Teorie Laboratoare PCom

> Link laboratoare: https://pcom.pages.upb.ro/labs/labs.html

> Linkuri utile:
>
> Laboratoare: https://pcom.pages.upb.ro/labs/labs.html
>
> Enunt Tema 1: https://pcom.pages.upb.ro/tema1/
>
> Enunt Tema 2: https://curs.upb.ro/2023/pluginfile.php/270580/mod_folder/content/0/Enunt_Tema_2_Protocoale_2023_2024.pdf?forcedownload=1
>
> Enunt Tema 3: https://pcom.pages.upb.ro/tema3
>
> Enunt Tema 4: https://pcom.pages.upb.ro/enunt-tema4/
>
> Enunt Proiect: https://curs.upb.ro/2023/pluginfile.php/323635/mod_folder/content/0/enunt.pdf?forcedownload=1

Abrevieri in Informatica:

- `ACL` = Access Control List
- `ACPI` = Advanced Configuration and Power Interface
- `AD` = Active Directory
- `ADC` = Analog to Digital Converter
- `AES` = Advanced Encryption Standard
- `API` = Application Programming Interface
- `APT` = Advanced Package Tool
- `ASCII` = American Standard Code for Information Interchange
- `ATM` = Automated Teller Machine
- `BCD` = Boot Configuration Data
- `BIOS` = Basic Input/Output System
- `BLE` = Bluetooth Low Energy
- `CA` = Certificate Authoriry
- `CAN` = Controller Area Network
- `CD-ROM` = Compact Disc - Read-Only Memory

- `CI` = Continuous Integration
- `CISC` = Complex Instruction Set Computing
- `CLI` = Command Line Interface
- `CMOS` = Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
- `CPU` = Central Processing Unit
- `CSM` = Compatibility Support Module
- `CTF` = Capture The Flag
- `DAC` = Digital to Analog Converter
- `DHCP` = Dynamic Host Configuration Protocol
- `DMA` = Direct Memory Access
- `DNF` = Dignified YUM
- `DNS` = Domain Name System
- `DTB` = Device Tree Blob
- `DVD-ROM` = Digital Video Disc - Read-Only Memory
- `EDVAC` = Electronic Discrete Variable Automatic Computer
- `ELF` = Executable and Linking Format
- `ESP` = EFI System Partition
- `FAT32` = File Allocation Table 32
- `FSB` = Front-Side Bus
- `FTP` = File Transfer Protocol
- `GCC` = GNU Compiler Collection
- `GDB` = GNU Debbuger
- `GDPR` = General Data Protection Regulation
- `GNU` = GNU's not Unix
- `GNU GPL - GNU` General Public License
- `GNU LGPL - GNU` Lesser General Public License xiii
- `GPG` = GNU Privacy Guard
- `GPIO` = General Purpose Input Output

- `GPT` = GUID Partition Table
- `GPU` = Graphics Processing Unit
- `GRUB` = GRand Unified Bootloader
- `GUI` = Graphical User Interface
- `GUID` = Globally Unique Identifier
- `HDD` = Hard Disk Drive
- `HIG` = Human Interface Guidelines
- `HTTP` = Hypertext Transfer Protocol
- `HTTPS` = Hypertext Transfer Protocol secure
- `I/O` = Input/Output
- `IDE` = Integrated Development Environment
- `IFS` = Input Field Separator
- `IIC` = Inter-Integrated Circuit
- `IoT` = Internet of Things
- `IP` = Internet Protocol
- `IPC` = Inter-Process Communication
- `ISA` = Instruction Set Architecture
- `IT` = Information Technology
- `IT&C` = Information Technology and Communications
- `JAR` = Java Archive
- `JDK` = Java Development Kit
- `JIT` = just-in-time
- `JRE` = Java Runtime Environment
- `KVM` = Kernel Virtual Machine
- `LAN` = Local Area Network
- `LDAP` = Lightweight Directory Access Protocol
- `LED` = Light-Emitting Diode
- `LVM` = Logical Volume Manager

- `LXC` = Linux Containers
- `MAC` = Media Access Control
- `MBR` = Master Boot Record
- `MISO` = Master In Slave Out
- `MIT` = Massachusetts Institute of Technology
- `MOSI` = Master Out Slave In
- `MSI` = Microsoft Install
- `MU` = Memory Unit
- `NAS` = Network Attached Storage
- `NAT` = Network Address Translation
- `NIC` = Network Interface Card
- `NTFS` = New Technology File System
- `OS` = Operating System
- `OVA` = Open Virtualization Appliance
- `PC` = Personal Computer
- `PCI` = Peripheral Component Interconnect
- `PDF` = Portable Document Format
- `PGP` = Pretty Good Privacy
- `PHP` = PHP Hypertext Preprocessor
- `PID` = Process Id
- `PKI` = Public Key Infrastructure
- `POSIX` = Portable Operating System Interface
- `POST` = Power-On Self Test
- `PWC` = Pulse Width Modulation
- `PXE` = Preboot eXecution Environment
- `QEMU` = Quick Emulator
- `RAID` = Redundant Array of Independent / Inexpensive Disks
- `RAM` = Random Access Memory

- `RDP` = Remote Desktop Protocol
- `RFB` = Remote Frame Buffer
- `RISC` = Reduce Instruction Set Computing
- `ROM` = Read-Only Memory
- `RPM` = RPM Package Manager
- `RSA` = Rivest-Shamir-Adleman
- `SAM` = Security Account Manager
- `SAS` = Serial attached SCSI
- `SATA` = Serial Advanced Technology Attachment
- `SFP` = Small Form-factor Pluggable Transceiver
- `SPI` = Serial Peripheral Interface
- `SSD` = Solid State Drive
- `SSH` = Secure Shell
- `SSL` = Secure Sockets Layer
- `TCB` = Trusted Computing Base
- `TCP` = Transmission Control Protocol
- `TLS` = Transport Layer Security
- `TPM` = Trusted Platform sModule
- `UAC` = User Acount Control
- `UEFI` = Unified Extensible Firmware Interface
- `UID` = User Id
- `URI` = Uniform Resource Identifier
- `URL` = Uniform Resource Locator
- `USB` = Universal Serial Bus
- `UUID` = Universally Unique Identifier
- `UX` = User Experience
- `VMM` = Virtual Machine Monitor
- `VNC` = Virtual Network Computing

- `WebUI` = Web User Interface
- `WIMP` = Window, Icon, Menu, Pointer
- `WLAN` = Wireless Area Network
- `YAML` = YAML Ain't Markup Language
- `YUM` = Yellowdog UPdater Modified
- `YUP` = Yellowdog Updater

Abrevieri in `PCom`:

- `ISO OSI` = International Organization for Standardization Open Systems Interconnections
  - `ISO` = International Organization for Standardization
  - `OSI` = Open Systems Interconnection
- `DLL` = Data Link Layer
  - `HDLC` = High Level Data Link Control
  - `BISYNC` = Binary Synchronous Communication
  - `SYN` = Synchronous Idle (Inceputul unui cadru)
  - `SOH` = Start of Heder
  - `STX` = Start of Text
  - `ETX` = End fo Text
  - `CRC` = Cyclic Redundancy Check
  - `DLE` = Data Link Escape (pt header stuffing)
  - `DDCMP` = Digital Data Communications Message Protocol
  - `SOF` = Start of Frame Delimiter
  - `FCS` = Frame Check Sequence
  - `MAC` = Media Access Control
  - `CSMA/CD` = Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
- `PPP` = Point to Point Protocol
- `PPPoE` = Point to Point Protocol over Etherne
- `MPLS` = Multi Protocol Label Switching
- `VPN` = Virtual Private Network
- `IP` = Internet Protocol
  - `CIDR` = Classes Inter Domain Routing
  - `MTU` = Maximum Transmission Unit
  - `DF` = Don't Fragment
  - `MF` = More Fragments
  - `ARP` = Address Resolution Protocol
- `NAT` = Netwrok Address Tranlation

- `ICMP` = Internet Control Message Protocol
- `PING` = Packet Internet or Inter-Network Groper
- `RIP` = Routing Infomration Protocol
- `TTL` = Time to live (of a packet)
- `LSP` = Link State Packet
- `BGP` = Border Geteway Protocol
- `AS` = Autonomous Systems
- `OSPF` = Open Shortes Path First
- `UDP` = User Datagram Protocol
- `TCP` = Transmission Control Protocol
    - `SYN` = Synchronize
    - `RST` = Reset
    - `FIN` = Finish
    - `ACK` = Acknowledge
    - `NACK` = Not Acknowledge
    - `RR` = Receive Ready
    - `RTT` = Round Trip Time
    - `MSS` = Maximum Segment Size
    - `RTO` = Retransmission Timeout
    - `WIN` = Window Size (dimensiunea ferestrei de receptie)
    - `IW` = Initial Window Size (= 10, conform RFC6928)
    - `RWND` = Receive Window
    - `CWND` = Congestion Window
    - `BW` or `BNWD` = bandwidth
    - `AI` = Additive Increase (Crestere Liniara)
    - `SS` = Slow Start
    - `MD` = Multiplicative Decrease
- `ARQ` = Automatic Repeat Request
- `FTP` = File Transfer Protocol
- `DNS` = Domain Name System
    - `RR` = Resource Records

Lab 01. Networking warmup

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab1/lecture.html

Nivelul fizic

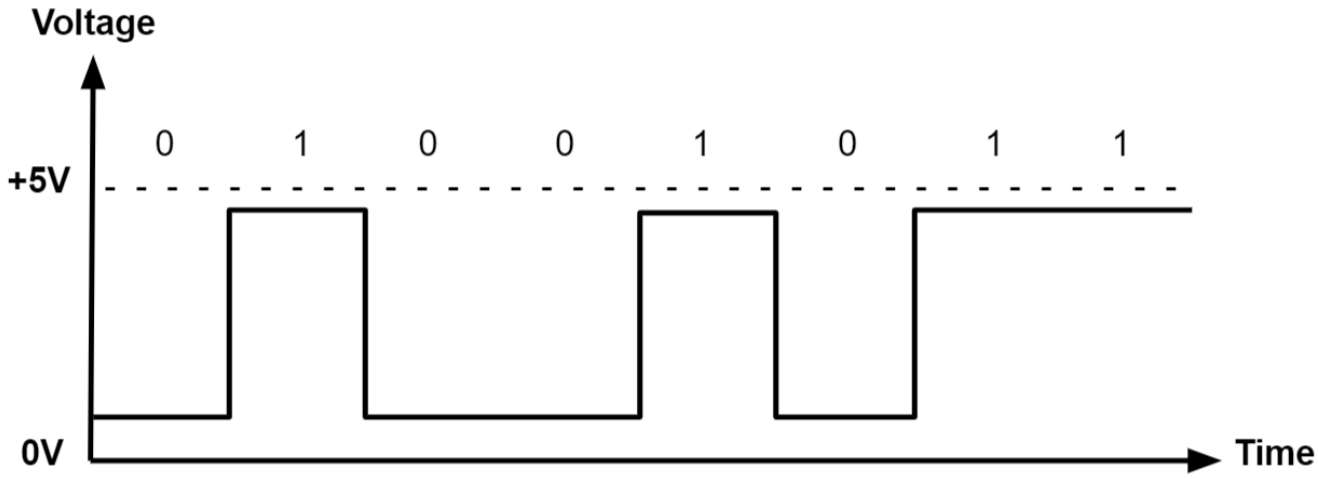
Nvelul fizic se refera la protocoalele si tehnicile utilizate pt a permite schimbul de informatii. Schimbul de informatii se face peste un **mediu de transmisie** (link).

