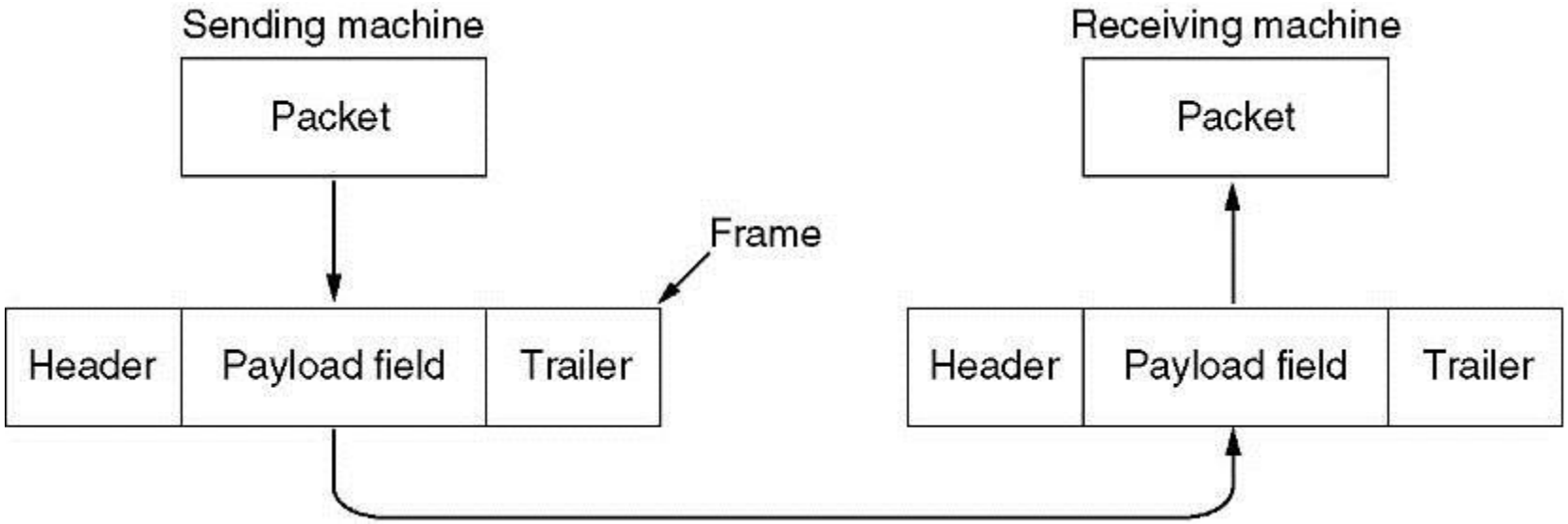
Nivelul legăturii de date

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

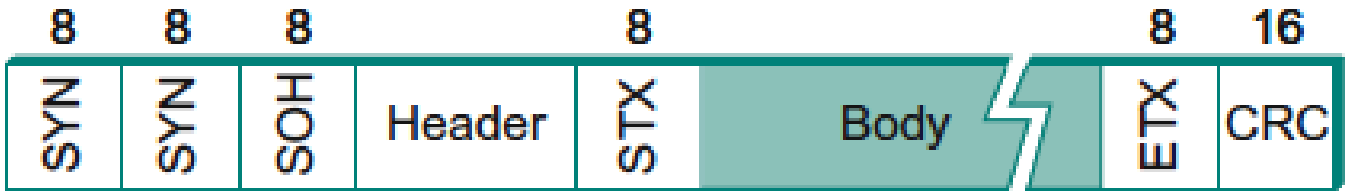
- mesajelor de permisiune pentru transmiţător

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 este controlat de biţii 1
Bit 2 este controlat de biţii 2
Bit 3 este controlat de biţii 1, 2
Bit 4 este controlat de biţii 4
Bit 5 este controlat de biţii 1, 4

Reciproc: 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

Exemplu (paritate pară)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1100001	**=>**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**

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

Ex. 2

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
celelalte sume sunt corecte
➔ bit 2 este inversat

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

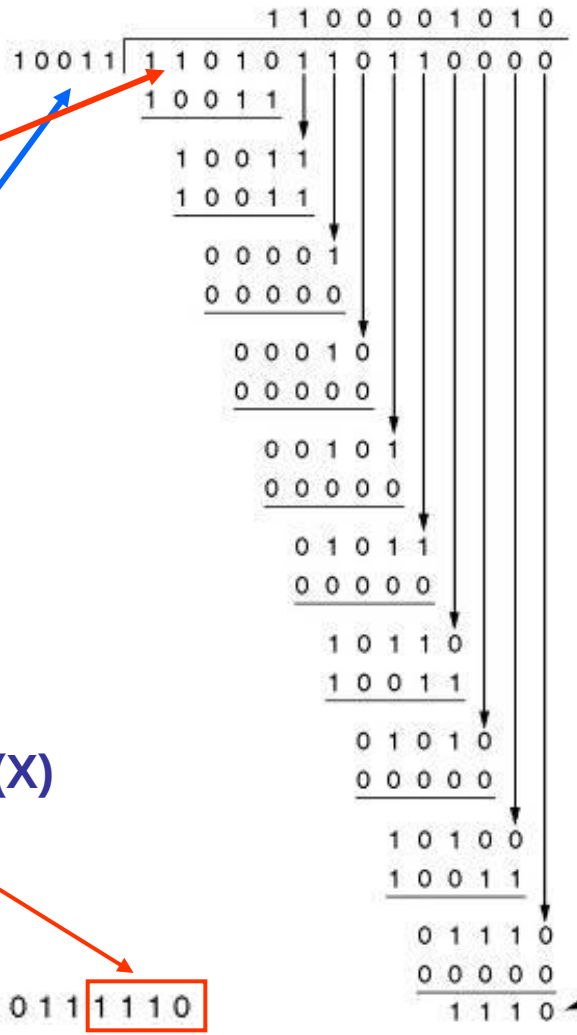
Message after 4 zero bits are appended: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0

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

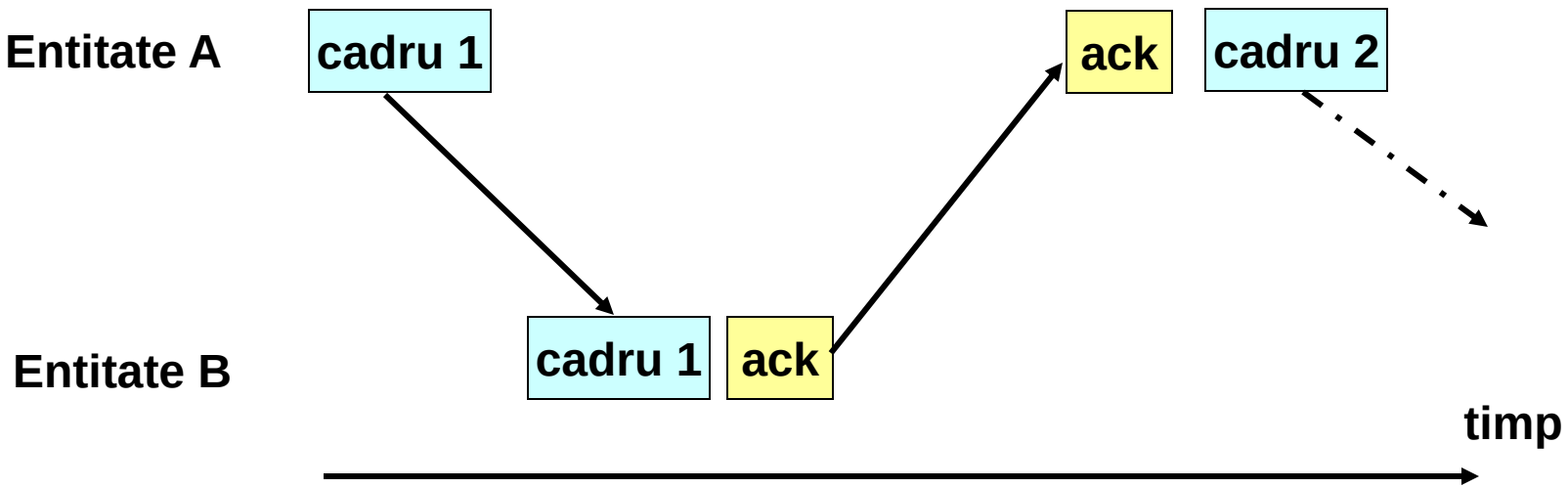
Ce erori pot fi detectate?

