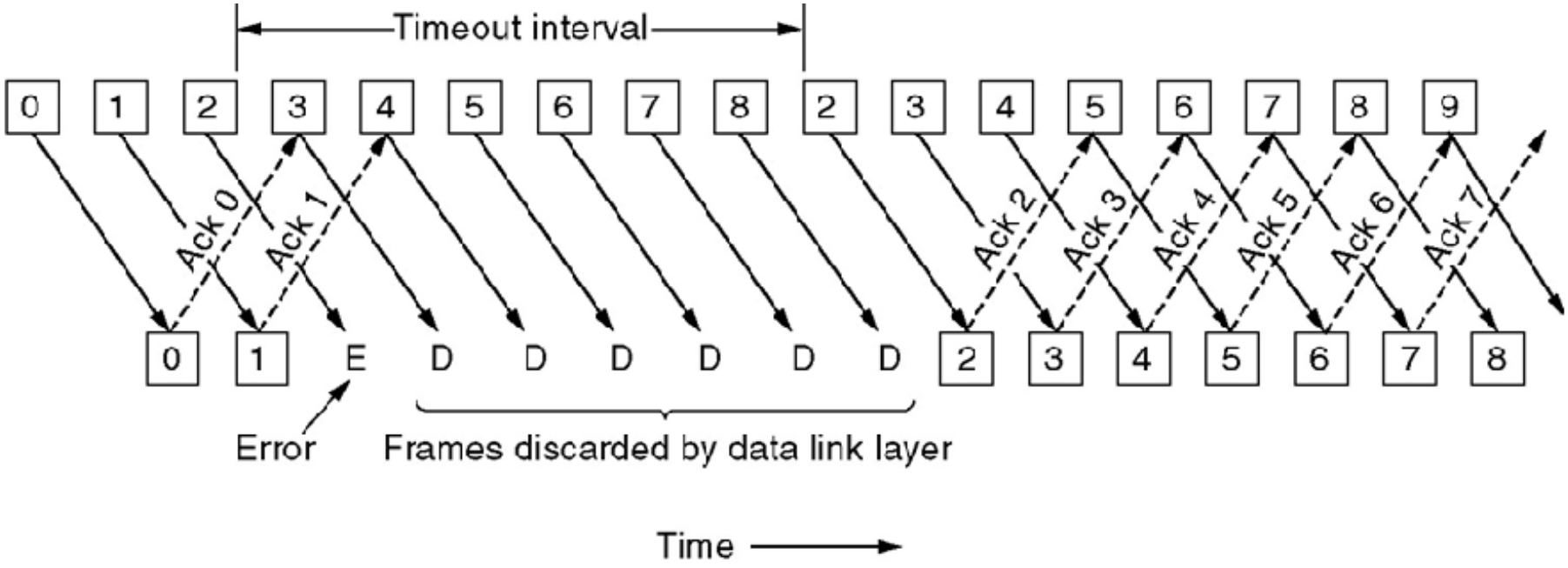
  0, 1, 2, [3, 4, 5, 6, 7,] 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …
- dimensiunea ferestrei receptorului este constanta
- fereastra gliseaza cand unul sau mai multe cadre din stanga ferestrei sunt livrate utilizatorului (livrarea se face in ordinea numerelor de secventa ale cadrelor!)
  - de ex. s-a livrat cadrul 3

  0, 1, 2, 3, [4, 5, 6, 7, 0,] 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …
  - apoi s-au livrat cadrele 4 si 5

  0, 1, 2, 3, 4, 5, [6, 7, 0, 1, 2,] 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

Un protocol cu retransmitere neselectivă "Go Back N"

Efectul erorii cand fereastra receptorului este 1.



Protocoale cu fereastră supraunitară de transmisie

Protocol cu retransmitere neselectivă

Sunt `MaxSecv + 1` numere de secventa diferite
Fereastra maxima a transmitatorului poate fi de `MaxSecv` cadre
Demonstratie pe scenariu cu `MaxSecv = 7` si fereastra de 8