Exemple de medii de transmisie:

- wireless
- cablu electric
- fibra optica
- semnale de fum

In cazul comunicatiei prin cablu, nivelul fizic se ocupa cu codificarea bitilor prin semnale electrice. Un exemplu de codificare este urmatoarea:

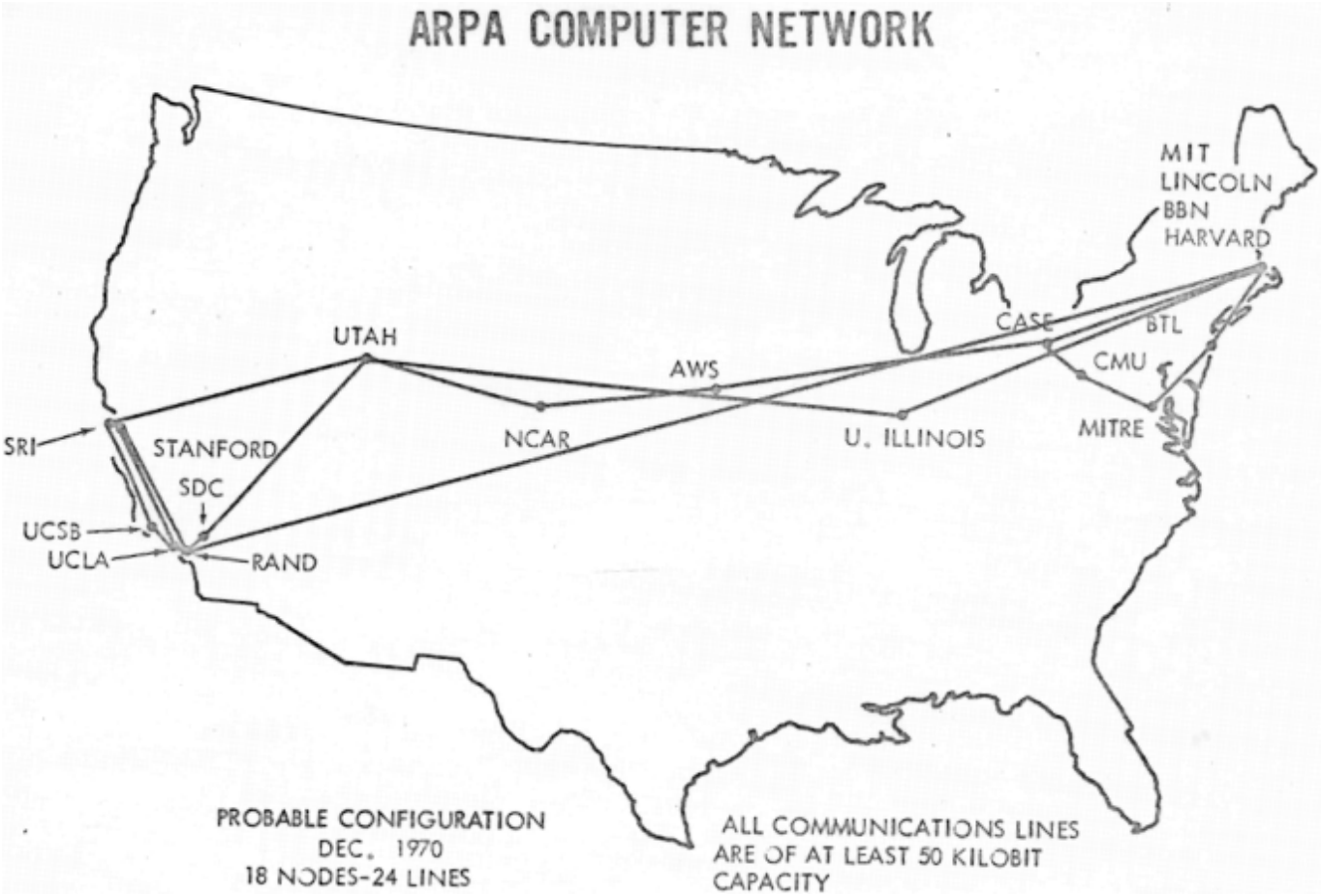
- sender: **la fiecare milisecunda**, cablul electric va fi conectat la 5V pt a transmite bitul 1 si la 0V pt a transmite bitul 0
- receiver: la fiecare milisecunda va masura tensiunea de pe fier



> **Rata de transmisie** (`bit rate`) = nr de biti trimisi pe secunda
>
> `bit rate` = nr bits / sec
>
> In exemplul cu cadrul electric, rata de transmisie este de 1000 de biti pe secunda

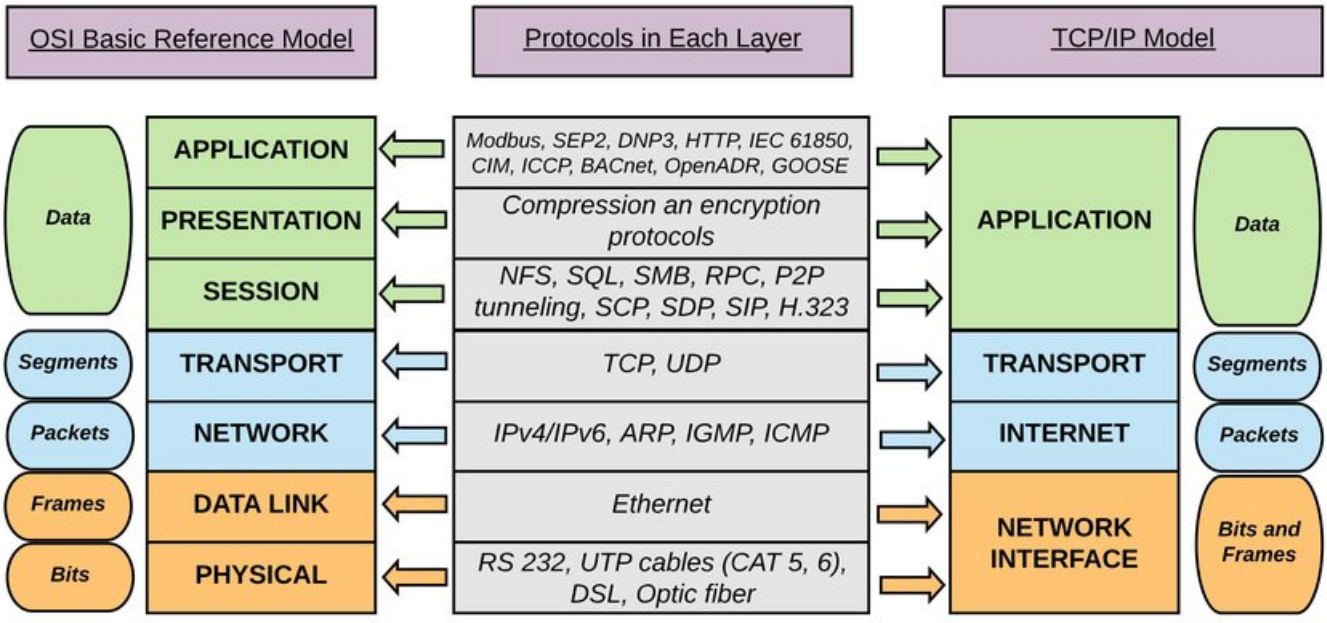
Internetul

La inceputul anilor 1970 internetul se rezuma la comunicarea peste un cablu intre doua dispozitive printr-un protocol simplu, dar in cativa nai complexitatea a crescut enorm. In figura de mai jos vedem precursorul internetului de astazi, `ARPANET`.



Pentru a modela cat mai usor arhitectura Internetului, cercetatorii de la acea vreme au propus diferite modele de referinta. De aceea, **Open Systems Interconnection** (`OSI`), modelul propus de Huber Zimmerman, a fost cel mai influent.

Totusi, in practica, **modelul dominant de referinta** folosit este `TCP/IP`.



Lab 02. Datalink. Framing

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab2/lecture.html

Framing

In general, nu sutem interesati in a lucra cu date la nivel de biti. Aplicatiile pe care le dezvoltam lucreaza cu mesaje, structuri sau fisieri complete. Nivelul fizic ne permite sa transmitem un flux de biti de la un dispozitiv la altul, dar datele pe care le transmitem sunt structurare in **blocuri la nivel logic**.

Receptorul trebuie sa stie sa delimiteze intre aceste blocuri pentru a extrage datele corec. Cum **nivelul fizic nu este ideal**, pot aparea probleme precum desincronizari, astfel ca solutia naiva in care fiecare 8 biti reprezinta un frame nu este valabila.

```
010|01000001|01000010|10101
      'A'       'B'
```

Unitatea de informatie pe care o vom folosi la nivelul `Data Link` este **cadrul** (**frame**) si reprezinta fluxul de biti care constituie un bloc logic de date.

> NOTA: Problema pe care incercam sa o rezolvam este:
>
> Cum face sender-ul codificarea cadrelor (frames) a.i receiver-ul sa le poata extrage eficient din fluxul de biti pe care il primeste de la nivelul fizic

Bit stuffing

O posibilia metoda de framing o reprezinta `bit stuffing`.

Vom folosi `01111110` ca si delimiatator de cadre.

De exemplu, daca vrem sa trimitem `0100`, atunci o sa il codam ca si `01111110|0100|01111110`. Receiver-ul, doar dupa ce a primit `0111110` v incepe sa citeasca continutul cadrului.

Ce facem in cazul in care vrem sa trimitem 6 biti de 1, `111111`? Regula este simpla, dupa fiecare secventa de 5 biti de 1, `11111`, se insereaza un 0. Astfel, delimitatorul `01111110` nu o sa apara niciodata in continutul unui cadru.

```
Sender
111111 -> 1111101

Receiver
1111101 -> 111111
1111100 -> 111110
```

Putem dezvolta astfel un protocol foarte simplu de nivel 2. Specificatie acestui protocol ccontine structura si regula definita pentru a nu intalni delimitatorul in datele pe care le vom transmite (payload).

```
DELIM|PAYLOAD|DELIM
```

Character stuffing in practica

Cum in software ne este mult mai usor sa lucram la nivel de byte (octet, 8 biti), decat bit, nivelul fizic ne ofera si un serviciu de trimitere de fluxuri de bytes.

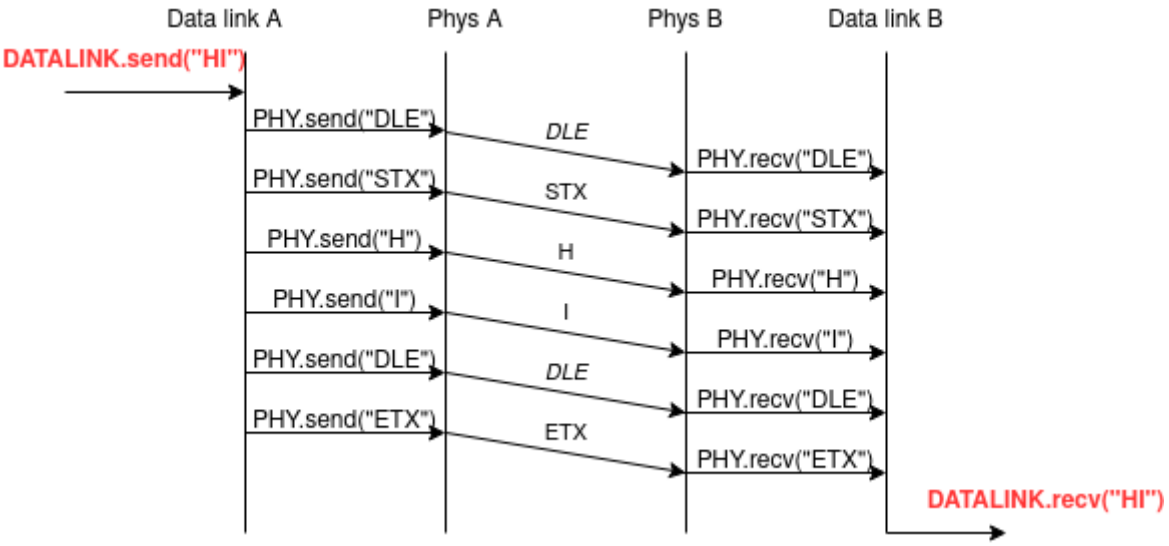
In mod similar cu bit stuffing, vom folosi mai multe caractere speciale pt a ne delimita frame-ul.

Vom folosi `DLE`, `STX` si `ETX` definiti in table ASCII.

```
A B C => DLE STX A B C DLE ETX
```

```
A B C DLE STX D => DLE STX A B C DLE DLE STX D DLE ETX
```

Mai jos avem o diagrama care cuprinde transmisia de date folosind framing. Veem cum la nivelul `Data Link` folosidn protocolul nostru simplu cu bytes de separare putem oferi un serviciu de trimitere de frames.

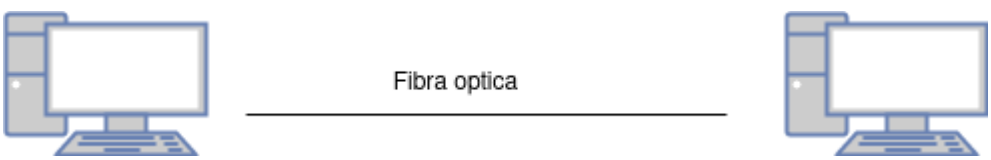


Tipuri de comunicatie

- Point-to-Point
- Point-to-Multipoint

Point-to-Point

Comunicarea Point-to-Point se intampla atunci cand avem doar doua dispozitive. In acest caz, dispozitivele nu trebuie sa specifice cui vor sa trimita frame-uri.