- 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

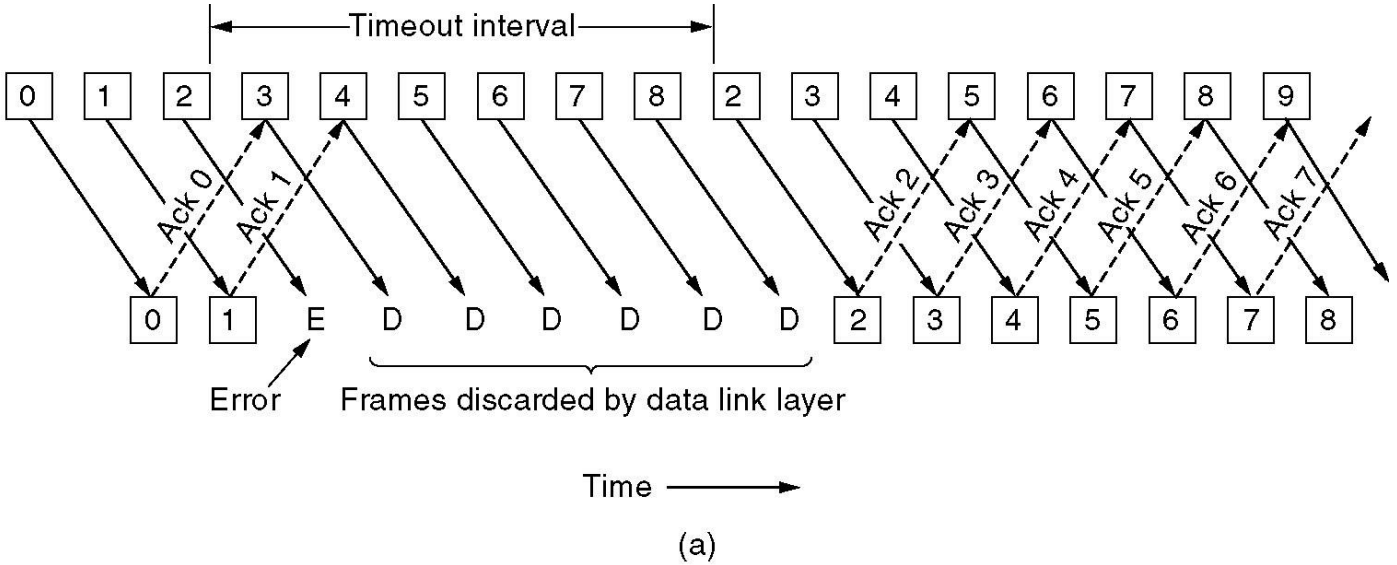
- In plus, CRC detecteaza 100% erori de
  - 1 bit;
  - 2 biti;
  - un numar impar de biti;
  - erori in rafala de lungimea codului CRC.

Protocoale elementare pentru legătura de date

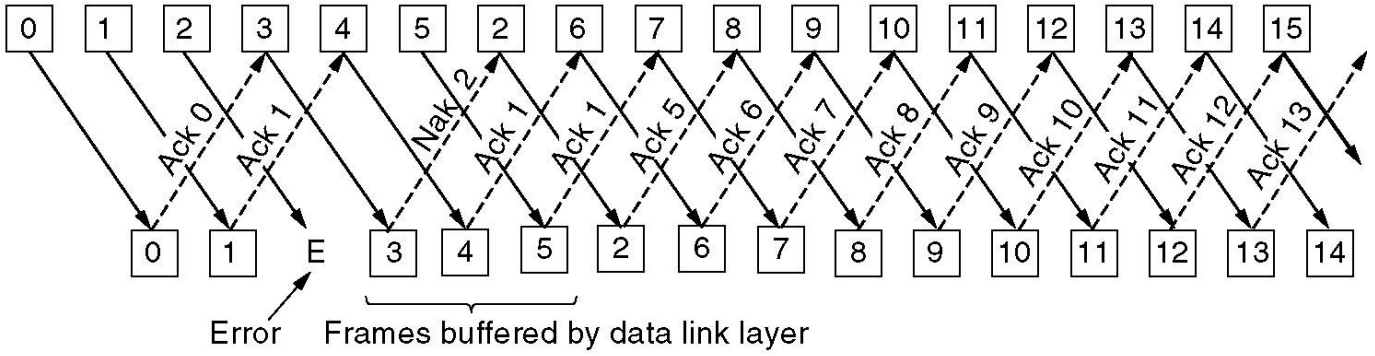
Start-stop



Ferestre glisante



(a)



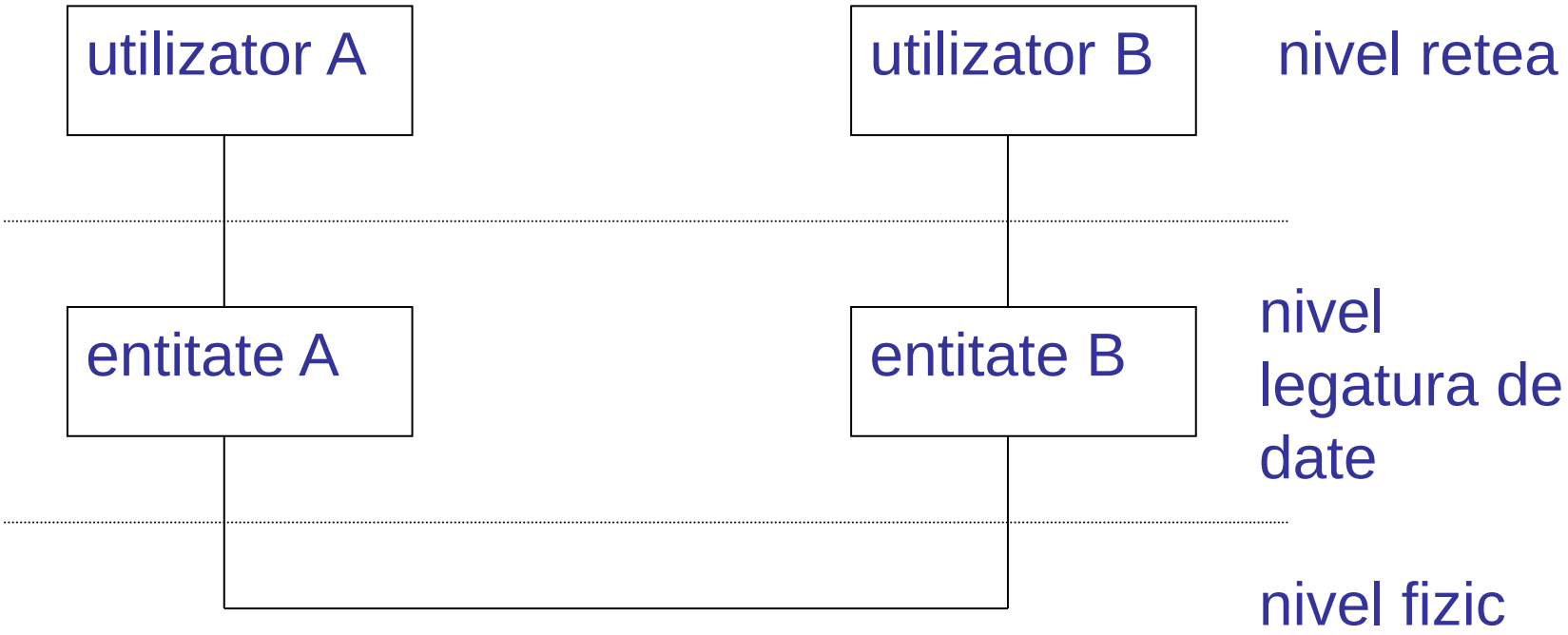
(b)

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

- preluarea unui pachet de la retea pentru transmitere pe canal

```
pachet DeLaRetea();
```