1. Transmitatorul trimite cadrele 0..7;
2. Toate cadrele sunt receptionate si confirmate;
3. Toate confirmarile sunt pierdute;
4. Transmitatorul retrimite la time-out toate cadrele;
5. Receptorul accepta duplicatele.

```
#define MaxSecv 7
void ActivRetea();
void DezactivRetea();
NrSecv CadruUrmator, //urmatorul cadru de transmis
      ConfAsteptata, //cel mai vechi cadru neconfirmat
            // impreuna desemneaza fereastra transmisie
      CadruAsteptat;    //urmatorul cadru asteptat
cadru r,s;
pachet tampon[MaxSecv+1];
NrSecv ntampon,i;
TipEven even;
```

```
short intre(NrSecv a, NrSecv b, NrSecv c){
  //intoarce 1 daca a<=b<c circular
  return a<=b && b<c || c<a && a<=b || b<c && c<a;
}
```

ex.1

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

a b c

ex.2

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

a b c

ex.3

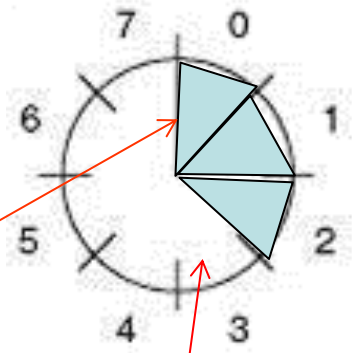
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1 …

a b c

```
void transmite(NrSecv nrcadru){
    //construieste si transmite un cadru de date
    //pentru pachetul din tampon[nrcadru]

    s.info=tampon[nrcadru];
    s.secv=nrcadru;
    s.conf=(CadruAsteptat+MaxSecv)%(MaxSecv+1);
       //confirmarea trimisa in cadrul de date!
    LaFizic(s);
    StartCeas(nrcadru);
}
```

```
void protocol5(){
   ActivRetea();          // permite even. "ReteaPregatita"
   CadruAsteptat=0;       // fereastra de receptie 1 cadru
   CadruUrmator=0;        // margine sup fereastra transmisie
   ConfAsteptata=0;       // margine inf fereastra transmisie
   ntampon=0;             // initial nici un pachet in tampon
   do{
     even=wait();         // functionare total dirijata
                          // de evenimente
     switch(even){
        case ReteaPregatita:  // reteaua are de transmis
      //memoreaza pachet in tampon (ptr retransmisie)
      //si trimite-l pe legatura de date
                tampon[CadruUrmator]=DeLaRetea();
                ntampon++;
                transmite(CadruUrmator);
                inc(CadruUrmator);
                break;
```

```
case SosireCadru:
      r=DeLaFizic();
      if(r.secv==CadruAsteptat){
            LaRetea(r.info);
            inc(CadruAsteptat);
      }
      while(intre(ConfAsteptata, r.conf, CadruUrmator))
      {
      //confirma cadre intre ConfAsteptata si r.conf
            ntampon--;
            StopCeas(ConfAsteptata);
            inc(ConfAsteptata);
      }
      //la iesire din bucla ConfAsteptata = r.conf+1
      break;
case EroareControl: break;    // ignora cadru eronate
```

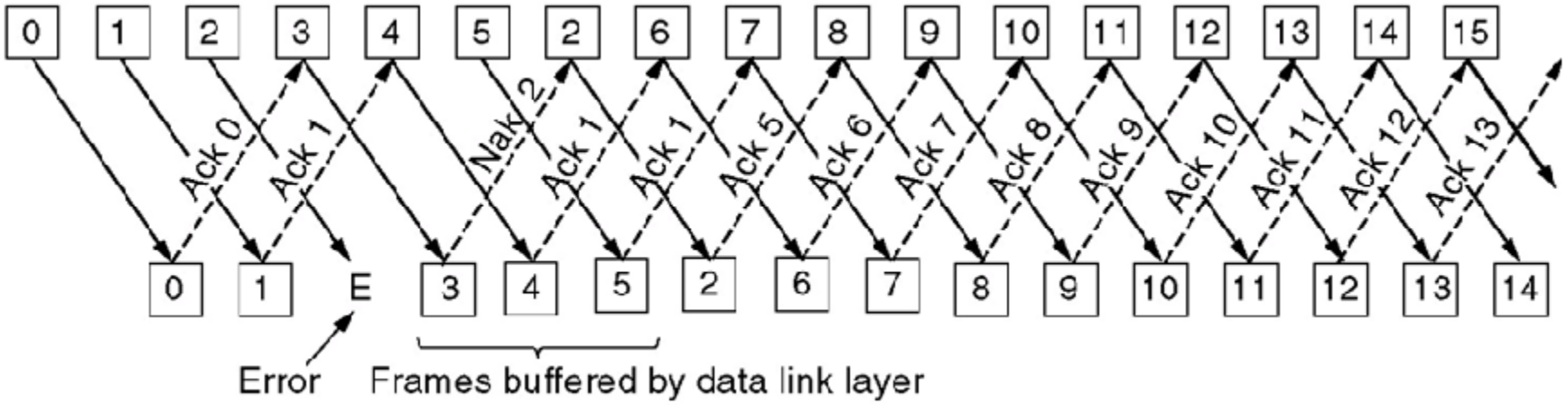


```
   case TimeOut:  // retransmite toate cadrele din
                  // tampon (fereastra transmitatorului)
                  //incepand cu pozitia ConfAsteptata
    CadruUrmator=ConfAsteptata;
    for(i=1;i<=ntampon;i++){
                        transmite(CadruUrmator);
                        inc(CadruUrmator);
                  }
   }                          // sfarsit switch
   if(ntampon<MaxSecv) ActivRetea();
   else DezactivRetea();
 }forever;
}                             // sfarsit protocol5
```

