

Modul 4\_3



Protocoloale ARQ

PERFORMANȚA

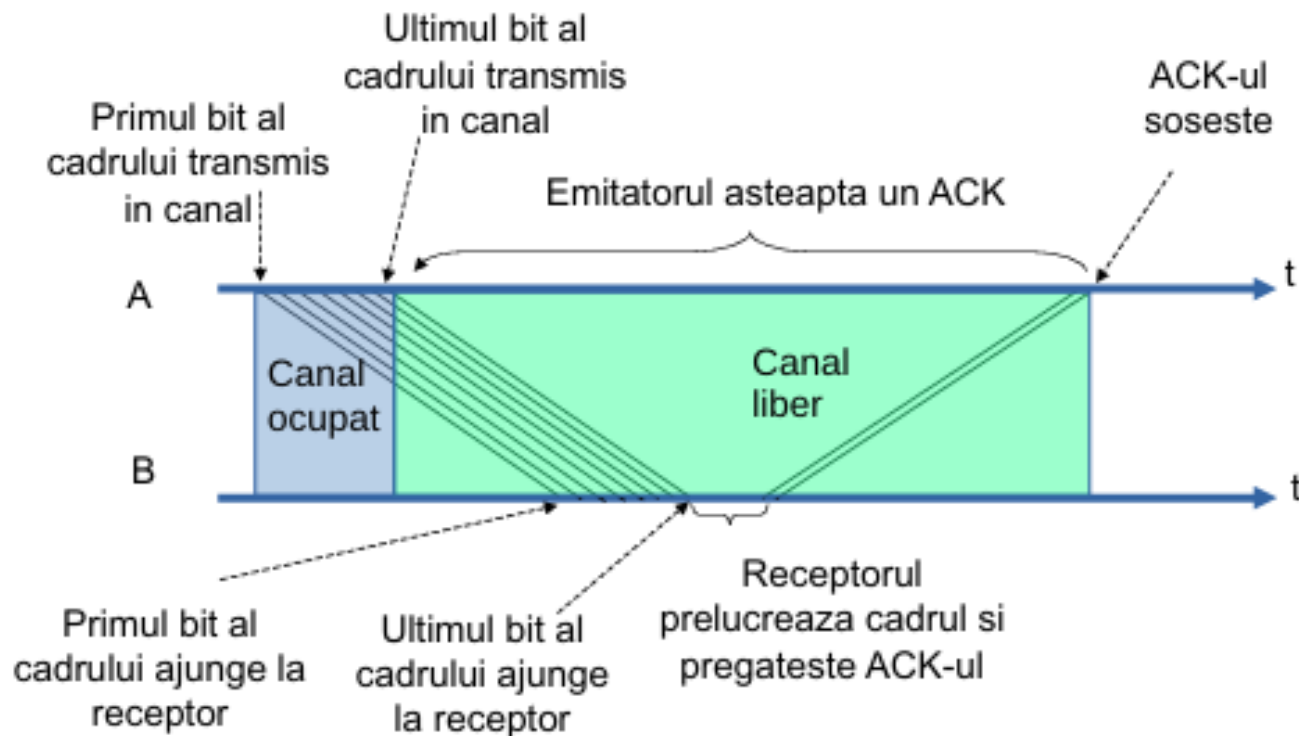
(Automatic Repeat reQuest)