- livrarea către retea a unui pachet

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

- 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

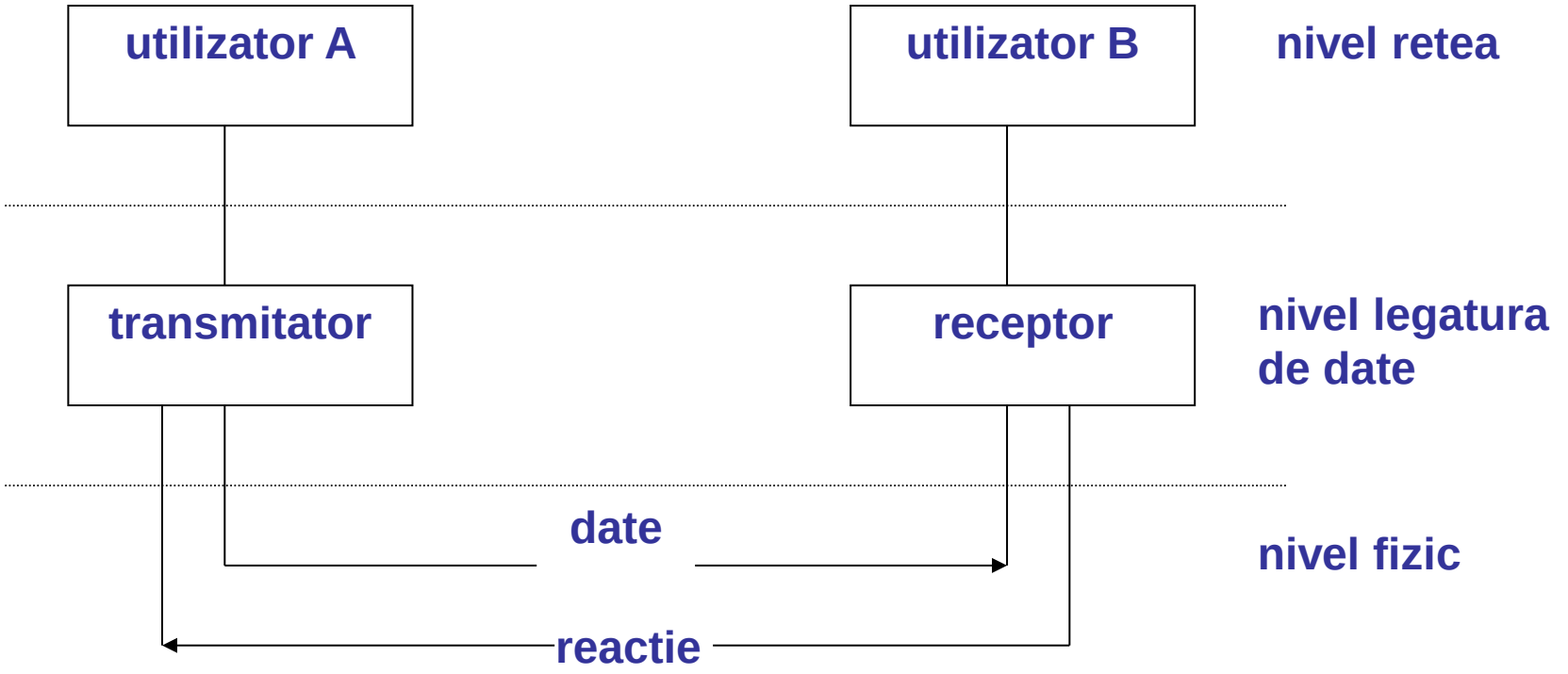
Protocol simplex fara restrictii

- 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;
}
```

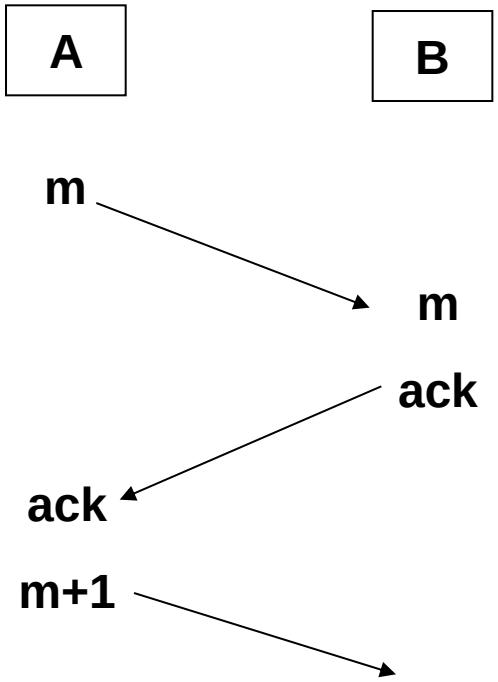
Protocol simplex start-stop

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

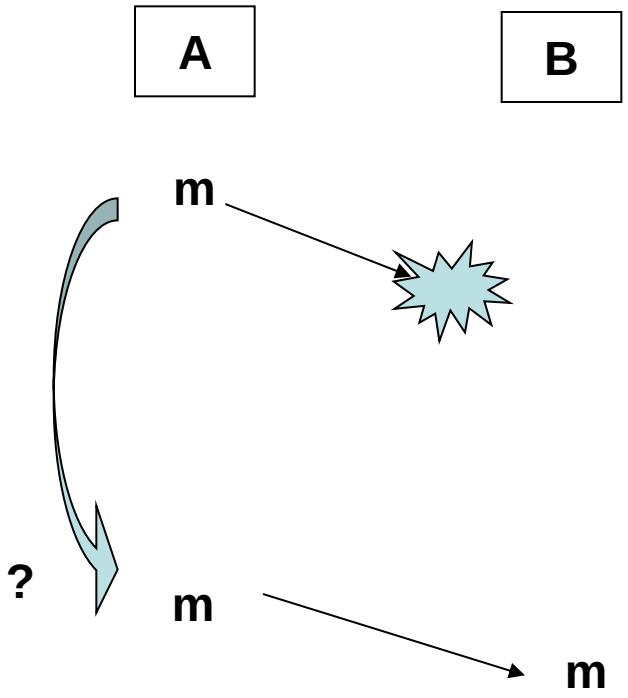


```
void transmit2(){
    cadru s;
    TipEven even;
    do{
        s.info=DeLaRetea();
        LaFizic(s);
        even=wait();                    //asteapta permisiunea
     } forever;
}