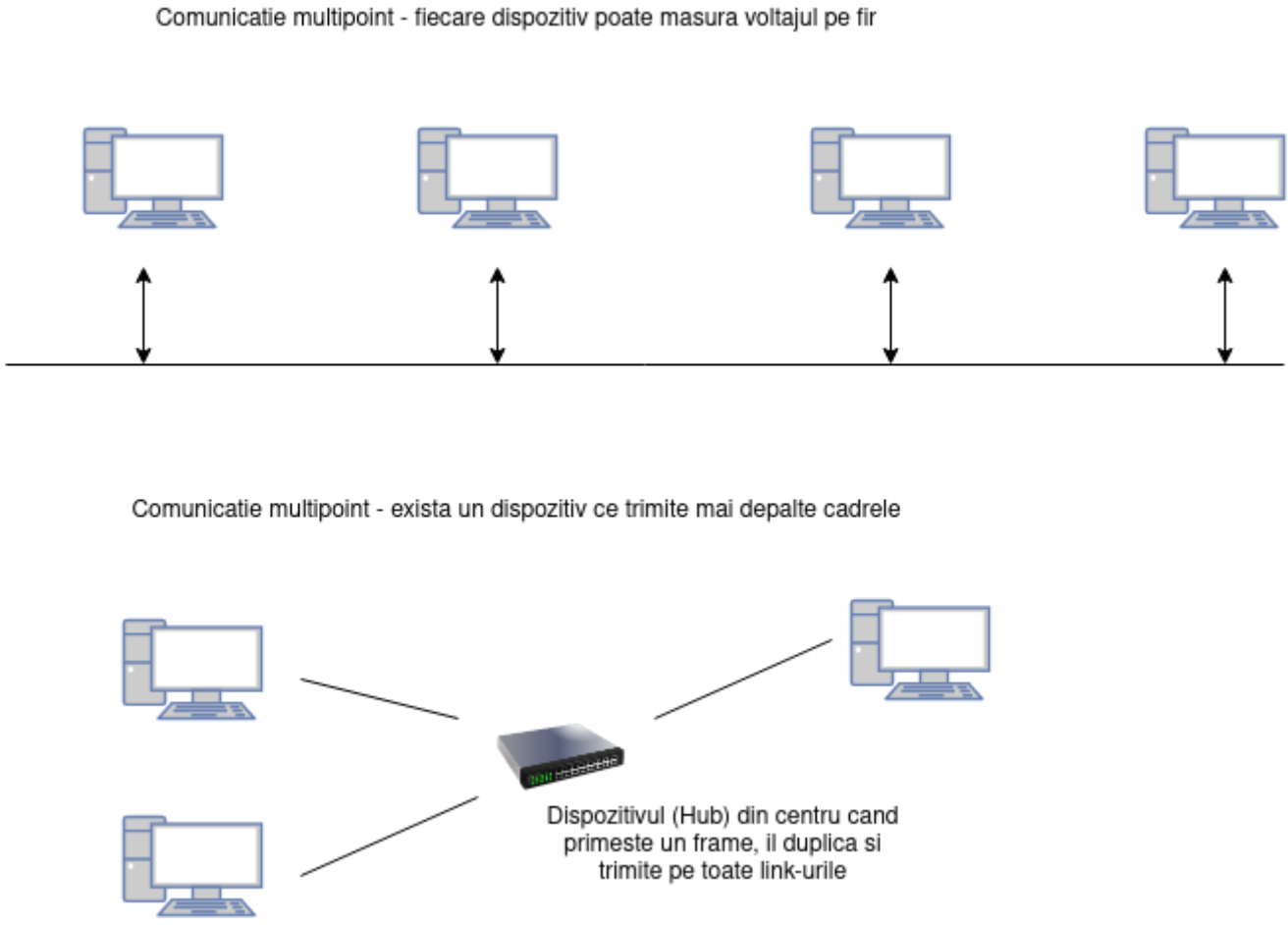
Exemple de protocoale de nivel 2 dezvolatate pt comunicarea Point-to-Point:

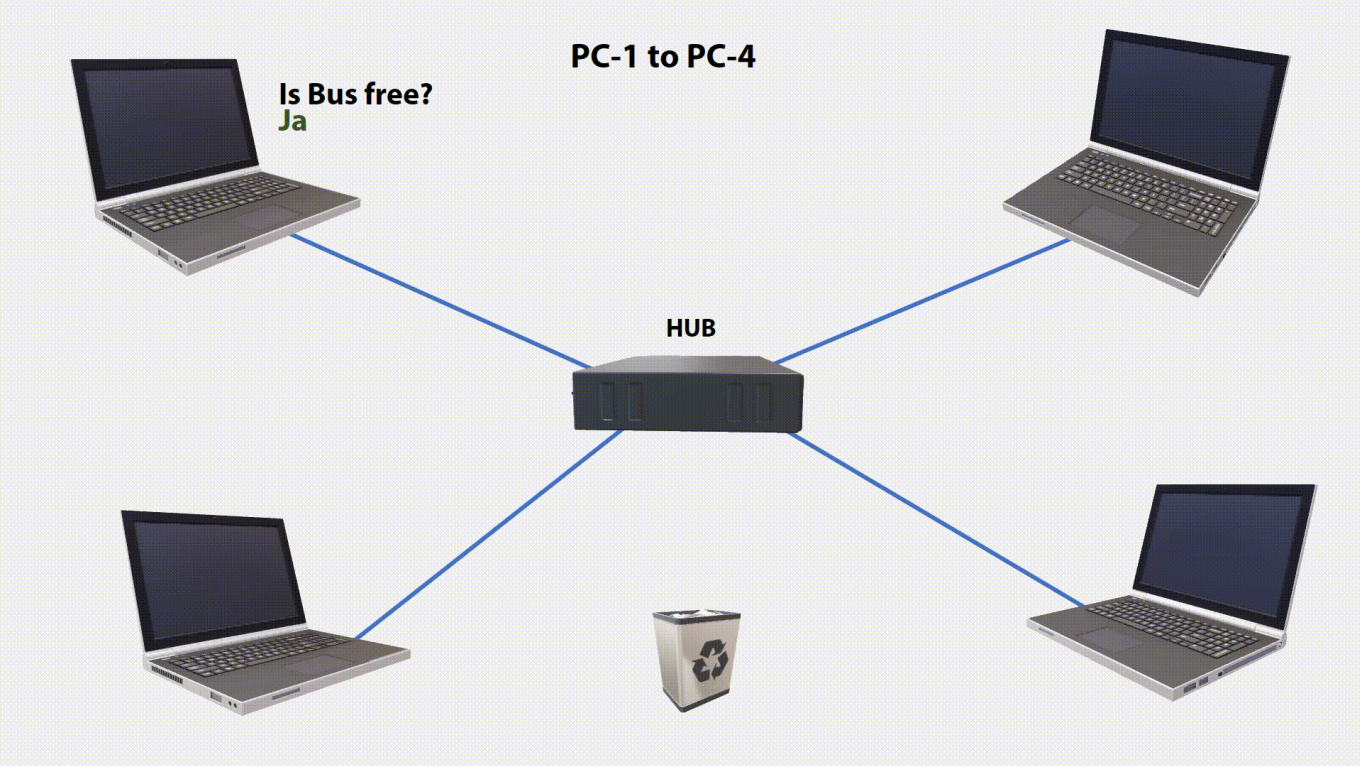
- `PPP` = Point-to-Point Protocol
- `HDLC` = High-Level Data Link Control

Point-to-Multipoint

Intr-o transmisie de tip Point-to-Multipoint, avem un transmitator si mai multi receptori. Cel mai popular mod de a identifica distanta este de a include un **camp de identificare in antetul protocolului** (de exemplu **adresa** `MAC` in protocolul `Ethernet`).

In imaginiea de mai jos sunt exemple de comunicatii multipoint.





Metrici

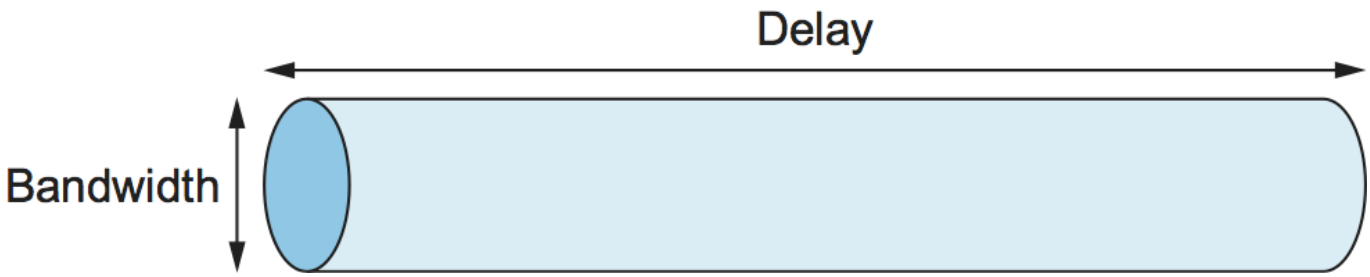
Pentru a putea studia **performanta** unui protocol de nivel `Data Link`, ne intereseaza urmatoarele metrici:

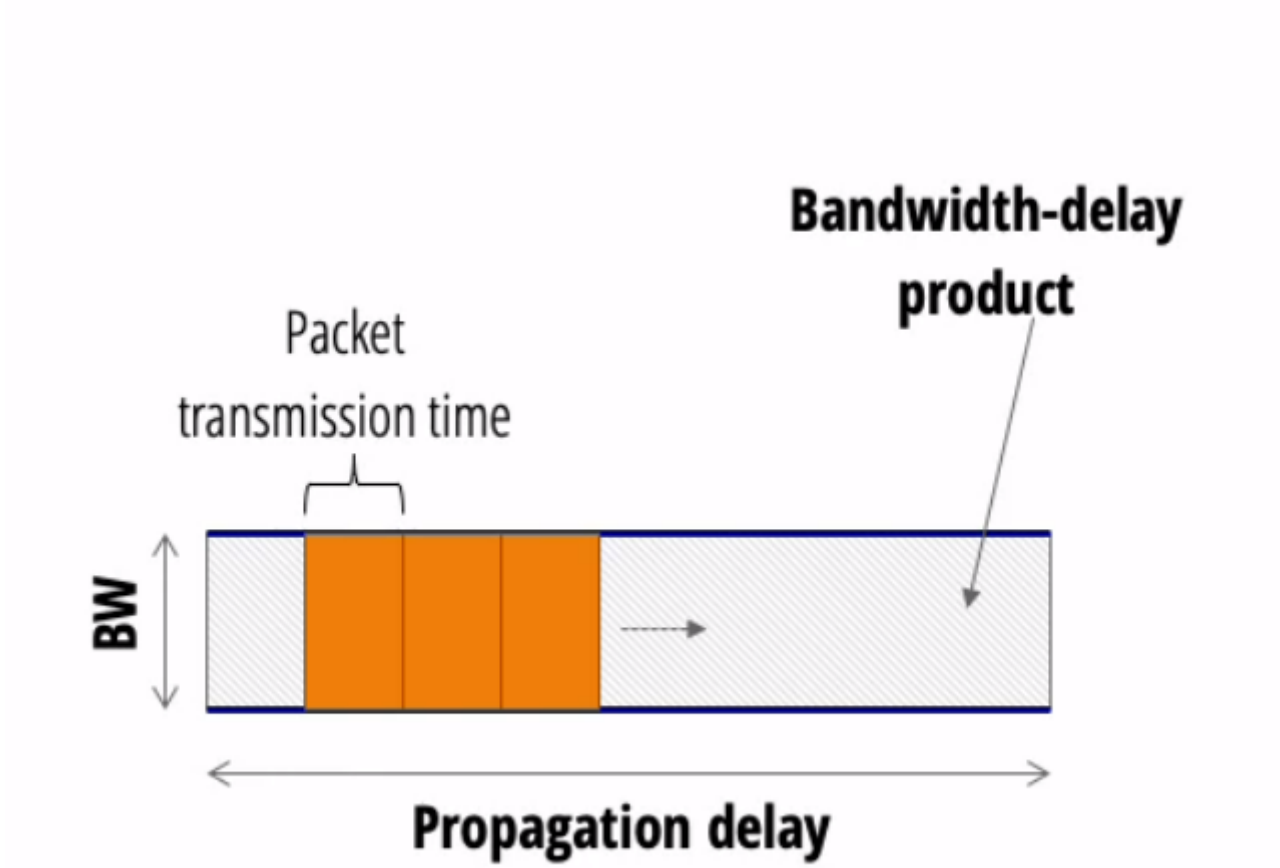
- `Bandwidth` (`BW`)
  - se masoara in **biti / secunda**
  - = **viteza de propagare**
  - reprezinta canitatea de informatie care poate fi transmisa intr-o unitate de timp pe legatura de date
- `Delay`
  - se masoara in **secunde**
  - = **timpul de propagare**
  - reprezinta timpul care le ia unor date trimise printr-un mediu sa ajunga la destinatie
- `Bandwidth delay product` (`BDP`)
  - reprezinta numarul total de biti ce se pot afla pe un link la un anumit moment de timp
  - `BDP = Bandwidth * Delay`

Legatura de date poate fi asemanta cu un cilindru in care datele sunt introduse de catre transmitator si primite de catre receptor.