# Cuprins

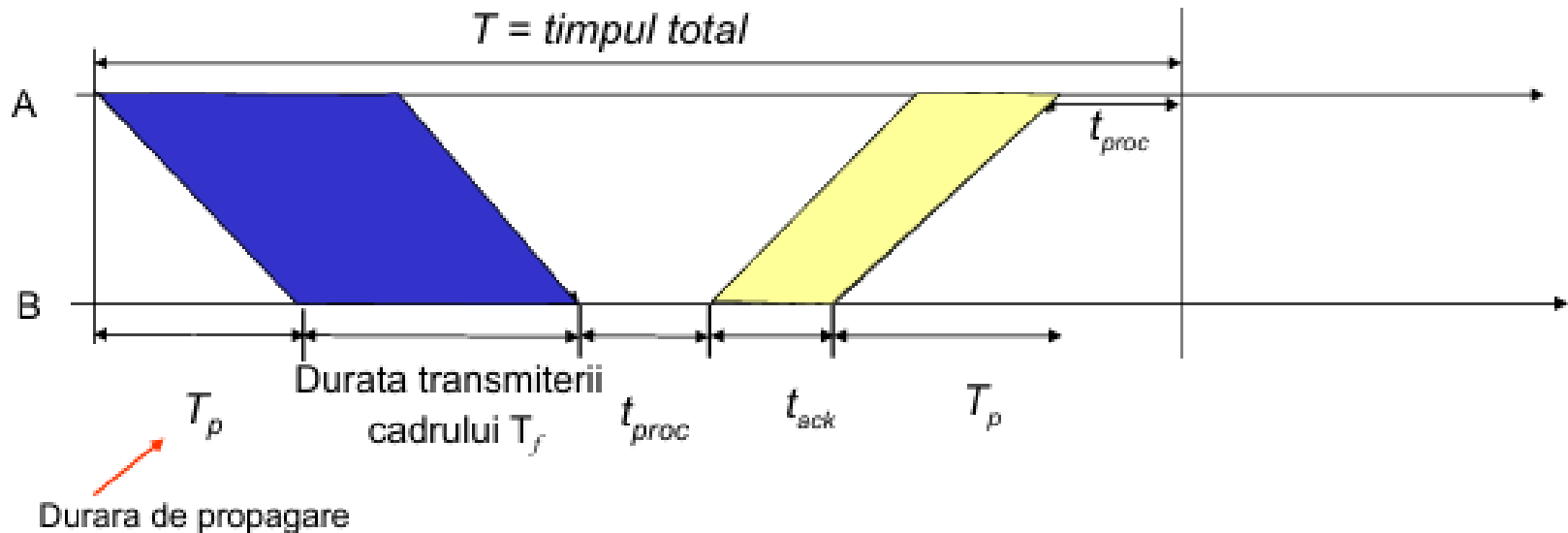
- Eficiența protocolului Stop and Wait
- Estimarea eficienței protoalelor cu fereastră de anticipare
- Câteva exerciții

# Eficiența Stop-and-Wait



$$E = \frac{T \text{ canal ocupat}}{T \text{ canal ocupat} + T \text{ canal liber}} = \frac{T \text{ canal ocupat}}{T \text{ total}}$$

# Modelul Stop-and-Wait




$$\begin{aligned}
 T &= 2T_p + 2t_{proc} + T_f + t_{ack} \\
 &= 2T_p + 2t_{proc} + \frac{n_f}{R} + \frac{n_a}{R}
 \end{aligned}$$

Lungimea cadrului de date (points to  $n_f$ )  
 Lungimea cadrului ACK (points to  $n_a$ )  
 Durata de prelucrare (points to  $t_{proc}$ )  
 Debitul canalului (points to  $R$ )

## Eficiența protocolului Stop-and-Wait în absența erorilor


**Debitul efectiv:**


$$R_{eff} = \frac{\text{nr. de biti de date}}{\text{durara totala de transmitere}} = \frac{n_f - n_o}{T}$$


Biti de antet & CRC 

**Eficiența transmisiei:**

$$E = \frac{R_{eff}}{R} = \frac{\frac{n_f - n_o}{T}}{R} = \frac{1 - \frac{n_o}{n_f}}{1 + \frac{n_a}{n_f} + \frac{2(T_p + t_{proc})R}{n_f}}$$

Efectul antetului 

Durata transmiterii  
cadrului ACK 

**Impactul produsului debit-intarziere  
(Bandwidth-delay product)** 

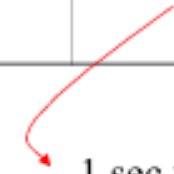
# Întârzieri de propagare și de procesare

- Întârzierea de propagare depinde de viteza de propagarea a semnalului in mediul de comunicare
  - Pentru distanta = 1000km, întârzierea de propagare pentru fibra optica e de ordinul a câteva milisecunde
- Întârzierea de procesare e de ordinul micro-secundelor
  - Poate fi ignorata fără a pierde din precizie
- $2T_p$  = Întârziere dus-întors (Round-trip-time sau RTT)
- Durata de procesare și transmiterea antetelor e mult mai mica decât cele ale datelor
  - In unele cazuri poate fi ignorată