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



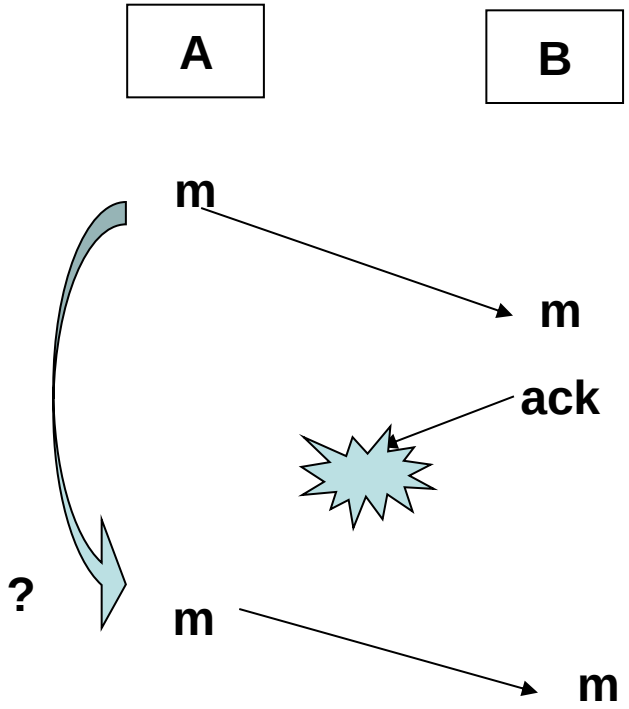
Transmisie corecta



Pierdere m

La time-out A retransmite m

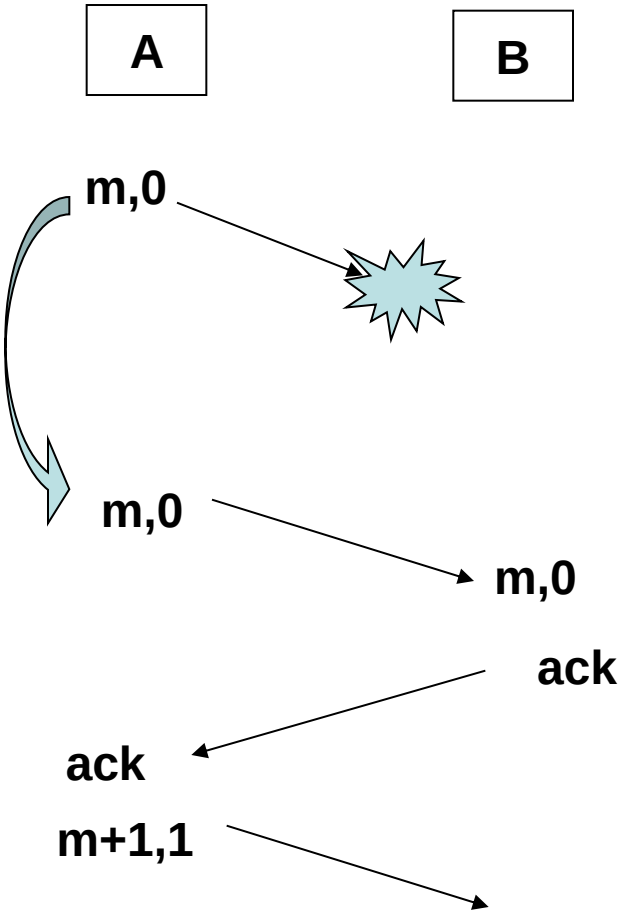
Care este acceptat corect de B

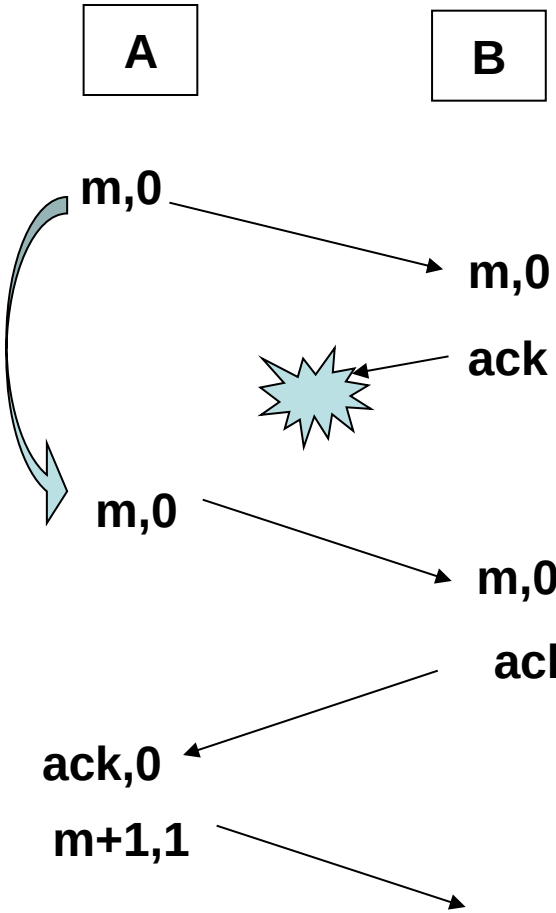


Pierdere ack

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 modificate prin:

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

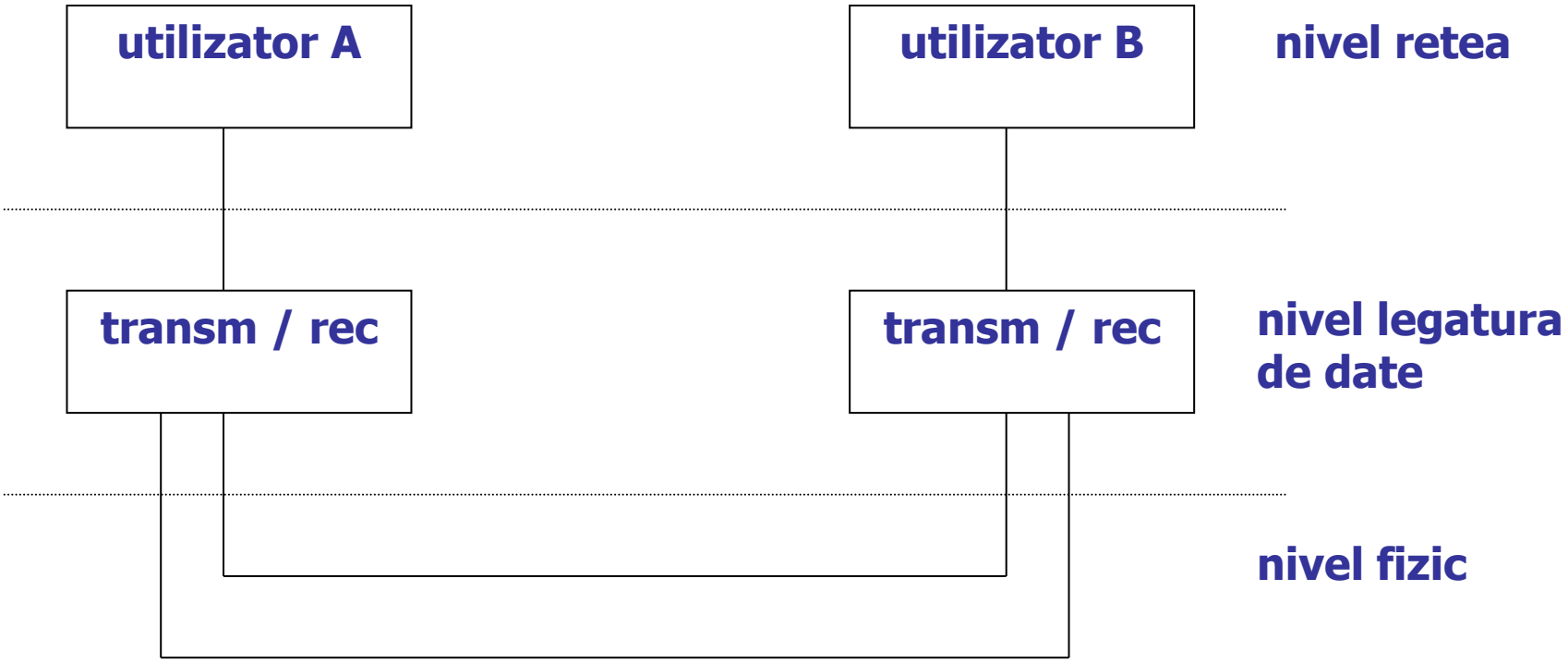
```
#define MaxSecv 1

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