Protocol cu retransmitere selectiva

Fereastra receptorului este supraunitara

- transmite Nak cu numarul 2 pentru cadru eronat
- apoi reconfirma ultimul cadru corect receptionat (Ack 1)
- dupa re-primirea cadrului eronat, Ack 5 confirma toate cadrele pastrate in tampon



Dimensiunea ferestrei de receptie

Fereastra receptorului nu poate fi egală cu cea a transmiţătorului

1. Transmitatorul trimite cadrele 0..6
2. Cadrele sunt receptionate si confirmate. Fereastra receptorului devine
   7, 0, 1, 2, 3, 4, 5
3. Toate confirmarile sunt pierdute (se strica sincronizarea intre transmitator si receptor)
4. Transmitatorul retrimite cadrul 0 la time-out
5. Receptorul accepta drept cadru nou aceasta copie (cadrul 0) care se potriveste in fereastra sa actuala (7,0,1,2,3,4,5); cere cadrul 7 (dinaintea lui 0) care lipseste
6. Transmitatorul interpreteaza ca a trimis corect cadrele 0..6 si trimite
   7, 0, 1, 2, 3, 4, 5
7. Receptorul accepta cadrele, cu exceptia lui 0, pentru care are deja un cadru receptionat. → Ignora acest cadru 0 (a luat în loc duplicatul 0 primit anterior).

```
void protocol6(){
  initializari_contoare;
  do{even=wait();
     switch (even) {
       case ReteaPregatita:
         accepta_salveaza_si_transmite_un_cadru (+-ack);
            //ack se poate include in cadru de date
            //se poate trimite si separat in cadru ack
         break;
```

```
case SosireCadru:
      r=DeLaFizic();
      if (r.fel == data){
         transm_nak_daca_r_difera_de_cadru_asteptat;
            //pentru a semnala rapid eroarea!
            //NU mai multe nak-uri pentru acelasi cadru
         accepta_cadru_daca_in_fereastra_receptie;
         if (sunt date de trimis)
            marcheaza_trebuie_trimis_ack;
            //ack se va trimite cu un cadru de date
         else
            trimite_ack;
         livreaza_in_ordine_pachetele_sosite;
         actualizeaza_fereastra_receptie;
      }
```

```
//continua case SosireCadru
        if (r.fel == nak) retransmite_cadru_cerut;
        trateaza_confirmare_cadre_eliberind_buffere;
        break;
   case EroareControl:
         transmite_nak;
         break;
   case TimeOut:
         retransmite_cadrul_corespunzator;
         // timeout este asociat nr. secv al unui cadru
   }
   activeaza_sau_dezactiveaza_nivel_retea;
 }forever;
}
```

Exemple Protocoale Data Link

- HDLC – High-Level Data Link Control
- Legatura de date in Internet

HDLC – procedura LAPB

HDLC este o familie de protocoale

Tipuri statii (entitati de protocol)

primara	(controleaza) genereaza comenzi
secundara	(controlate) genereaza raspunsuri
combinata	genereaza ambele, comenzi si raspunsuri

Tipuri legatura

balansata	cu doua statii combinate
nebalansata	o statie primara, una sau mai multe secundare