Aria sectiunii cilidnrului reprezinta **viteza de transmisie** (`Bandwidth`), iar **inaltimea** este **timpul de propagare** (`Dealy`).

Deci, cantiatea de informatie aflata pe link la un anumit moment de timp: `BDP = Bandwidth * Dealy`





Tabelul de mai jos prezinta mai multe metrici pt link-uri existente:

Tip Link	Bandwith (BW)	One-Way Distance	Delay	Bandwidth * Delay (BDP)
Wireless LAN	54 Mbps	50 m	0.15 us	18 bits
Satellite	1 Gbps	35000 km	115 ms	230 Mb
Cross-country fiber	10 Gbps	4000 km	40 ms	400 Mb

Ce se foloseste in Internet? `Ethernet`

Pentru acest nivel din stiva de interent intalnim foarte des protocolul `Ethernet`. Atnet-ul (header-ul) este urmatorul:

802.3 Ethernet packet and frame structure

Layer	Preamble	Start frame delimiter (SFD)	MAC destination	MAC source	802.1Q tag (optional)	Ethertype (Ethernet II) or length (IEEE 802.3)	Payload	Frame check sequence (32-bit CRC)	Interpacket gap (IPG)
	7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	(4 octets)	2 octets	42–1500 octets	4 octets	12 octets
Layer 2 Ethernet frame	(not part of the frame)		← 64–1522 octets →						(not part of the frame)
Layer 1 Ethernet packet & IPG	← 72–1530 octets →								← 12 octets →

> `IGP` = Interior Gateway Protocols (o perioada de inactivitate)

Lab 03. Transfer de date peste un link imperfect

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab3/lecture.html

De parcurs inainte de laborator:

- Reliable data transfer on top of an imperfect link

Materiale video optionale:

- How do CRCs work?

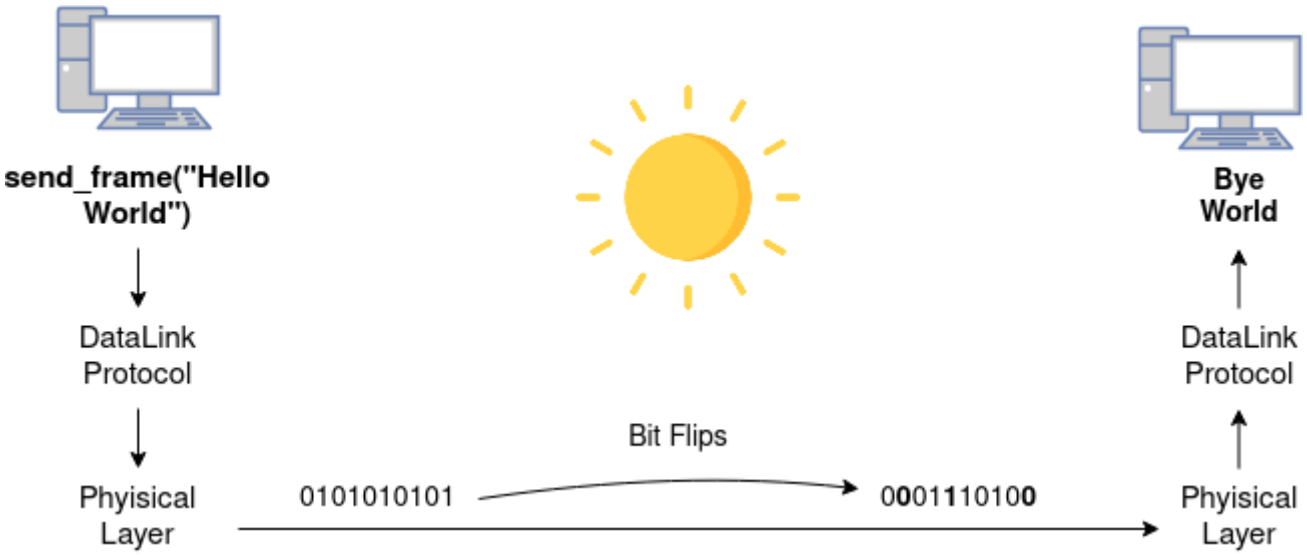
Detectarea erorilor de transmisie

In timpul transmiterii de date, pot aparea **erori**. Acestea se pot manifesta ca biti ale caror valor sunt schimbate intr-un cadru.

Intalnim doua tipuri de erori la nivelul legaturii de date:

- cadrele pot fi corupte
- cadrele pot fi pierdute sau pot aparea cadre neasteptate

De exemplu, daca trimitem sirul de biti `11111111` prin intermediul unui cabul, din cauza **interferentelor electromagnetice**, ultimul bit ar putea avea valoarea schimbata si receptorul ar primi `11111110`.



In general, pentru a putea tranmite date peste link imperfect, vom folosi una dintre urmatoarele abordari:

- detectarea erorilor si retransmisia (`CRC`, `Checksums`)
- corectarea erorilor (`distanta Hamming`)

In acest caz, apare o decizie de proiectare in dezvoltare protocolului. De exemplu, daca stim ca transmisia se intampla peste un mediu cu **latenta mare** si rata mare de corupaare a datelor, cum ar fi comunicarea intre Pamant si Marte (~ 29 de minute), ar avea sens sa **folosim o metoda de corectare a erorilor**.

In schimb, daca **latenta este mica**, ar fi mult mai optim sa realizam o **retransmisie**.

`Ethernet` foloseste un **camp** `CRC` pt **detectarea erorilor**.

Sume de control (`checksum`)

Adesea, atunci cand transmitem date peste un link, este necesar ca receptorul sa determine daca cadrul primit a fost corupt.

Pentru a face acest lucru, **transmitatorul va include un nou camp** numit `checksum` in protocol, care este **rezultatul aplicarii unei functii pe continuul cadrului**.

Un exemplu simplu de functie de `checksum` este suma tuturor octetilor din cadrul, `mod 256`.

```
uint8_t compute_checksum(const char *buff, size_t count)
{
    /* Ca input primim un buffer char *buf de dimensiune int count */
    uint32_t sum = 0;
    uint8_t checksum

    /* Adăugăm în sum fiecare byte din buffer */
    while (count > 0) {
        sum += *((uint8_t *) buff)
        buf += 1;
        count -= 1;
    }

    checksum = sum % 256;
```

```
    return checksum;
}
```

Ce facem daca am detectat o eroare? De cele mai multe ori, la detectia unei erori se va face o retransmisie de catre protocolul de nivel superior (TCP la nivel transport)

O **problema** a algoritmilor de checksum este simplitatea acestora ce poate cauza coliziuni.

> PROBLEMA: Functia poate intoarce acelasi rezultat pentru input-uri diferite

```
Cadru             :  6 23  4
Cadru cu checksum :  6 23  4 33  (6 + 23 + 4 = 33 % mod 256 = 33)
Cadru la receptor :  8 20  5 33  (8 + 20 + 5 = 33 % mod 256 = 33)
```

In acest exemplu, chair daca continutul **mesajului s-a schimbat, checksum-ul calculat a fost acelasi**, existand o sansa de 1/256 (256 - de la operatorul de modula) ca eroarea sa nu fie detectata.

Pentru a rezolva aceasta problema, s-a ales folosirea unor algorimti precum **Cyclic Redundandy Codes** CRC.

> NOTA Termenul de checksum a fost folosit initial pentru a descrie algoritmi de tipul sume, dar in ziua de azi cuprinde si algoritmi mai sofisticati, precum CRC.

Cyclic Redundancy Codes (CRCs)

Daca reprezentam datele transmise ca pe un numar, atunci **restul impartirii** este **valoarea** pe care o putem introduce in **header**, iar receptorul poate verifca daca datele primite au acelasi rest.

In practica, nu folosim numere, ci polinoame, printre altele finnd mult mai usor de lucrat cu ele (nu o sa avem carry).

Cyclic Redundancy Codes (CRC) reprezinta **restul impartirii polinomiale modulo 2 a datelor pe care vrem sa le trimitem**.

Putem vedea payload-ul ca si reprezentarea unui polinom.

```
PAYLOAD=    'H'      'i'     '!'
          01001000 01101001 00100001
```

Cu reprezentarea matematica:

```
x^22 + x^19 + x^14 + x^13 + x^11 + x^8 + x^5 + x^0.
```

De ce **modulo 2** (inelul claselor de resturi modulo 2)? Deorece vrem ca indicii in urma calculelor sa fie 1 sau 0, atunci cand facem impartirea, vom ajunge la valori reale, iar noi, putem folosi doar valori binare.

Pentru **optimizari**, operatiile in acest inel sunt echivalent cu XOR. In functie de polinomul la care o sa ne raportam, avem diferite implementari de CRC.

CRC 32 foloseste umratorul polinom:

```
x^32 + x^26 + x^23 + x^22 + x^16 + x^12 + x^11 + x^10 + x^8 + x^7+ x^5 +
x^4 + x^2 + x + 1
```

Cum avem doar 32 de biti, nu ne intereseaza indicele lui x^32. Polinomul a fost ales astfel incat sa functioneze bine în cazul erorilor în rafala.

Pentru string-ul 123456789, valoarea CRC32 este 0xCBF43926.

Un exemplu de imartire de polinoame modulo 2 este acesta:

```
10011 ) 11010110110000 = Bits of payload
=Poly   10011,,.,,....
        -----,,.,,....
         10011,.,,....  (operatia de xor cand primul bit e 1)
         10011,.,,....
         -----,.,,....
          00001.,,....  (cand primul bit e zero, doar face un shift stanga
          00000.,,....   pentru a lua urmatorul indice de exponent)
          -----.,,....
           00010,,....
           00000,,....
           -----,,....
            00101,....
            00000,....
            -----,....
             01011....
             00000....
             -----....
              10110...
              10011...
              -----...
               01010..
               00000..
               -----..
                10100.
                10011.
                -----.
                 01110
                 00000
                 -----
                  1110 = Remainder = The CRC!
```

O posibila implementare a algoritmului CRC 32 este urmatoarea:

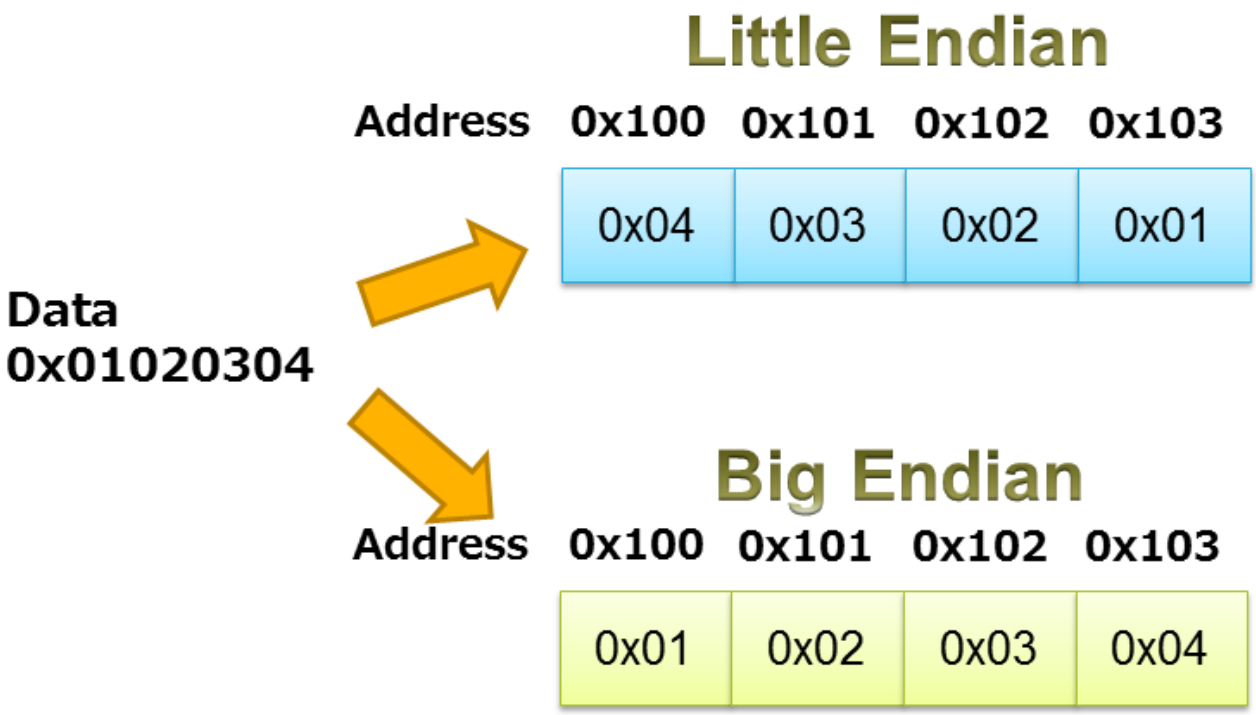
```
uint32_t compute_crc32(const char *buffer, size_t len)
{
    /* unsigned char *buffer contine payload-ul, len este lungimea acestuia
*/
    /* Prin conventie crc-ul initial are toti bitii setati pe 1 */
    uint32_t crc = ~0; // 0xffffffff
    const uint32_t POLY = 0xEDB88320;

    /* Parcurgem fiecare byte din buffer */
    while(len--)
    {
        /* crc contine restul impartirii la fiecare etapa */
        /* nu ne intereseaza catul */
        /* adunam urmatorii 8 bytes din buffer */
        crc = crc ^ *buffer++;
        for( int bit = 0; bit < 8; bit++ )
        {
            /* 10011 ) 11010110110000 = Bytes of payload
                =Poly   10011,,.,,....
                        -----,,.,,....
                         10011,.,,....  (operatia de xor cand primul bit e
1)
                         10011,.,,....
                         -----,.,,....
                          00001.,,....  (asta e noua valoare a lui crc)
(crc >> 1) ^ POLY
            */
            if( crc & 1 )
                crc = (crc >> 1) ^ POLY;
            else
                /* 10011 ) 11010110110000 = Bytes of payload
                    =Poly   10011,,.,,....
                            -----,,.,,....
                             10011,.,,....
                             10011,.,,....
                             -----,.,,....
                              00001.,,....  primul bit e 0,
                              00000.,,....
                              -----.,,....
                               00010,,.... am facut shift la dreapta,
pentru ca suntem pe **little endian**
                */
                crc = (crc >> 1);
        }
    }
    // Prin conventie, o sa facem flip la toti bitii
    crc = ~crc;
    return crc;
}
```

Endianness

In functie de oridnea in care un sir de octeti este **stocat in memorie**, avem doua interpretari:

- `Little Endian`
- `Big Endian`

Reprezentarea cu care suntem cel mai bine obisnuiti este `Big Endian`, asa cum reprezentam datele pe foaia, cel mai **semnificativ byte** este **primul**.



In general, procesoarele moderne folosesc Little Endian.

Totusi, placie de retea folosesc Big Endian.

O sa intalnim denumirea **Network Order** (`Big Endian`) si **Host Order** (`Little Endian`).

In API-ul POSIX avem mai multe functii care se pot folosi pentru a face trecerea Host Order <-> Network Order

```
#include <arpa/inet.h>

// host to network long
uint32_t htonl(uint32_t hostlong);
uint16_t htons(uint16_t hostshort);

// network to host long
uint32_t ntohl(uint32_t netlong);
uint16_t ntohs(uint16_t netshort)
```

Lab 04. Protocolul `IP`. Forrding

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab4/lecture.html

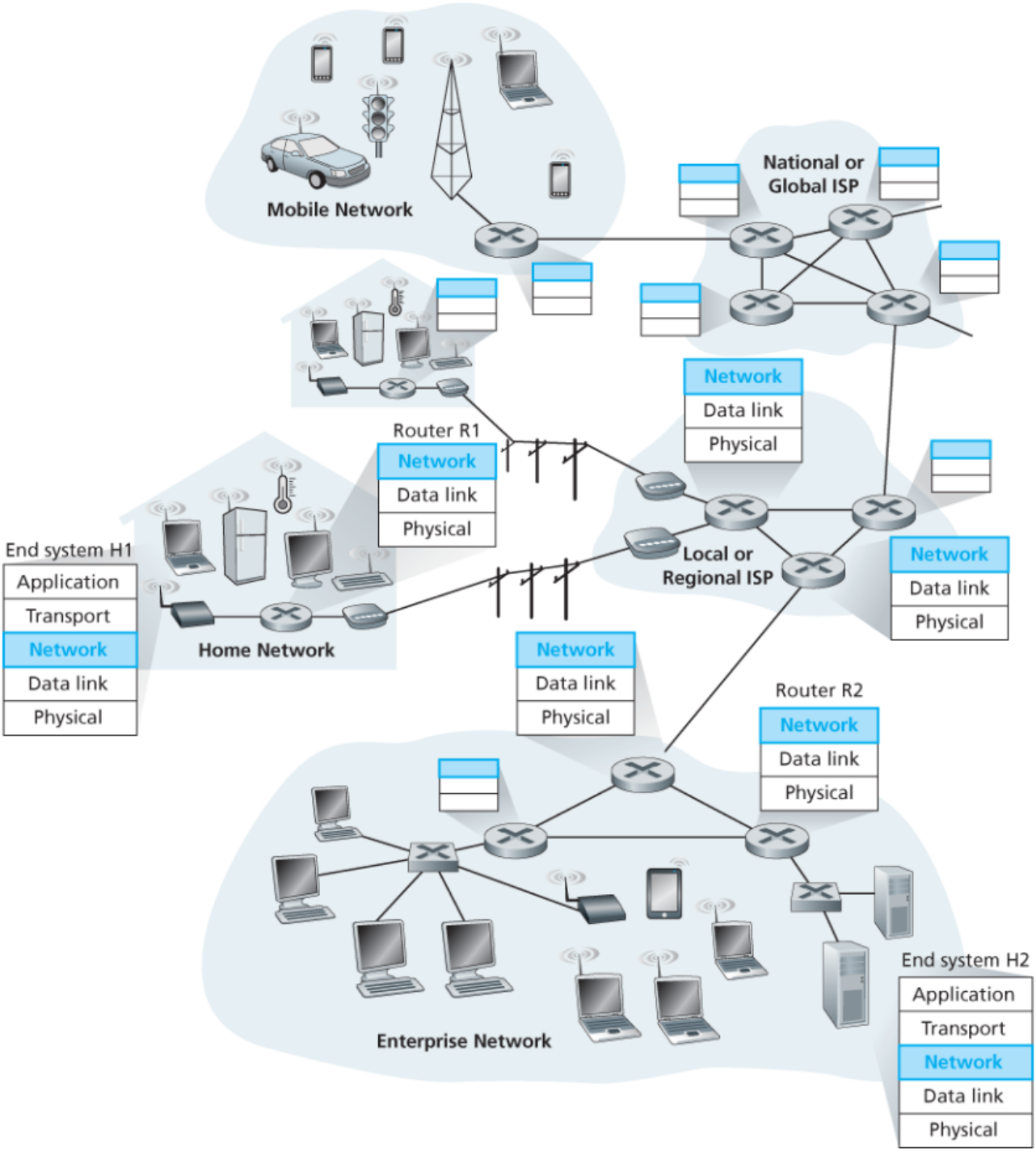
> Protocolul IP: https://youtu.be/rPoalUa4m8E?list=PLowKtXNTBypH19whXTVoG3oKSuOcw_XeW
> Procesul de forwarding: https://youtu.be/VWJ8GmYnjTs?list=PLowKtXNTBypH19whXTVoG3oKSuOcw_XeW

Nivelul Retea

La ultimele laboratoare, am reusit sa dezvoltam o serie de protocoale pentru dispozitive direct conectate. Astazi, punem bazele unui protocol ce permite transferul de date intr dispozitive ce nu sunt direct conectate, fiecare dispozitiv afland0use intr-o retea diferita.

Numele protocolului este **Internet Protocol** (`IP`), dezvoltat initial in anii 1970.

Mai jos gasim o reprezentare a unei topologii in care se afla mai multe retele.



Routing

O sa consideram acum urmatorul scenariu. In marile capitale ale Europei avem mai multe dispozitive. De exemplu, in Londara, avem 4 dispozitive conectate print **Ethernet** (3 calculatoare si un dispozitiv pe care il vom numi **router**). La fel si in Bucuresti. Dispozitive numite **router** sunt conectate printr-un protocol de nivel 2 de tip **Point-to-Point**.

Vrem să trimitem un cadru de la Host A, în Londra, la Host B, în București. Dacă Host A, trimite un cadru de nivel 2, în acest caz Ethernet cu adresa destinație MAC B, acesta nu ar fi considerat de niciunul dintre dispozitive pentru că nimeni din Londra nu are aceastra adresa MAC. Dacă în schimb, am modifică aceste dispozitive numite routere să știe unde se află fiecare adresa MAC din toată europa, cel din Londra ar primi un cadru Ethernet de la Host A cu destinația MAC B și ar trimite conținutul acestuia către Paris folosind protocolul de tip PPP dintre acestea. Totuși, între Londra și Paris este o conexiune de tip PPP, destinația se pierde între aceste conexiuni deoarce protocoalele de tip PPP nu folosesc o destinație.

Avem nevoie de un protocol peste nivelul DataLink care să se ocupe cu identificarea și transmisia între ceea ce vom numi de acum rețele (e.g. rețeaua din București). În acest scop, a fost dezvoltat protocolul IP Protocol (IP) de nivel network. Astfel, o datagramă IP va fi encapsulata atât în protocolul Ethernet cât și în PPP, și routerele se vor ocupa de transmisie.

Protocoale utilizate:

- `Ethernet`
- `IP`

`Ethernet`

> `Ethernet` = protocol de nivel 2 (**DataLink** din **OSI**)
>
> Responsabil pt transferul de date intre dispozitive din aceeasi retea locala (`LAN` = Local Area Network)

`Ethernet` este echivelntul protocolului de **DataLink** pe care l-am implementat in primele laboratoare.

Noi vom lucra doar cu **cadre Ethernet** ce sunt transmise ca payload peste implementarea protocolului fizic **Ethernet**.

Cum CRC-ul este calculat in hardware, nu o sa il regasim in header. In acest caz, header-ul pe care il vom folosi este urmatorul:

```
Ethernet Frame
    +-----------------+-----------+-------------+
    |     Bytes 0-5   | Bytes 6-11 | Bytes 12-13 |
    +-----------------------------+-------------+
    | Destination MAC | Source MAC |  EtherType  |
    +-----------------+-----------+-------------+
```

Adresa MAC Destinatie reprezinta identificatorul dispoizitivului de nivel 2 catre care a fost trimis acest caddru.

In cadrul laboratorului putem folosi urmatoarea structura peste un cadrul Ethernet. Pentru campul EtherType ne intesreseaza doar valoarea ETHERTYPE_IP (**0x0800**).

```c
struct  ether_header {
    uint8_t  ether_dhost[6];
    uint8_t  ether_shost[6];
    uint16_t ether_type;     // ETHERTYPE_IP
};
```

IPv4

> Protcol de nivel 3 (**retea**) din modelul **TCP/IP**

Protocolul IP este utilizat pentru a permite dispozitivelor conectate in retele diferite sa schimbe informatii prin intermediul unui dispozitiv intermediar numit router. Hedaer-ul unui pachet (**pachet**) IP este urmatorul:

```
+----+---------------+---------------+---------------+---------------+
|Word|       1       |       2       |       3       |       4       |
+----+---------------+---------------+---------------+---------------+
|Byte|0|1|2|3|4|5|6|7|8|9|0|1|2|3|4|5|6|7|8|9|0|1|2|3|4|5|6|7|8|9|0|1|
+----+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|   0|Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
+----+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|   4|         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
+----+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|   8|  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
+----+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  12|                       Source Address                          |
+----+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

```
|  16|                    Destination Address                        |
+----+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

> `TTL` = Time to Leave

Campul `Time to Leave` este un numar **decrementat** de fiecare router pentru a evita bucle. `checksum` este campul folosit pentru a **verifica integritatea header-ului** `IP`.