```
void transmit3() {
    NrSecv CadruUrmator=0;
    cadru s;
    TipEven even;
    s.info=DeLaRetea();
    do{
        s.secv=CadruUrmator;
        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;
}
```

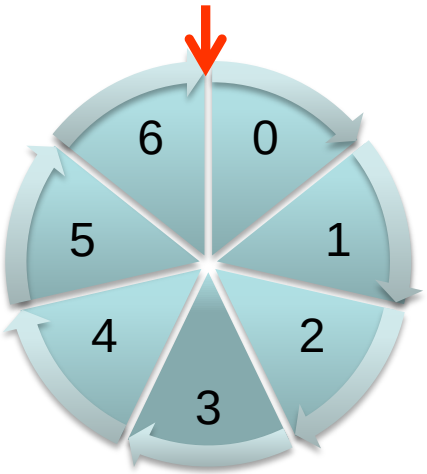
Protocoale cu fereastră glisantă

Configuraţia

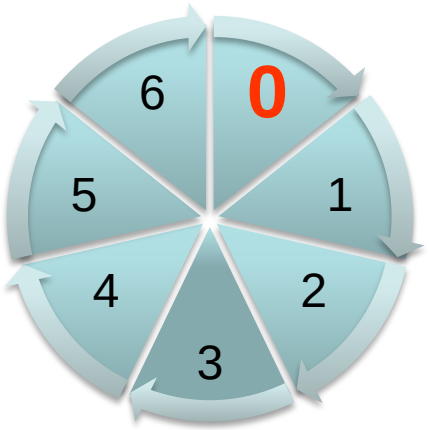


2 legaturi pentru date+confirmare

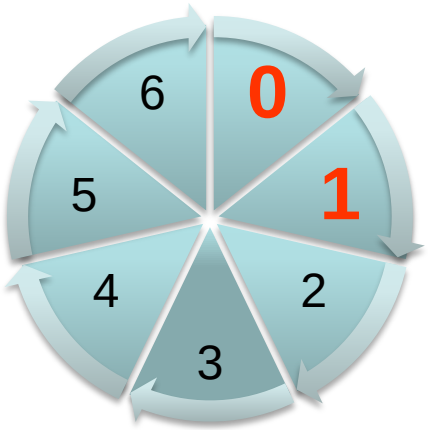
Fereastra transmitatorului



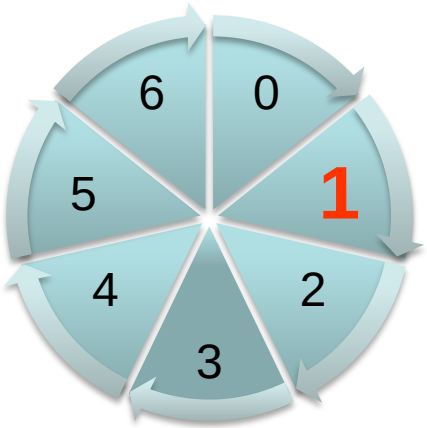
Initial
Fereastra Φ



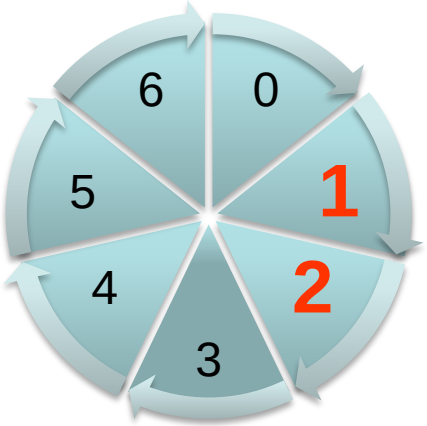
Trimis cadru 0
Fereastra 0



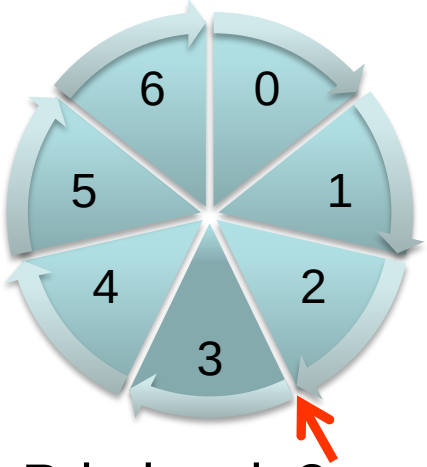
Trimis cadru 1
Fereastra 0,1



Primit ack 0
Fereastra 1

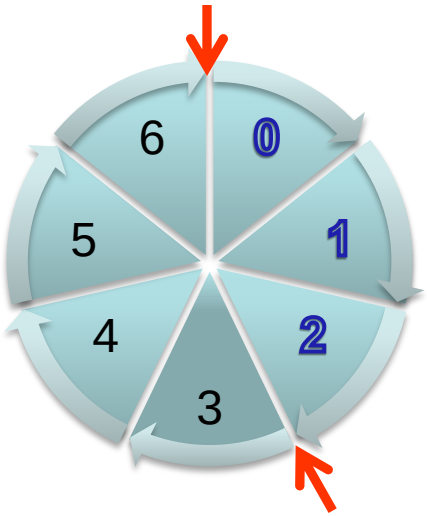


Trimis cadru 2
Fereastra 1,2



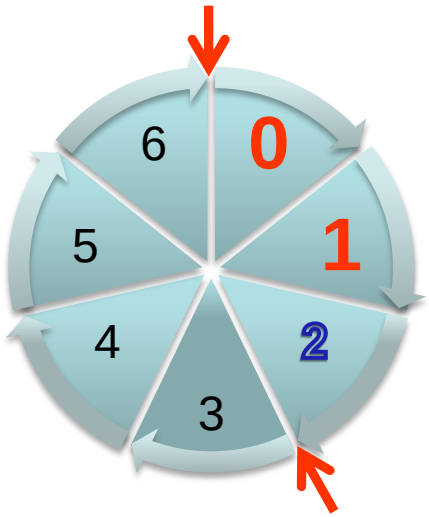
Primit ack 2
Fereastra Φ

Fereastra receptorului

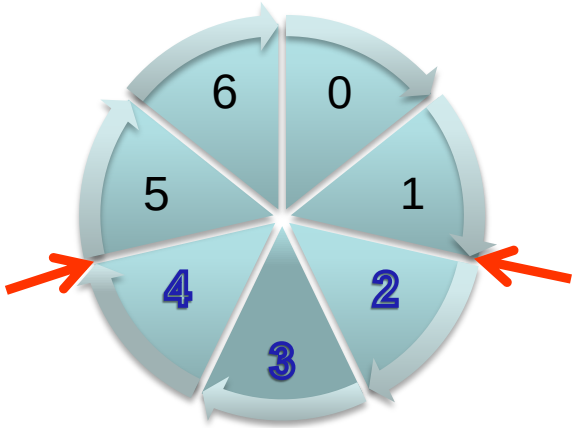


Loc ptr 3 cadre

Fereastra 0,1,2



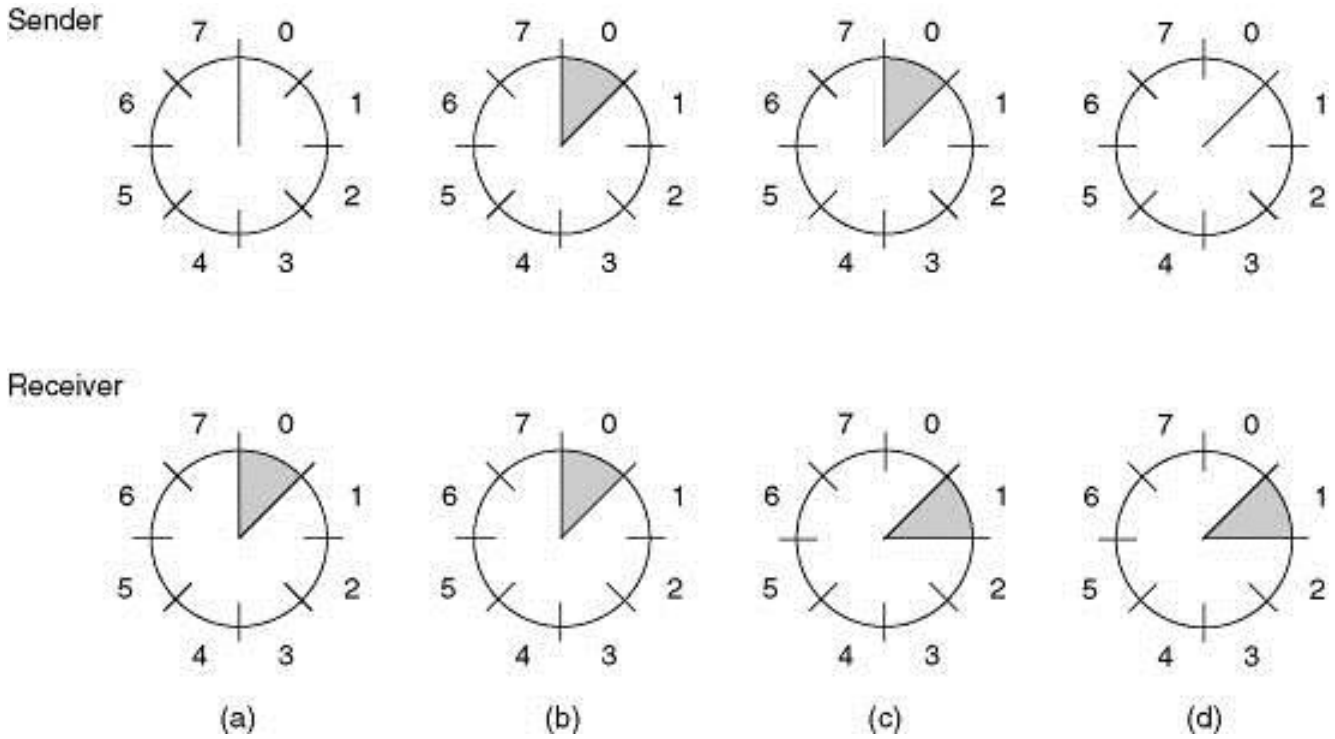
Primit cadru 1 apoi 0



Livrat cadre 1 si 0

Fereastra 2,3,4

Protocoale cu fereastră unitară



O fereastră de dimensiune 1, cu număr de secvenţă de 3 biţi.

(a) Iniţial.

(b) După transmiterea primului cadru.

(c) După recepţia primului cadru.

(d) După recepţia primei confirmări.

Fiecare stație 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.

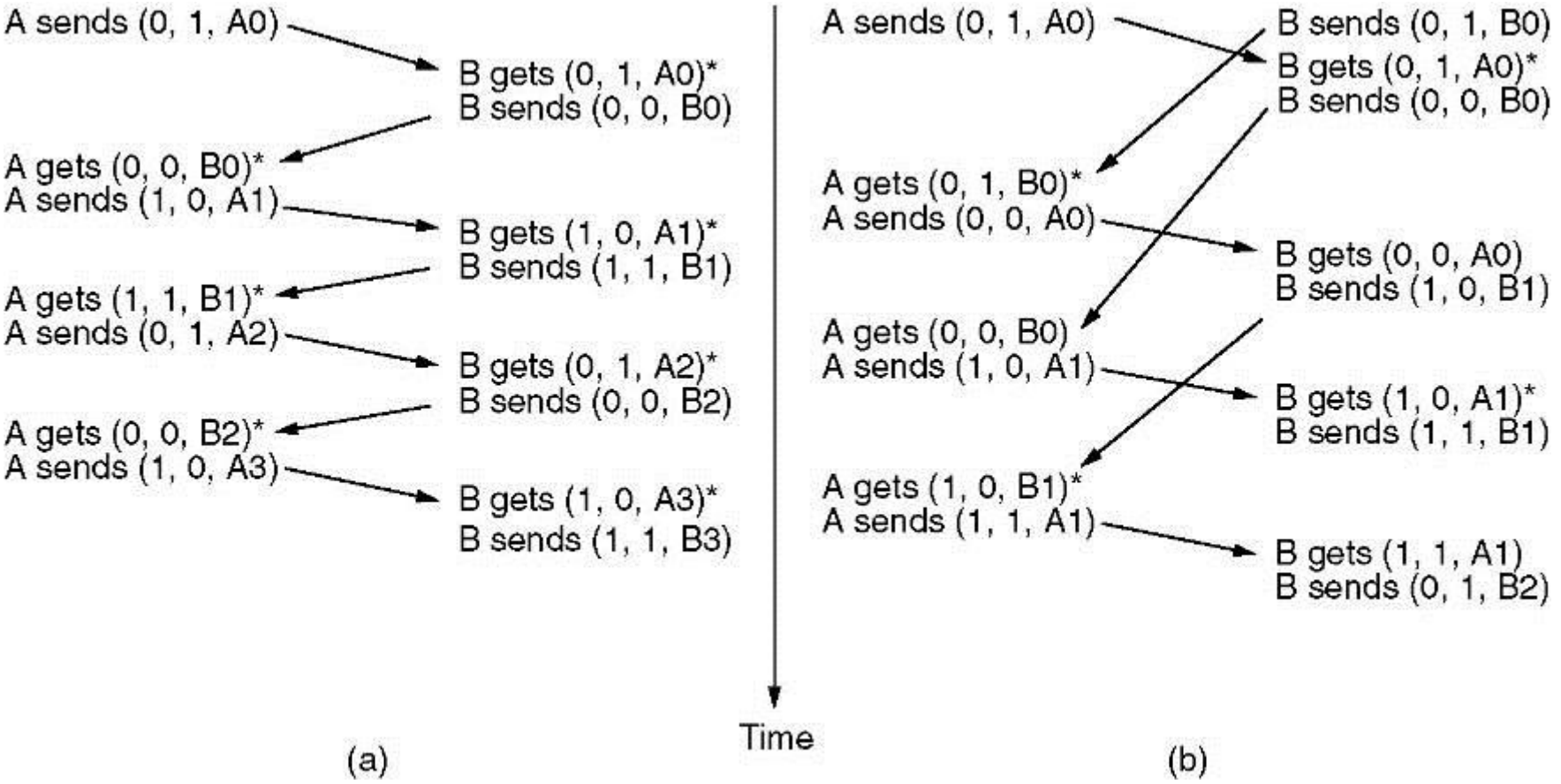
In plus exista o secventa de initializare

Fiecare cadru are campurile: info, secv, conf