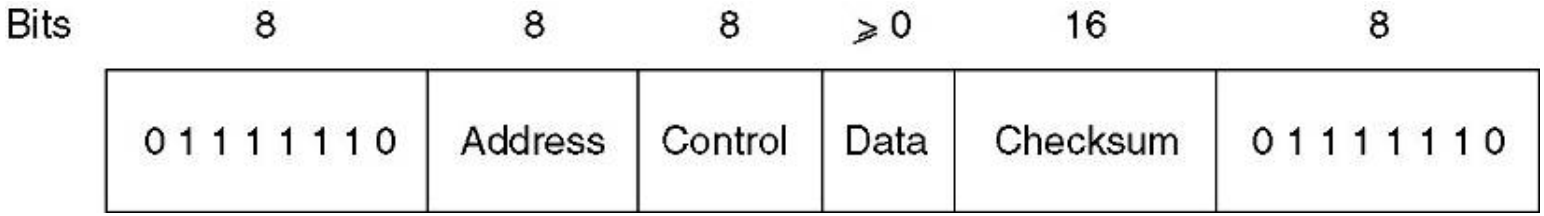
Moduri de transfer

NRM - Normal Response Mode (legatura nebalansata)
ABM - Asynchronous Balanced Mode
ARM - Asynchronous Response Mode (legatura nebalansata)

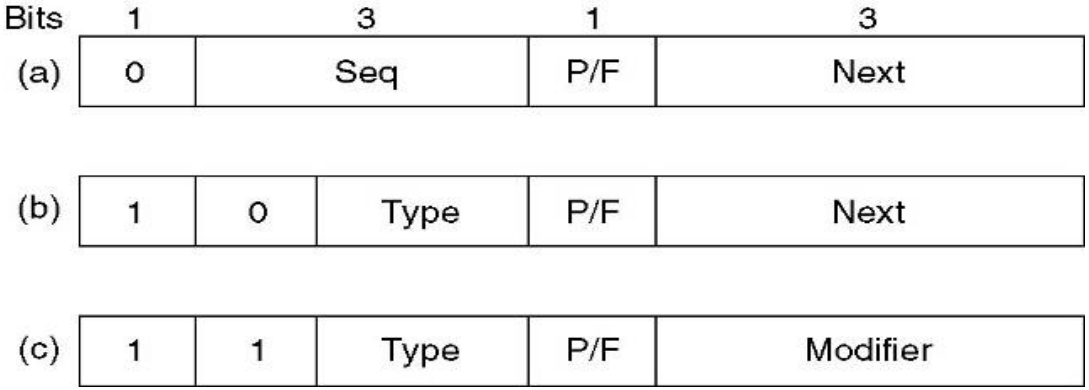
Procedura **LAPB** (Link Access Protocol Balanced) coresponde unei legaturi balansate cu statii combinate

High-Level Data Link Control

Format cadru



Camp de Control pentru



(a) Cadru de informatie

(b) Cadru supervizor

(c) Cadru nenumerotat – gestiune legatura

Seq – numar de secventa cadru transmis (mod 8 sau 128)