## Produsul debit - intarziere dus-intors (durata de procesare e ignorata)

$$\text{Produsul debit - intarziere dus-intors} = 2T_p * R$$

Debitul R \ RTT	1 ms	10 ms	100 ms	1 sec
1 Mbps	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
1 Gbps	$10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$


$$1 \text{ sec} \times 10^9 \text{ b/s} \\ = 10^9 \text{ biți}$$

# Eficiența protocolului Stop and Wait

- Ipoteze :
  - Durata de transmitere a ACK-urilor și a antetelor e neglijată
  - Durata de prelucrare  $t_{proc}=0$
  - Transmitere fără de erori
  - Timpul total de transfer al unui cadru  $T=T_f + 2T_p$ , unde  $T_f$  e durata de transmitere a cadrului și  $T_p$  e *durata de propagare*
- Eficiența protocolului : Timp transmisie/ Timp total

$$E = \frac{T_f}{T_f + 2T_p} = \frac{1}{1 + 2a} \quad a = \frac{T_p}{T_f} \quad \begin{array}{l} T_f = n_f / R \\ n_f \text{ lungimea cadrului} \\ R \text{- debitul} \end{array}$$

# Exemplu

Eficiența depinde de lungimea cadrului  $n_f$

## Exercițiu

$d = 200$  m,  $R = 100$  Mbps,  $V = 2 \cdot 10^8$  m/s

pentru  $n_f = 100$  biti,  $a = \frac{Rd}{V n_f} = 1$   $E = 0,33$

și  $n_f = 1000$  biti,  $a = \frac{Rd}{V n_f} = 0,1$   $E = 0,83$

$$T_f = n_f / R$$

$n_f$ -lungimea cadrului

$R$ -debitul

$$T_p = d / V$$

$d$ -lungimea canalului

$V$ -viteza de propagare a  
semnalului

## Eficiența de transmisie

### **Exercitiu practic**

*Calculați eficiența și debitul efectiv pentru condițiile următoare:*

$$n_f = 1250 \text{ octeti}$$

$$R = 1 \text{ Mbit/s}$$

$$T_p = 0,5 \text{ ms}$$

Intarzierile de procesare și de transmitere a ACK-urilor vor fi ignorate

### **Rezolvare**

$$T_f = n_f / R = 10000 / 10^6 = 10^{-2} = 0,01$$

$$a = T_p / T_f = 0,5 \cdot 10^{-3} / 10^{-2} = 0,05$$

$$E = 1 / (1 + 2a) = 1 / (1 + 2 \cdot 0,05) = 1 / 1,1 = 0,91$$

$$R_{\text{eff}} = R \cdot E = 910 \text{ kbit/s}$$

Repetăți calculele pentru cazul  $T_p = 5 \text{ ms}$

Ce ați observat ?

## Eficiența de transmisie

$n_r = 1250$  octeti = 10000 biți

$n_a = n_o = 25$  octeti = 200 biți

Protocolul Stop-and-Wait nu funcționează bine pe legăturile care au produsul întârziere\*debit ridicat

Debit \ RTT	RTT			
	1 ms	10 ms	100 ms	1 sec
1 Mbps	88%	49%	9%	1%
1 Gbps	1%	0.1%	0.01%	0.001%

Cu cât mai mare e "bandwidth-delay product", cu atât e mai mică eficiența transmisiei și, respectiv, debitul efectiv

# Eficiența protocolului Stop and Wait în prezența erorilor

- Fie  $N_r$  retransmisii pentru ca un cadru să fie recepționat fără de erori (deci  $N_r - 1$  eșecuri!)

Prin urmare

$$E = \frac{T_f}{N_r(T_f + 2T_p)} = \frac{1}{N_r(1+2a)} \quad a = \frac{T_p}{T_f}$$

- Dacă  $P$  e probabilitatea de eroare a unui bit, probabilitatea de a recepționa fără de eroare un cadru de  $N_l$  biti:

$$P_f = 1 - (1 - P)^{N_l} \approx N_l P$$

# Eficiența protocolului Stop and Wait în prezența erorilor

- Dar

$$P_f = \frac{N_r - 1}{N_r} \Rightarrow N_r = \frac{1}{1 - P_f}$$

- Deci

$$E = \frac{1}{N_r(1+2a)} = \frac{1 - P_f}{1 + 2a}$$

Problemă: cu cât mai mare este cadrul cu atât crește  $P_f$

- Soluție: utilizăm cadre mici → Cu cât cadrele sunt mai mici cu atât eficiența e mai joasă : ((

## Un mic exercițiu pentru a continua...

Protocolul Stop-and-Wait este utilizat pe o legătură cu un debit de 1 Mbit/s, cu durata de propagare de 10 ms și se utilizează cadre de 1000 de biți.