```
void protocol4(){
   NrSecv CadruUrmator=0;
   NrSecv CadruAsteptat=0;
   cadru r,s;
   TipEven even;              //SosireCadru, TimeOut sau
                              //EroareControl
   s.info=DeLaRetea();        //Initializare
   s.secv=CadruUrmator;
   s.conf=1-CadruAsteptat;
   LaFizic(s);
   StartCeas(s.secv);
```

```
do{
   even=wait();
   if(even==SosireCadru){
        r=DeLaFizic();
        if(r.secv==CadruAsteptat){      //prelucrare sir de
                                        //cadre receptionate
            LaRetea(r.info);
            inc(CadruAsteptat);
        }
        if(r.conf==CadruUrmator){       //prelucrare sir de
                                        //cadre transmisie
            StopCeas(r.conf);
            s.info=DeLaRetea();
            inc(CadruUrmator);
        }
   }
   s.secv=CadruUrmator;
   s.conf=1-CadruAsteptat;
   LaFizic(s);
   StartCeas(s.secv);
 }forever;
}
```

Un Protocol cu fereastră de un bit

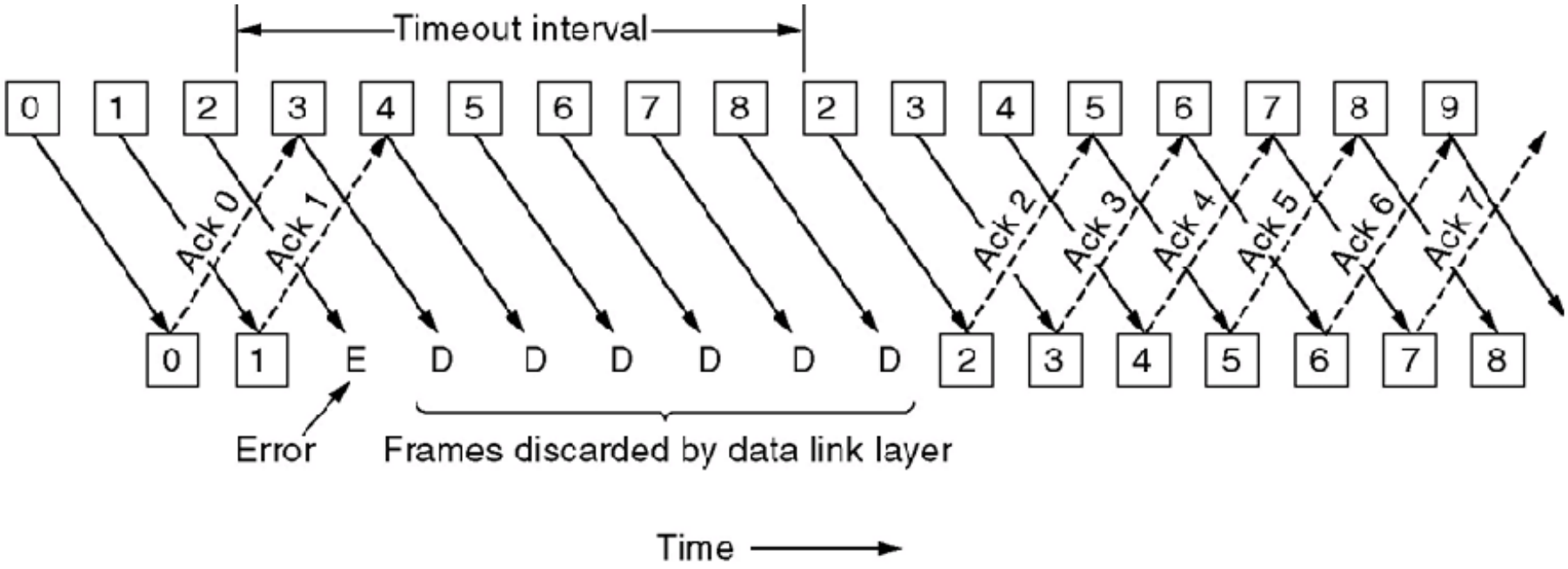


Două scenarii pentru protocolul 4. (a) Cazul normal. (b) Caz anormal.

- Notaţia este (seq, ack, packet number).
- Un asterisc arată că nivelul reţea acceptă pachetul.

Un protocol “Go Back N”

Efectul erorii cand fereastra receptorului este 1.



Protocoale cu fereastră supraunitară de transmisie

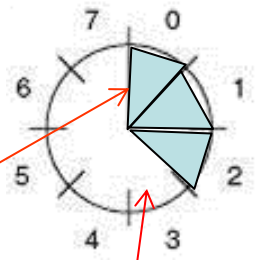
Protocol cu retransmitere neselectivă

Sunt `MaxSecv + 1` numere de secventa diferite
Fereastra maxima a transmitatorului poate fi de `MaxSecv` cadre
Scenariu pentru `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
       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;
}

void transmite(NrSecv nrcadru){
   //construieste si transmite un cadru de date
   s.info=tampon[nrcadru];
   s.secv=nrcadru;
   s.conf=(CadruAsteptat+MaxSecv)%(MaxSecv+1);
   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;
   do{
      even=wait();           // functionare total dirijata
                              // de evenimente
      switch(even){

         case ReteaPregatita:      // reteaua are de transmis
                     tampon[CadruUrmator]=DeLaRetea();
                     ntampon++;
                     transmite(CadruUrmator);
                     inc(CadruUrmator);
                     break;
```