Next - numar de secventa urmatorul cadru asteptat

P/F – poll/final – in comenzi, P = invitatie la transmisie

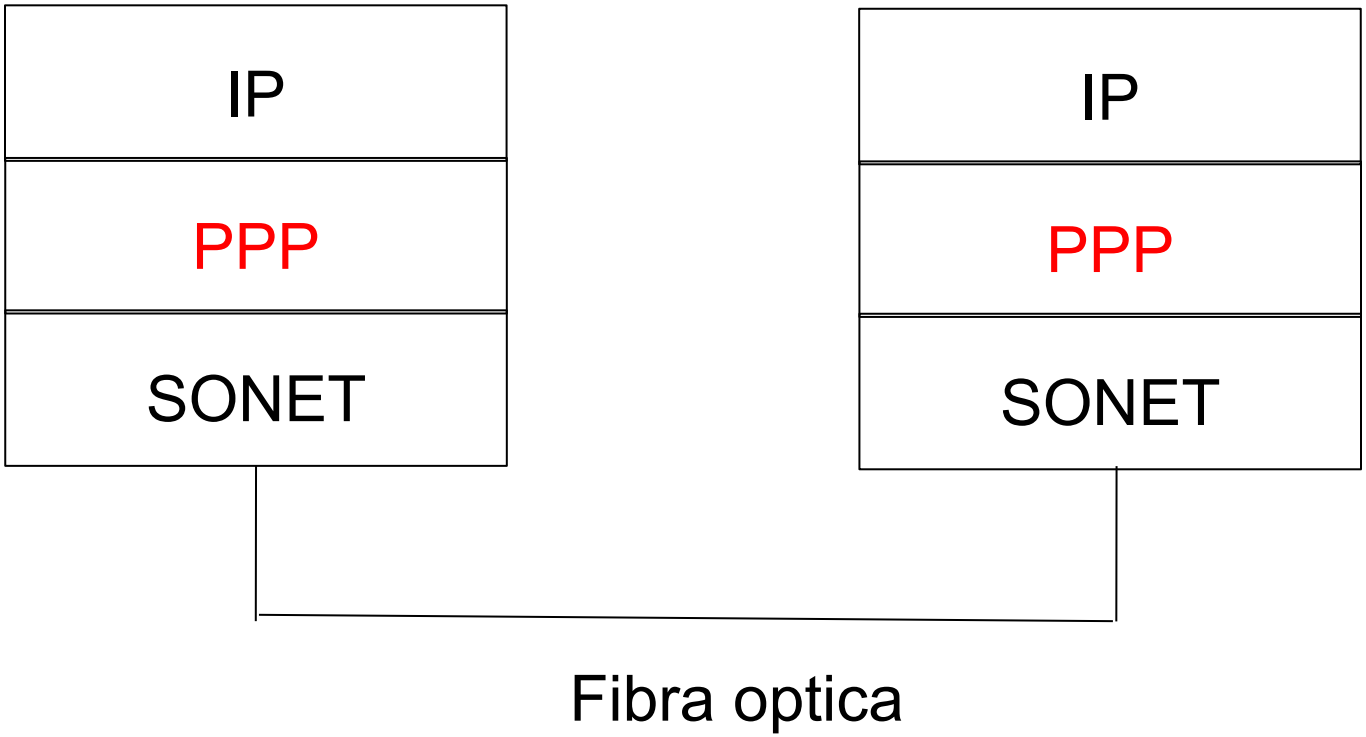
– in raspunsuri toate cadrele au P, ultimul are F

Comenzi si raspunsuri

Comenzi	Raspunsuri
I = information	(suspended)
RR = receive ready	RR
RNR = receive not ready	RNR
REJ = reject	REJ
SABM = set asynchronous balanced mode	UA = unnumbered acknowledge
DISC = disconnect	DM = disconnected mode
	FRMR = frame reject