Destination Address este adresa IP a destinatiei.

Urmatoarea structura poate fi folosita pentru a reprezenta un pachet IPv4

```
struct iphdr {
    // The following syntax means that version has 4 bits and ihl 4 bits.
    uint8_t    ihl:4, version:4;  // don't care
    uint8_t    tos;      // don't care
    uint16_t   tot_len;  // don't care
    uint16_t   id;       // don't care
    uint16_t   frag_off; // don't care
    uint8_t    ttl;      // Time to Live -> to avoid loops, we will
decrement
    uint8_t    protocol; // don't care
    uint16_t   check;    // checksum     -> Since we modify TTL,
    // we need to recompute the checksum
    uint32_t   saddr;    // don't care
    uint32_t   daddr;    // the destination of the packet
};
```

Observam ca o adresa IP precum `10.30.4.2` poate fi reprezentata in memorie ca un integer pe 32 de biti, `uint32_t`.

Campul `checksum` este complementul fata de 1 al sumei tututuror cuvintelor de 16 biti din header. Totusi, cum noi modificam doar campul `TTL` si pentru ca checksum este o suma, exista o metoda mai rapida de a calcula noul checksum folosinda formula:

```
Fie:
HC  - vechiul checksum din header
C   - complementul față de 1 al sumei campurilor din header
HC' - noul checksum
m   - vechea valoare a câmpului de 16 biți (TTL în cazul nostru)
m'  - moua valoare a câmpului de 16 biți (TTl --)

HC' = ~(C + (-m) + m')
     = ~(~HC + ~m + m')
```

Avem astfel formula finala:

```
new_checksum = ~(~old_check +  ~((uint16_t)old_ttl) + (uint16_t)ip_hdr-
>ttl) - 1;
```

Acel -1 de la final apare pentru a evita translatia din network order in host order pentru valorile de ttl pe 16 biti.

Adrese IP

In generela, o adresa IP este de forma `10.20.30.40` si este reprezentata pe 32 de biti.

Cum avem foarte multe adrese IP, in general o sa le structuram in blucuri (**retele**).

O retea este identificata printr-un `prefix` si o `masca` De exemplu, reteaua din Bucuresti in exemplul nostru este: `10.20.30.0/24`

> Masca de reatea `/24` inseamna ca primii **24 de biti** sunt utilizati pentru identificarea **retelei**, iar restul de **8** biti, pentru identificarea dispozitivelor (**hosturilor**) din acea retea.

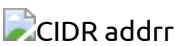
> Masca pe `/24` de biti =>
>
> - primii **24** de biti vor fi **1**
> - restul de **8** biti vor fi **0**

```
Network în București
Network: 10.20.30.0/24
Prefix:  10.20.30.0
Mask:    255.255.255.0 (24 = nr de biți de 1 de la stânga la dreapta)
```

Cate adrese IP sunt in reteaua din Bucuresti? Avem `256` de adrese IP disponibile, `10.20.30.0 - 10.20.30.255`. Adresele din acest bloc pot fi asignate dispozitivelor din Bucuresti.

> Mastile de subretea sunt utilizate impreuna cu notatia `CIDR` pentru a defini dimensiunea unei retele si numaru lde dispozitive conectate la aceasta

> `CIDR` = Classless Inter-Domain Routing

 CIDR addrr

Procesul de forward (dirijare)

Un router, pentru a trimite un pachet catre urmatorul dispozitiv (`hop`) va trebui sa realizeze mai multe actiuni (proces de forward). Procesul complet de forwarding este urmatorul

1. Pe und dintre interfete este receptionat un pachet IP
2. Verifica checksumu. Daca este grestit arunca pachetul
3. Ruleaza algoritmul de **Longest Prefix Match** (`LPM`) in **tabela de ruate** pentru a gasi urmatorul hop.
4. In cazul in care nicio intrare din tabela nu face match, router-ul arunca pachetul.

5. Roterul **decrementeaza** campul `TTL` din header-ul IP. In cazul in care `TTL` este 0, pachetul este aruncat
6. Rucalculeaza `checksum`-ul
7. Router-ul face update la adresa `MAC` sursa a pachetului in adresa proprie si adresa `MAC` destinatie a urmatorului HOP.
8. Pachetul este trimis catre urmatorul hop identificat prin `LPM`

Tabela de rutare este populata de algoritmii de routare si este structurata astfel:

```
Prefix          Next hop       Mask         Interface
192.168.0.0     192.168.0.2  255.255.255.0       0
192.168.1.0     192.168.1.2  255.255.255.0       1
192.168.2.0     192.168.2.2  255.255.255.0       2
192.168.3.0     192.168.3.2  255.255.255.0       3
```

Un dispozitiv are mai multe interfete pe care poate sa trimita pachete (ex.: din Londra are una pt Paris si una pt Berlin)

Longest Prefix Match (`LPM`)

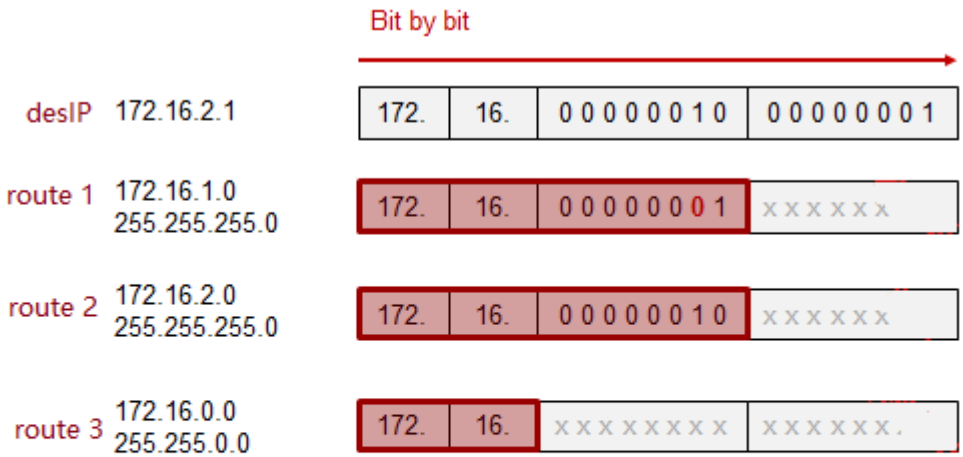
Pentru a determina prefixul dintr-o adresa IP si o masca, putem folosi urmatoarea operatie pe biti: `ip & mask`.

```
 Adresa IP     Mask            Prefix
10.20.30.4 & 255.255.255.0 = 10.20.30.0
```

Algoritmul are o specificatie relativ simpla:

- Router-ul cauta in tabela de rutare intrarile pt care: `(ip & mask) == prefix`
- Dintre toate rutele care fac match in etapa anterioara:
    - este aleasa ruta cea mai specifica (**prefixul** cel mai mare)
    - Daca doua rute au aceeasi specificitate, e va folosi ruta cu cel mai mic metric

Un exemplu este cel din rumatorea imagine, in care `route 2` este cea mai specifica si urmatorul hop este conectat la interfata `S1`.



prefix	out int
172.16.1.0/24	S0
172.16.2.0/24	S1
172.16.0.0/16	S2

> OBS: `route 1` nu face match, deoarece `(destIp & mask) != prefix`.

O posibila implementare in `O(n)` a algoritmului este urmatoarea:

```
// Avem o tabela de rutare table {prefix, next_hop, mask, interface}

// tabela trebuie sortata descrescator prefix si masca
qsort((void *)table, table_len, sizeof(struct route_table_entry),
comparator);

for (int i = 0; i < table_len; i++) {

    /* Cum tabela este sortată, primul match este prefixul ce mai specific
*/
    if (table[i].prefix == (target_ip & mask)) {
      return &table[i];
    }
}
```

Lab 5. Protocolul UDP. Fereastra glisanta

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab5/lecture.html

De parcurs inainte de laborator:

- The User Datagram Protocol
- What is socket?

Nivelul Retea

Protocoalele de nivel transport folosesc servicile oferite de catre nivelul retea. In Internet, `nivelul retea` ofera un serviciu **fara conexiune**. Nivelul retea identifica fiecare host folosind o adrea IP. Nivelul

retea poate transmite pachete ce au pana la 65KBytes de date catre orice destinatie cunoscuta din reteaua locala sau din Internet.

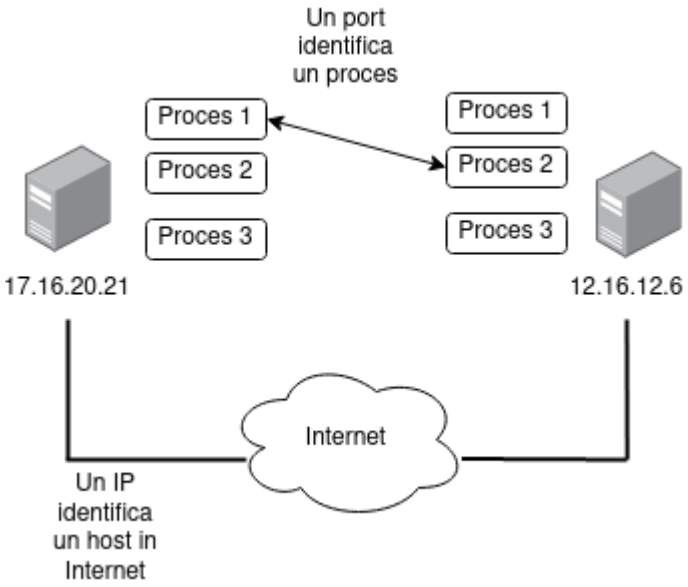
`Nivelul retea` nu garnateaza:

- transmiterea datelor
- nu poate detecta erori de transmisie
- nu pastreaza ordinea de transmitere

Nivelul Transport

Totate aceste lipsuri ale `nivelului retea` sunt rezolvate de catre protocoalele de `nivel transport`.

In general, implementarea protocoaleleor de nivel transport se face in sistemul de operarare.



Porturi

Porturile sunt concpeutl ce ne ajuta sa facem multiplexare intre aplixatii

In conetextul retelelro de comunicatie, un `port` estte un `numar` asociat unui `socket` dintr-un proces (nu unui host).

Daca un proces doreste sa comunice cu late procese, acesta va expun un port, o locatie logica prin care accepta coenxiuni sau prin care se realizeaa schimbul de date.

Aceste numere permite aplicatiilor sa partajeze concurent resuresele de retea. Serverul de mai, de exemplu, nu asteeapta terminarea altor procese ce implica reteaua (ex. web surfing) pt a putea trimite un mail la destinatie.

In antetul protocoalelor de nivel transport, portul este reprezentat pe 2 bytes: `uint16_t port;`.

> Mai multe porturi au fost rezervate in procesul de standardizare Aftel, in **RFC 1340** gasiti o lista de porurie care sunt considerate ca fiind rezervate (well-known) pt anumie protocoale De exemplu, portul 21 este rezervat pt **File Transfer Protocol** (`FTP`)

Port	Protocol	Use

Port	Protocol	Use
20, 21	FTP	File TRansfer
23	Telent	Remote Login
25	SMTP	Email
69	TFTP	Trivial File Transfer Protocol
79	Finger	Lookup info about a user
90	HTTP	World Wide Web
110	POP_3	Remote email access
119	NNTP	USENE NENS

UDP (User Datagram Protocol)

Serviciu **neorientat pe conexiune**: nu se stabileste o conexiune intre client si server. Asadar, serverul nu va astepta apeluri de conexiune, ci asteapta direct datagrame de la clienti. Acest tip de comunicare este intalnit in sistemele client-server in care se transmit putin mesaje si in general prea rar pentru a mentine o conexiune activa intre cele doua entitati.

UDP nu garanteaza:

- ordinea primirii mesajelor
- corectarea pierderilor pachetelor

UDP-ul se utilizeaza mai ales in retelele in care exista o pierdere foarte mica de pachete si in cadrul aplicatiilor pentru care peirderea unui pachet nu este foarte importnanta.

> exemplu: aplicatiile de streaming video

Are un overhead foarte mic, in comparatie cu celelalte protocoale de transport.