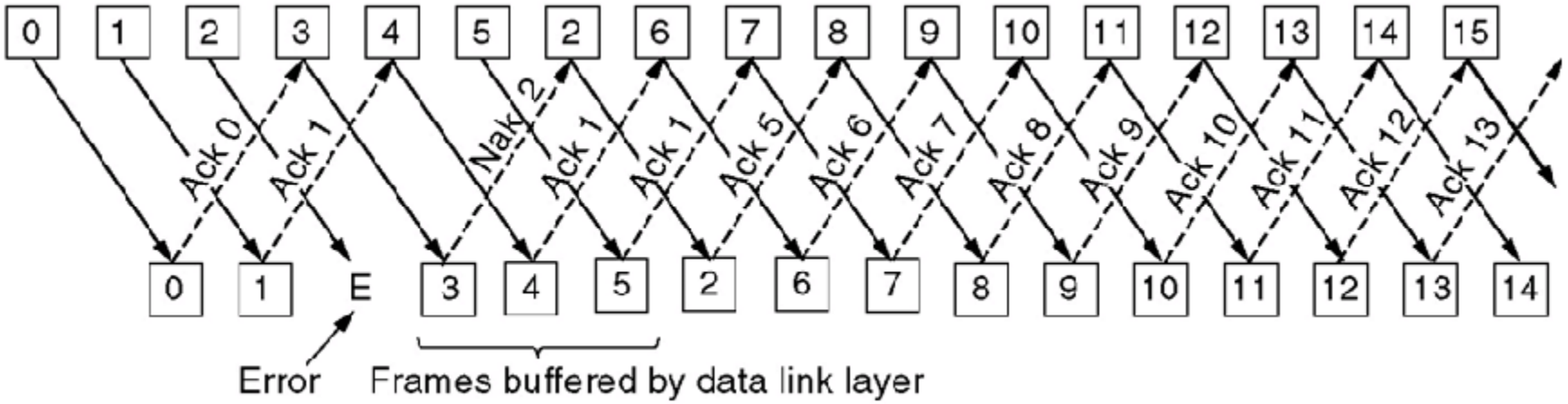



```
    case SosireCadru:
           r=DeLaFizic();
           if(r.secv==CadruAsteptat){
                     LaRetea(r.info);
                     inc(CadruAsteptat);
           }
           while(intre(ConfAsteptata, r.conf, CadruUrmator)){
                      ntampon--;
                      StopCeas(ConfAsteptata);
                      inc(ConfAsteptata);
            }          // confirma mai multe cadre
            break;
    case EroareControl: break;    // ignora cadre eronate
    case TimeOut:  // retransmite toate cadrele din tampon
           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 2 pentru cadru eronat
- apoi reconfirma ultimul cadru corect (Ack 1)
- dupa re-primirea cadrului eronat, Ack 5 confirma toate cadrele pastrate in tampon



Dimensiunea ferestrei de receptie

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 transm 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).

Fereastra receptorului nu poate fi egală cu cea a transmiţătorului


```
void protocol6(){
  initializari_contoare;
  do{even=wait();
     switch (even) {
       case ReteaPregatita:
              accepta_salveaza_si_transmite_un_cadru (+-ack);
              break;
       case SosireCadru:
              r=DeLaFizic();
              if (r.fel == data){
                transm_nak_daca_r_difera_de_cadru_asteptat;
                accepta_cadru_daca_in_fereastra_receptie;
                marcheaza_trebuie_trimis_ack;
                livreaza_in_ordine_pachetele_sosite;
                actualizeaza_fereastra_receptie;
              }
              if (r.fel == nak) retransmite_cadru_cerut;
              trateaza_confirmare_cadre_eliberind_buffere;
              break;
```

```
        case EroareControl:
                transmite_nak; break;
        case TimeOut:
                retransmite_cadrul_corespunzator; break;
        case ReteaLibera:
                transmite_confirmare_ack;
    }
    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

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

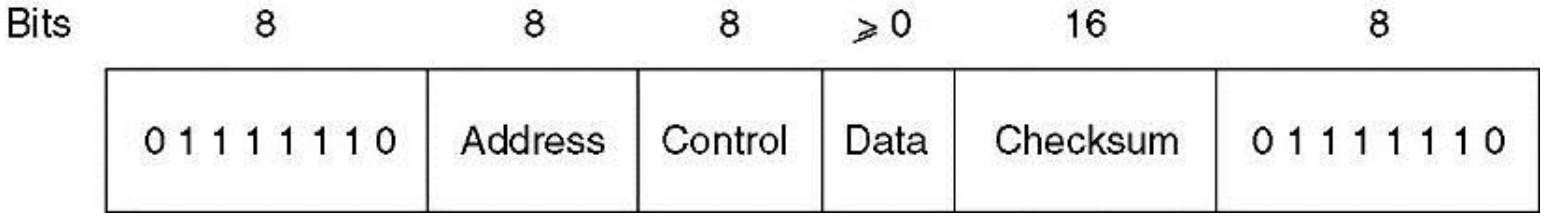
Moduri de transfer

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

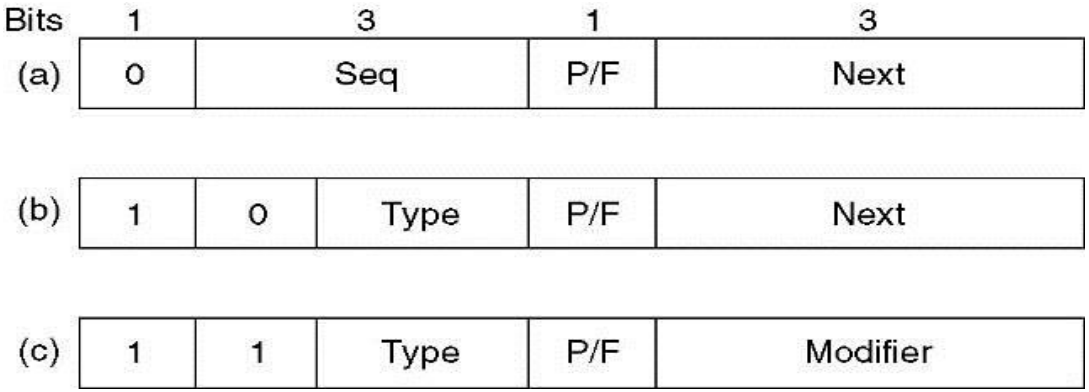
Procedura **LAPB** (Link Access Protocol Balanced) coresponde une legaturi balansate cu statii combinate