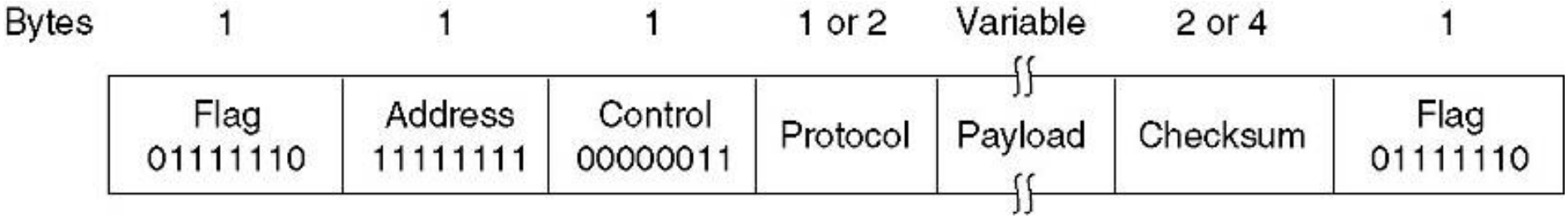
Legatura de date in Internet

Comunicarea pe fibra optica



PPP – Point to Point Protocol

Ofera incadrare
Link Control Protocol, LCP
Network Control Protocol, NCP



Format de cadru PPP pentru modul nenumerotat

Addresa 11111111 = toate statiile accepta cadrul

Control 00000011 = nenumerotat

Protocol = selecteaza dintre

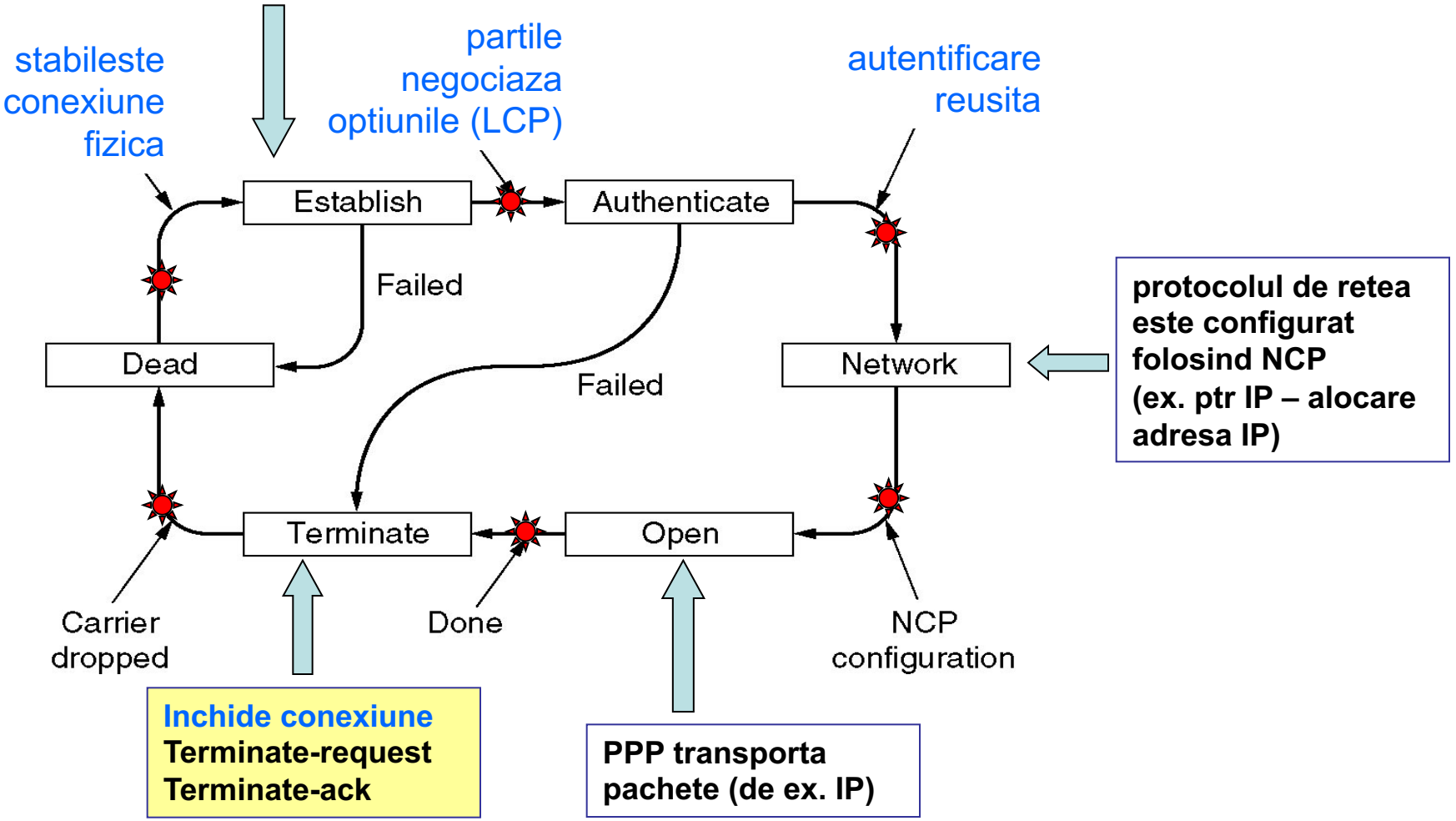
LCP, NCP

IP, IPX (Internetwork Packet eXchange), OSI CLNP, XNS (Xerox Network Services)

PPP – Point to Point Protocol (2)

Tipuri de cadre LCP

Configure-request	**Configure-reject**
Configure-ack	**Code-reject**
Configure-nak	**Protocol-reject**



Tipuri de cadre LCP

Name	Direction	Description
Configure-request	I → R	List of proposed options and values
Configure-ack	I ← R	All options are accepted
Configure-nak	I ← R	Some options are not accepted
Configure-reject	I ← R	Some options are not negotiable
Terminate-request	I → R	Request to shut the line down
Terminate-ack	I ← R	OK, line shut down
Code-reject	I ← R	Unknown request received
Protocol-reject	I ← R	Unknown protocol requested
Echo-request	I → R	Please send this frame back
Echo-reply	I ← R	Here is the frame back
Discard-request	I → R	Just discard this frame (for testing)

I - Initiator **R - Responder**