- Care este produsul debit - întârziere ?
- Cât durează transmiterea unui cadru (ACK-ul sosește la emițător) fără a ține cont de durata transiterii ACK-ului?
- Câte cadre ar fi putut fi transmise pe parcursul acestei durate?
- Care ar fi încărcarea canalului?

# Un mic exercițiu pentru a continua...

**Care este produsul debit - întârziere ?**

produsul debit – întârziere =  $(1 \times 10^6) \times 2 \times (10 \times 10^{-3}) = 20000$  biți

**Cât durează transmiterea unui cadru?**

$T_{\text{cadru}} = T_f + 2T_p = 1000/10^6 + 2 \times 10 \times 10^{-3} = 0,021$  sec

**Câte cadre ar fi putut fi transmise pe parcursul acestei durate?**

=  $(T_{\text{cadru}} \times \text{debit}) / (\text{lungime cadru}) = 0,021 \times (1 \times 10^6) / 1000 = 21000$  biți / 1000 = 21 cadre

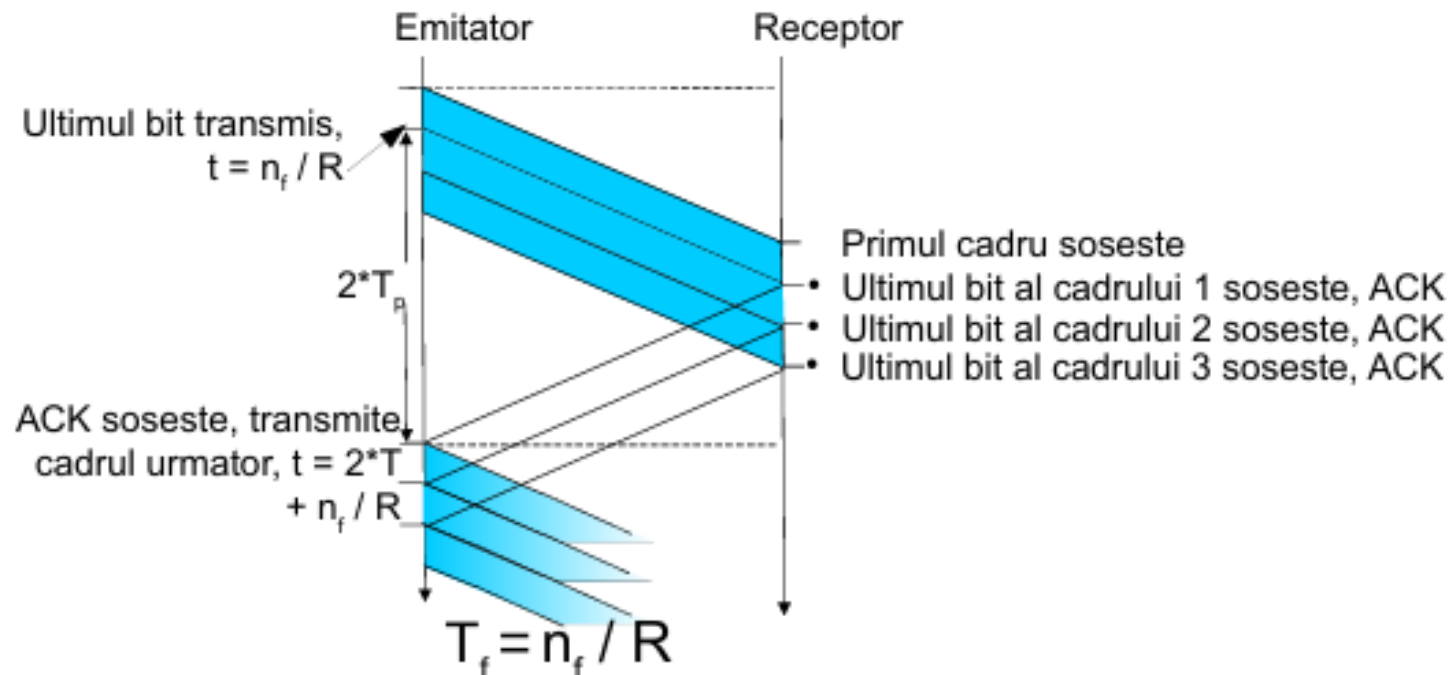
**Care ar fi încărcarea canalului?**

Încărcare =  $(\text{num. cadre transmise} / \text{num. cadre care ar fi putut fi transmise}) \times 100 =$   
 $= (1/21) \times 100 = 4,8 \%$

**Care ar fi încărcarea canalului dacă se transmiteau 21 de cadre?**

100% !!!