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

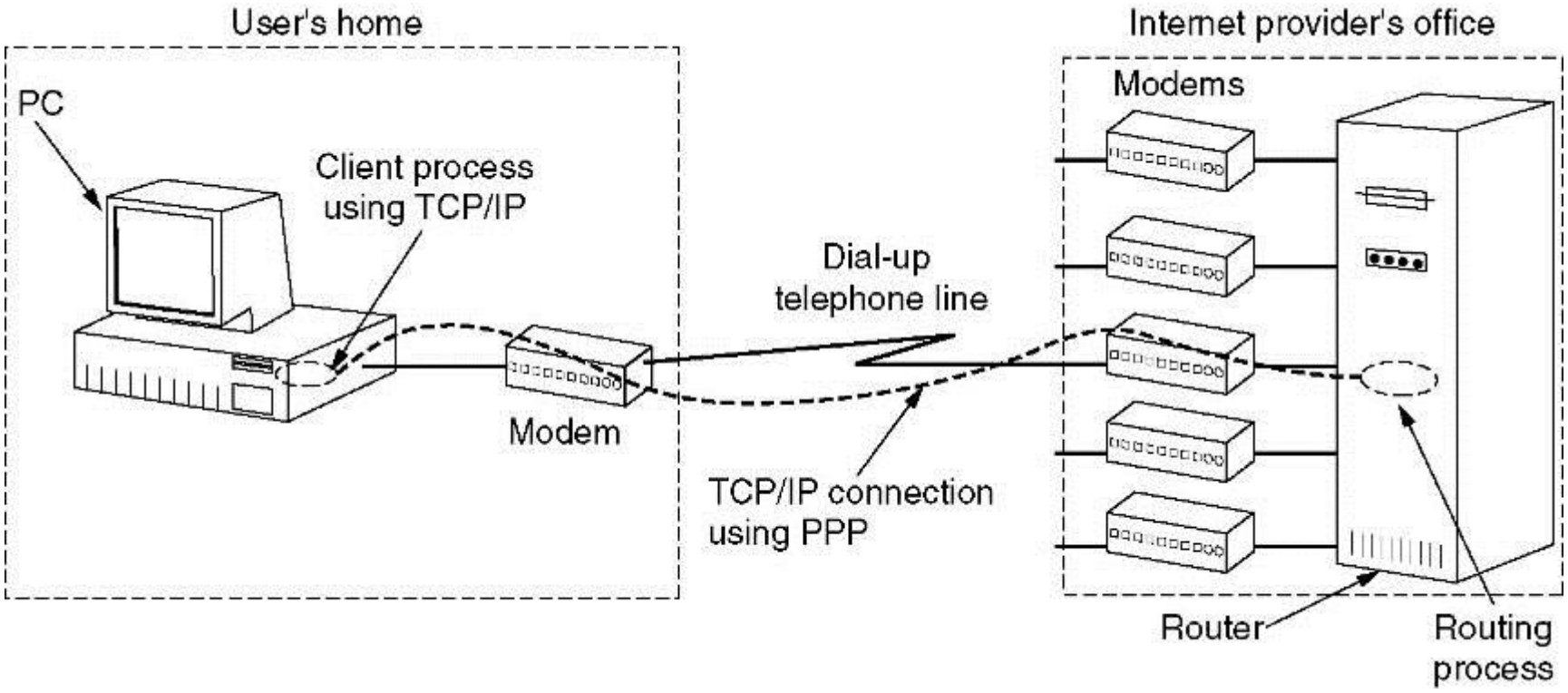
– in raspunsuri toate cadrele au P, ultimul are F

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

Un calculator domestic actionand drept gazda Internet



Serial Link Internet Protocol – SLIP

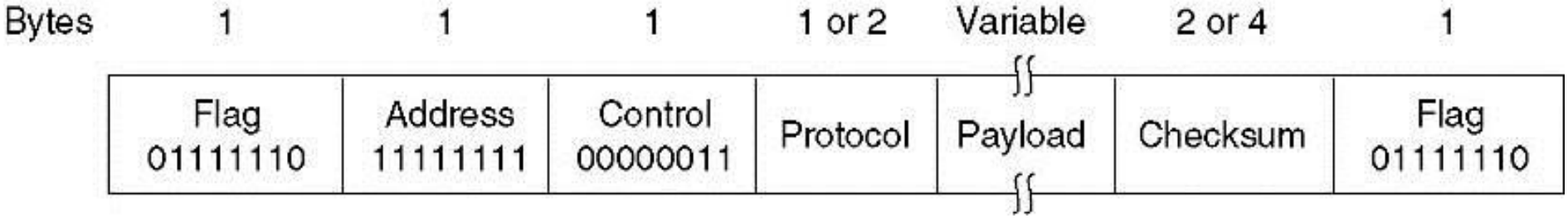
- nu este standard Internet
- protocol de incadrare a pachetelor
- folosit pentru conexiuni seriale punct la punct peste care ruleaza TCP/IP intre gazde si rutere

Reguli Protocol

- defineste doua caractere speciale: END si ESC
- o gazda SLIP trimite date in pachet
- dupa ultimul octet din pachet se transmite END
- END in pachet este inlocuit cu ESC si octal 334
- ESC in packet este inlocuit cu ESC si octal 335

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

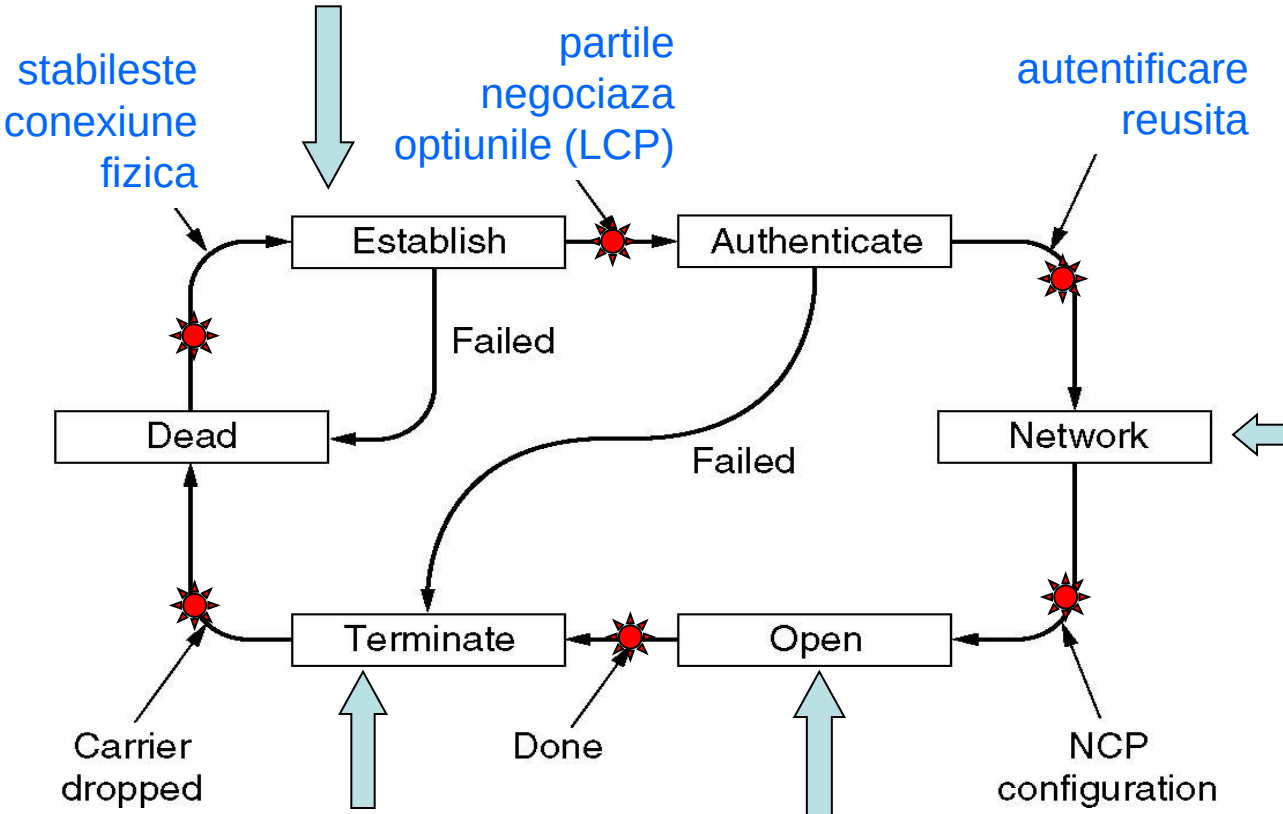
LCP, NCP

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**



protocolul de retea este configurat folosind NCP (ex. ptr IP – alocare adresa IP)

Inchide conexiune
Terminate-request
Terminate-ack

PPP transporta pachete (de ex. IP)

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**

Sumar

- Funcţiile nivelului legătura de date (încadrare, transmisie transparenta, controlul erorilor, controlul fluxului, gestiunea legăturilor)
- Detecţia şi corectarea erorilor (codul Hamming, coduri polinomiale - CRC)
- Protocoalele legăturii de date (date, functii, entitati)
- Protocol start-stop simplex fara restrictii / cu restrictii
- Protocol simplex pentru un canal cu erori
- Protocoale cu fereastră glisantă
  - Protocol cu fereastră de un bit
  - Protocol “Go Back N”
- Protocoale cu fereastră supraunitară de transmisie
- Protocol cu retransmitere selectiva
- Exemple Protocoale Legatura de date: HDLC
- Legatura de date in Internet
  - Serial Link Internet Protocol – SLIP
  - PPP – Point to Point Protocol