# Eficiența protocoalelor cu fereastră de anticipare

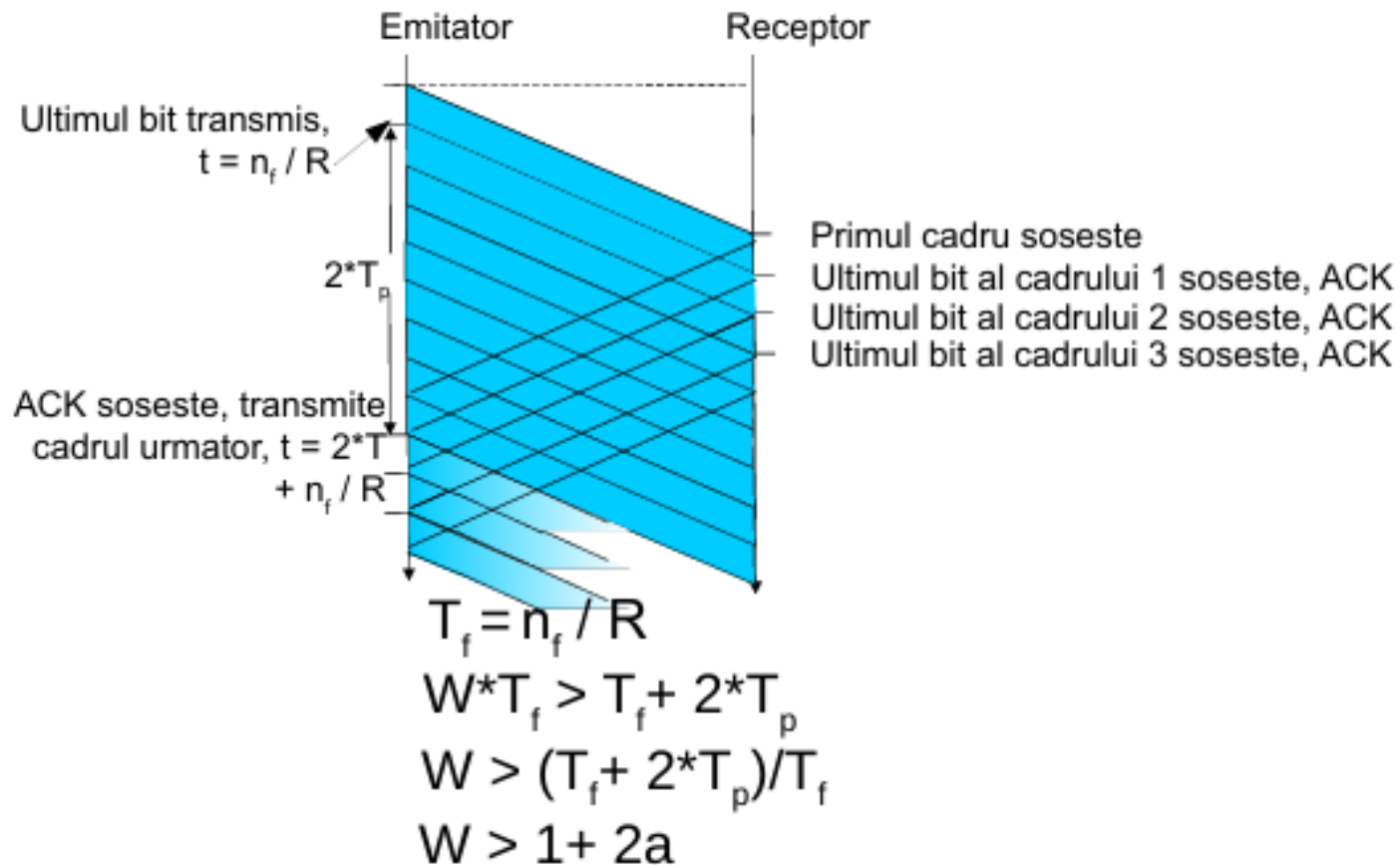


$$W * T_f < T_f + 2 * T_p$$

$$W < (T_f + 2 * T_p) / T_f$$

$$W < 1 + 2a$$

# Eficiența protocoalelor cu fereastră de anticipare



# Eficiența protocoalelor cu fereastră de anticipare

- Fie  $W$  - fereastra (numărul de cadre transmise fără a aștepta confirmarea)
- Pentru cazul când transmisiunea e fără de eroare:
  - $W \geq 2a+1$  : ACK-ul ajunge înainte ca fereastra sa expire
  - $W < 2a+1$  : sursa își termina datele și trebuie sa aștepte primul ACK

$$E = \begin{cases} 1 & W \geq 2a+1 \\ \frac{W}{2a+1} & W < 2a+1 \end{cases} \quad a = \frac{T_p}{T_f}$$

$$T_f = n_f / R$$

$n_f$  - lungimea cadrului

$R$  - debitul

$T_f$  - durata de transmisie a unui cadru

$T_p$  - durata de propagare

# Performanța în prezenta erorilor: Protocolul Go Back N

$$E = \begin{cases} \frac{1 - P_f}{1 + 2aP_f} & W \geq 2a + 1 \\ \frac{W(1 - P_f)}{(2a + 1)(1 - P_f + WP_f)} & W < 2a + 1 \end{cases}$$

$$a = \frac{T_p}{T_f}$$

$T_f$  - durata de transmisie a unui cadru

$T_p$  - durata de propagare

W - fereastra

# Exercițiul 1

Fie un canal cu debitul  $R = 50$  kbit/s, durata de propagare  $T_p = 250$  ms, se folosesc cadrelor de lungime  $n_f = 1000$  biti, durata de transmitere a unui ACK e foarte mica (neglijabila), antetele nu se iau în considerație, transmisia e fără de erori. Fereastra de anticipare e  $W$ .

- Calculați eficiența protocolului pentru  $W = 1$
- Calculați eficiența protocolului pentru  $W = 25$
- Calculați  $W_{\min}$  începând cu care eficiența devine maximă

## Exercițiul 2

Să se calculeze debitul efectiv  $R_{ef}$  observat și durata de transmitere print-un canal de comunicare a unui fișier de  $F = 20000$  biți ținând cont ca durata de propagare într-un sens  $T_p = 50$  ms, debitul  $R = 1$  Mbit/s, lungimea unui cadru  $n_f = 1000$  biți și se utilizează un protocol cu fereastra de anticipare  $w = 4$ .

## Exercițiul 3

Să se calculeze fereastra  $W_{min}$  pentru care la transmiterea print-un canal de comunicare cu o durată de propagare într-un sens  $T_p = 100\text{ ms}$  și cu un debit  $R = 1\text{ Mbit/s}$  a unui fișier de  $F = 20$  kiloocteți utilizându-se cadre cu lungimea  $L = 1$  kilooctet (1024 octeți) se obține o durată globală de transmitere minimă.

Calculați această durată.

## Exercițiul 4

Pentru ce lungime a cadrului  $n_f$  protocolul Go-Back-N cu o fereastră  $W=4$  permite de a avea o eficiență mai mare de 80 % pentru un canal cu debitul de 100 kbit/s și durata de propagare într-un sens de 100 ms ?

Nu se va lua în considerație supra-sarcina antetului și duratele de transmitere a ACK-urilor, transmisiune e fără de erori

## Exercițiul 5

Trasați diagrama transmierii print-un canal de comunicare T a unui fișier de  $F = 20000$  biți ținând cont ca durata de propagare într-un sens  $T_p = 50$  ms, debitul  $R=1$  Mbit/s, lungimea unui cadru  $L = 1000$  biți și se utilizează protocolul Go back N cu fereastra de anticipare  $w=4$ . Pe parcursul transmierii au fost pierdute cadrele 7 și 15 și ACK-urile pentru cadrele 10 și 1.

Cât va dura transmiterea acestui fișier?

Desenați mai întâi diagrama temporală a schimbul de date