> header-ul UDP are 8 bytes
>
> header-ul TCP are 20 bytes

Header UDP

Header-ul UDP are 8 bytes si are urmatoarea structura:

```
0      7 8     15 16    23 24    31
+--------+--------+--------+--------+
|     Source      |   Destination   |
|      Port       |      Port       |
+--------+--------+--------+--------+
|     Length      |    Checksum     |
+--------+--------+--------+--------+
```

Portul sursa este ales random de catre masina sursa a pacheteului dintre porturile libere existente pe acea masina.

Este un numar pe 16 biti, intre **0** si **65535**. Identifica procesul UDP care a trimis datagrama.

Portul destinatie este protul pe care masina destinatie poate reception pachete. Identifica socket-ul UDP care va procesa datele primite.

Length este lungimea in octeti (byte) a datagramei (header size + data size).

Checksum este valoarea sumei de verificare pentru datagrama.

Putem folosi urmatoarea structura pentru a repreentata header-ul UDP

```
struct udphdr
{
  uint16_t sport;       /* source port */
  uint16_t dport;       /* destination port */
  uint16_t ulen;        /* udp length */
  uint16_t sum;         /* udp checksum */
};
```

Sockets

In cadrul laboratorului nu vom implementa protocolul UDP, ci vom folosi implementarea existanta din Kernel-ul de Linux.

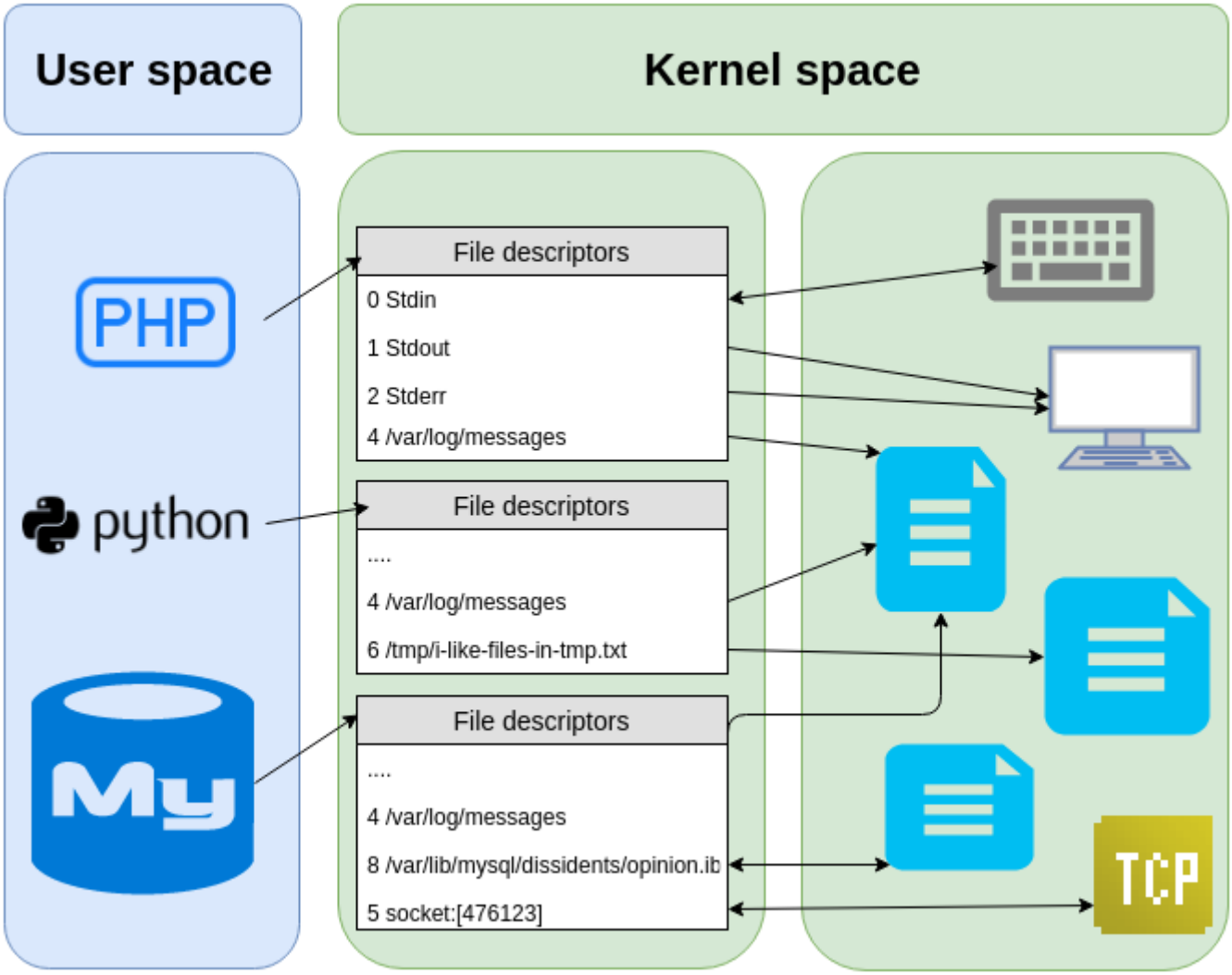
Acest lucru se realizeaza prin intermediul API-ului de sockets. Network stack-ul din Linux se ocupa de parsarea si interactiunea cu datagrame UDP, noua returnandu-ne doar continutul datagramei.

> Un `socket` este un **canal gerenlizat de comunicate intre procese**.

> Un `socket` este reprezentat in Linux/UNIX printr-un **descriport de fisiere**.

> Un `socket` ofera posibilitatea de **comunicare intre procese aflata pe masini diferite intr-o retea**

API-ul de sockets poate fi folosit si pentru IPC (Inter-Process Communication) intre procese ce ruleaza pe aceeasi calculator, prin specificarea adresei de loopback sau a unei interfete existente pe masina.



Functii pt `socket`:

- `socket()`
- `bind()`
- `recvfrom()`
- `sendto()`
- `close()`
- `shutdown()`

```
NAME
  socket - create an endpoint for communication

SYNOPSIS
  #include <sys/types.h>          /* See NOTES */
  #include <sys/socket.h>

  int socket(int domain, int type, int protocol);
```

```
NAME
  bind - bind a name to a socket
```

```
SYNOPSIS
  #include <sys/types.h>          /* See NOTES */
  #include <sys/socket.h>

  int bind(int sockfd, const struct sockaddr *addr,
           socklen_t addrlen);
```

```
NAME
  recv, recvfrom, recvmsg - receive a message from a socket

SYNOPSIS
  #include <sys/types.h>
  #include <sys/socket.h>

  ssize_t recv(int sockfd, void *buf, size_t len, int flags);

  ssize_t recvfrom(int sockfd, void *buf, size_t len, int flags,
                   struct sockaddr *src_addr, socklen_t *addrlen);

  ssize_t recvmsg(int sockfd, struct msghdr *msg, int flags);
```

```
NAME
  send, sendto, sendmsg - send a message on a socket

SYNOPSIS
  #include <sys/types.h>
  #include <sys/socket.h>

  ssize_t send(int sockfd, const void *buf, size_t len, int flags);

  ssize_t sendto(int sockfd, const void *buf, size_t len, int flags,
                 const struct sockaddr *dest_addr, socklen_t addrlen);

  ssize_t sendmsg(int sockfd, const struct msghdr *msg, int flags);
```

```
NAME
  close - close a file descriptor

SYNOPSIS
  #include <unistd.h>

  int close(int fd);
```

```
$ # Linux Programmer's Manual
$ man socket
$ man bind
$ man recvfrom
$ man sendto
$ man close
```

```
#include <sys/socket.h>

int shutdown(int sockfd, int how);
```

Comunicare client-server UNIX

Intr-o arhitectura client-server, cleintul trimite request-uri (cere resurse) catre server, iar acesta din urma trimite anapoi un raspuns (cu resursa).

Pasi urmati pentru a schimba mesaje folsoind `UDP` la **nivelul Transport** folosind API-ul de sockets sunt urmatorii:

1. `socket()` = Deschide un socket
2. `bind()` = Asociaza un **port** (si o **adresa IP**) pt un socket deschis
3. `recvfrom()` / `sendto()` = recptioneaza / trimita data
4. `close()` = inchide socket-ul

> `shutdown()` = permite intreruperea comunicatiei selectiv, shimband modul de utilizare a legaturii **full-duplex**

```
   +--------+            +--------+
   | Server |            | Client |
   +--------+            +--------+
       |                      |
       |                      |          Descriere:
    socket()               socket()       socket() - creează un endpoint de
comunicare
       |                      |           bind() - atașează o adresa unui
socket
     bind()                   |           sendto() - trimite o datagrama
       |                      |           receive() - primește o datagramă
    recv_from() <--------  sendto()       close() - eliberează file
descriptorul
       |                      |
    send_to()   -------->  recvfrom()
       |                      |
    close()                close()
```

`socket()`

```c
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

/* creare socket in C */
/* int socket(int domain, int type, int protocol); */

/* pentru UDP, folosim un socket de tip SOCK_DGRAM */
int sockid = socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);

if (sockid == -1) {
  /* trateaza eroare */
}
```

Explicatii:

- `sockid` - file descriptor pentru socket. În caz de eroare se întoarce -1 si se seteaza variabila `errno`.
- `domain` - reprezintă familia de protocoale pe care urmează să le utilizam în transferul informației. Vom folosi valorile PF_INET pentru IPv4 sau PF_INET6 pentru IPv6.
- `type` - reprezinta tipul socketului. Valori uzuale:
  - **SOCK_STREAM** - Indicata stabilirea unei comunicatii bazata pe construirea unei conexiuni intre sursa si destinatie. Comunicatia este FIFO, fiabila si sigura, o vom folosi la laboratorul urmator cu TCP.
  - **SOCK_DGRAM** - Ofera un flux de date bidirectional, care nu promite sa fie sigur, in secventa sau neduplicat. Un proces care receptioneaza mesaje pe un socket datagrama, poate gasi mesaje duplicate si posibil intr-o ordine diferita fata de cea in care au fost trimise. protocol - specifica protocolul de transport utilizat. Vom seta pe valoarea 0, pentru a se alege protocolul corect in functie de type.

Pentru a afla mai multe informatii, putem accesa urmatorul capitol 5.2 socket()—Get the File Descriptor!.

`bind()`

Utilizatea in server pentru a lega un **socket** de un **port** si eventual de o anumita **adresa IP**.

Practic, `bind` este folosit pentru a indica implementarii de networking din Kernel sa lege acel socket la un anumit port si (optional) la o anumita **adresa IP**.

Atfel, stiva va trimite catre acel socket doar datagrameel ce au ca port destinatie portul ales.

```c
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

/*int bind(int sockfd, struct sockaddr *my_addr, int addrlen)*/

struct sockaddr myaddr;
memset(&myaddr, 0, sizeof(servaddr));
myaddr.sin_family = AF_INET; // IPv4
/* INADDR_ANY = 0.0.0.0 as uint32 */
myaddr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
```

```
myaddr.sin_port = htons(atoi(8888));

int rs = bind(sockfd, myaddr, sizeof(servaddr));
/* in urma apelului, sockfd va avea adresa my_addr */
if (rs == -1) {
  /* trateaza eroare */
}
```

Explicatii:

- `sockfd` = Descriptorul de fisier returnat de `socket()`
- `my_addr` = Structura sockaddr ce contine informatii despre **adresa IP** si **port**
- `addrlen` = lungimea structurii ce stocheaza adresa `my_addr`

`recvfrom()` / `sendto()`

Functiile sunt folosite pentru a primi/trimite o datagrama peste un socket.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

struct sockaddr to;
// Filling server information
memset(&to, 0, sizeof(servaddr));
to.sin_family = AF_INET;
to.sin_port = htons(8888);
int rc = inet_aton("127.0.0.1", &to.sin_addr);


int byteswrite = sendto(int sockfd, char *buff, int nbytes, int flags,
struct sockaddr *to, int addrlen);
if (byteswrite == -1) {
  /* trateaza eroare */
}

/* from va fi populata de apelul recvfrom si va contine informatii despre
cine a trimis datagrama catre noi */
struct sockaddr from;
int bytesread = recvfrom(int sockfd, char *buff, int nbytes, int flags,
struct sockaddr *from, int *addrlen);
if (bytesread == -1) {
  /* trateaza eroare */
}
```

Explicatii:

- `sockfd` = Descriptorul de fisier returnat de socket()
- `buff` = Bufferul unde se gasesc datele ce urmeaza a fi trimise/bufferul unde se vor receptiona datale
- `flags` = Precizeaza conditii de efectuare a transmisiei
- `to/from` = strucurua ce indica adresa unde se trimite/primesc date

- `addrlen` = lungime structurii **to/from** in octeti

`close()` / `shutdown()`

Pentru a inchide un socket se foloseste functia de inchidere a unui descriptor de fisier din Unix:

```
#include <unistd.h>

int close(ind fd);
```

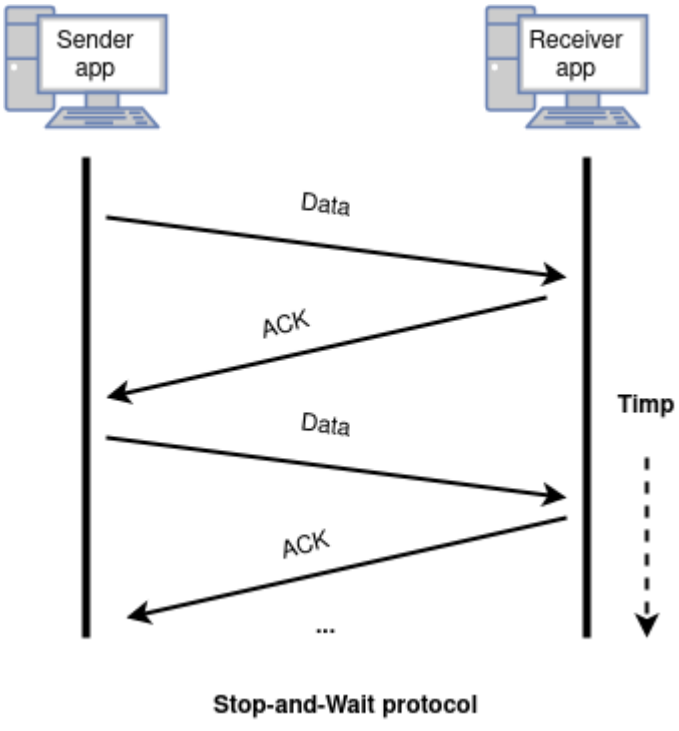
Acest lucru va impiedica atat realizarea de alte citiri, cat si de scrieri din socket. Pentru mai mult control asupra socketului, se foloseste functia `shutdown`, care permite intreruperea comunicatiei selectiv, schimband modul de utilizare a legaturii `full-duplex`.

```
#include <sys/socket.h>

int shutdown(int sockfd, int how);
```

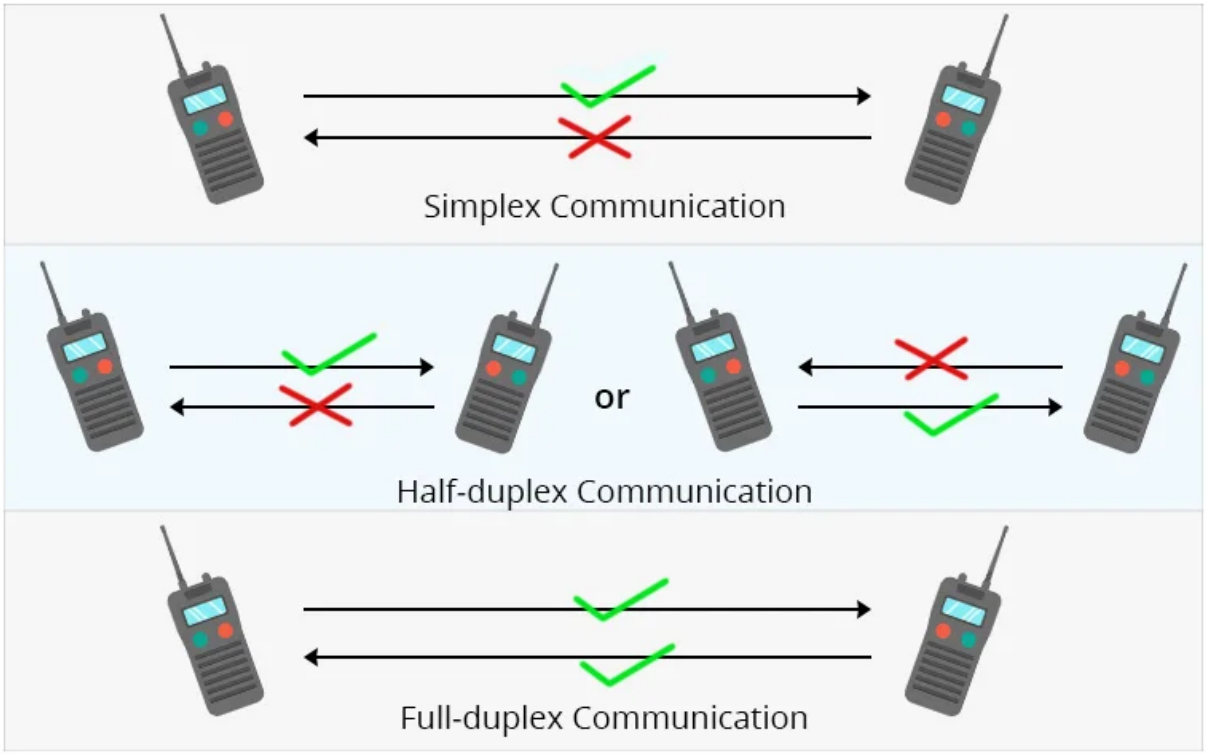
> NOTA `shutdown()` nu inchide un descriptor de fisier, ci doar schimba modul de utilizare
>
> Resursele trebuie eliberate folosind `close()`

`Stop-And-Wait` peste `UDP`

Un protocol foarte simplu pe care il putem dezvolta peste protocolul `UDP` se numeste `Stop-and-Wait`. In imaginea de mai jos avem o reprezentare grafica a acestui protocol. Presupunem ca nu exista pierderi pe link-urile dintr host si receiver.



Stop-and-Wait protocol

> Protocolul `Stop-and-wait` este suficient sa fie un canal `half-duplex`
>
> 
>

Transmitatorul, trimite o datagrama `UDP`, asteapta confirmarea de la recepter, iar apoi trimite urmatoarea datagrama `UDP`.

`ACK` (Acknowledge) este tot o datagrama, doar ca aceasta nu cara date, ci doar confirma primirea datagramei anterioare.

> Protocolul nostru simplu, are totusi o problema: **nu foloseste link-urile optim**.

Daca noi am avea un link de 100Mbp cu un delay de 100ms intre sender si receiver, atunci protoclul in forma actuala ar avea un throughput de sub 3% din banda deoarce o datagraa `UDP` poate avea cel mult 65507 bytes (atunci cand folosim IPv4).

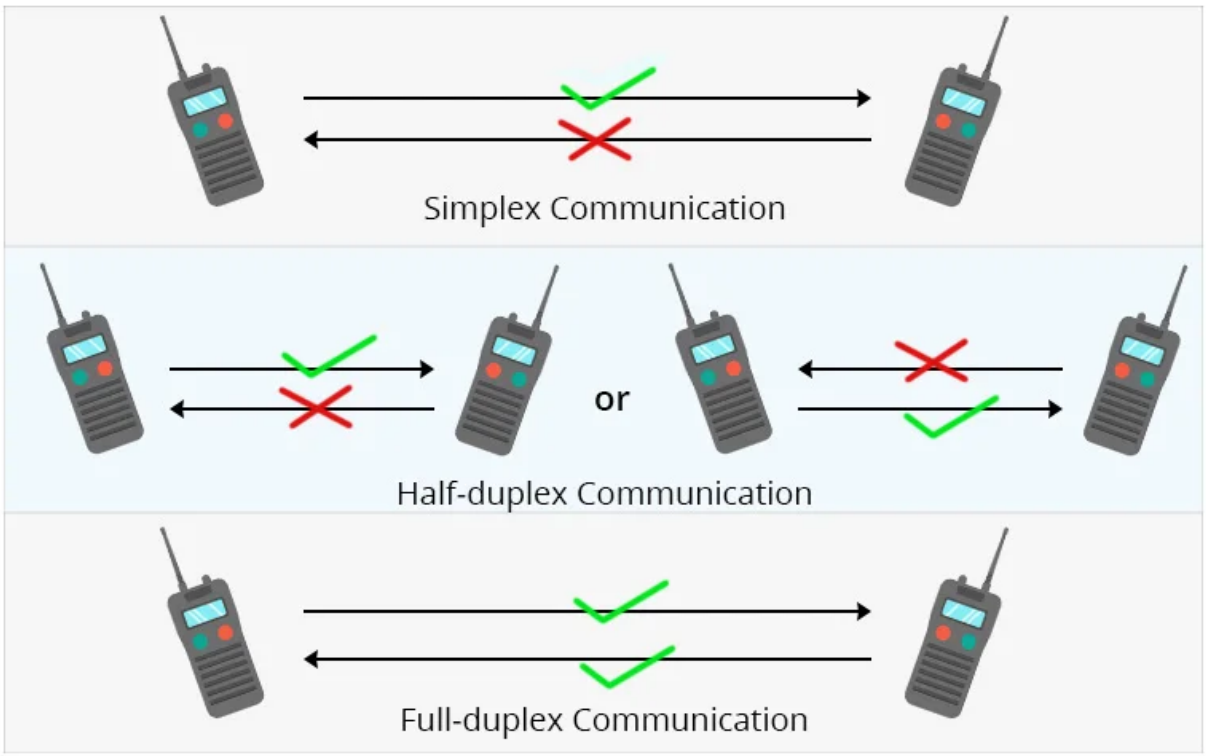
> Pentru a rezolva aceasta problema, a fost dezvoltat tehnica de `fereastra glisanta`.

`Frereastra Glisanta` peste `UDP` (cred: `Selective Repeat ARQ`)

Pentru a folosi. un link intr-un mod optim, vom folosi tehnica de `fereastra glisanta` (sliding window).

Vom trimite `window_size` datagrame fara sa astepam dupa un `ACK`, apoi, pentru fecare `ACK` primit, vom face slide ferestrei la dreapta.

> `ARQ` = Automatic Repeat Request

> `Selective Repeat ARQ` foloseste un canal `half-duplex` sau `duplex`
>
> 
>

Dimensiunea ferestrei glisante (cred: `Selective Repeat ARQ`)

Vom presupune un caz simplu in care 2 gazde pot comunica datagrame `UDP` peste mai multe link-uri:

```
          L1                L2               L3
Host A <------> Router <--------> Switch <-------> Host B

L1, L2, L3 - 10 MBps, 5ms latenta, 0% pierderi de pachete
```

Cum calculam dimensiunea ferestrei? Cum toate link-urile au aceiasi parametrii, vom face calculul o singura data.

Primul pas este determinarea valorii `BDP`-ului (`Bandwidth Dealy Product`)

```
BDP = 10MB/s * 5ms = 10*10^6 B /s*5*10^(-3) s= 50000 bytes = 50KB
```

In cazul in care datagramele pe care le trimim au cel mult `1500 bytes`, atunci pentur a folosi link-ul intr-un mod optim, dimensiunea ferestrei este urm.:

```
windows_size = [BDP / DatagramSize] = [50000 / 1500] = 30
```

> Am presupus ca dimensiunea maxima de `1500 bytes` include si antetele protocoalelor de nivel inferior, precum `IP` si `Ethernet`

Determinarea vitezei de transmisie `bandwidth` pt protocolul `Selective Repeat ARQ`

```
BW = ? pt `Selective Repeat ARQ`

RTT = Round-Trip Time (durata efectuata de la trimiterea unui pachet si
primirea unui ACK = Acknowledge)
MSS = Maximum Segment Size
CWND = Congestion Window (numarul de pachete trimise simultan)
P = procentajul de pachete pierdute
BW = bandwidth = viteza de transmisie = ?
```

```
BW = (CWND * MSS) / (RTT * P)
```

> `BW` = ? pt `Selective Repeat ARQ`
>
> Pentru:
>
> `RTT` = 5
>
> `MSS` = 1000 bytes
>
> `RTT` = 1ms
>
> `P` = 20% pachete pierdute
>
> `BW` = (5 * 1000) / (1 * 0.2) = 25 Mbytes/s

Lab 6. Retransmisie peste `UDP`. `Go-Back-N ARQ`

> Link: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab6/go_back_n.html

In laboratorul precedent am dezvolatat un protocol simplu cu fereastra glisanta peste un link ideal. Totusi, in realitate, **link-urile au pierderi**.

Astazi, vom dezvoltat un alt protocol peste `UDP` cu retransmisie. Acesta va asigura transferul corect de date intre un server si un client peste un link care pierde date.

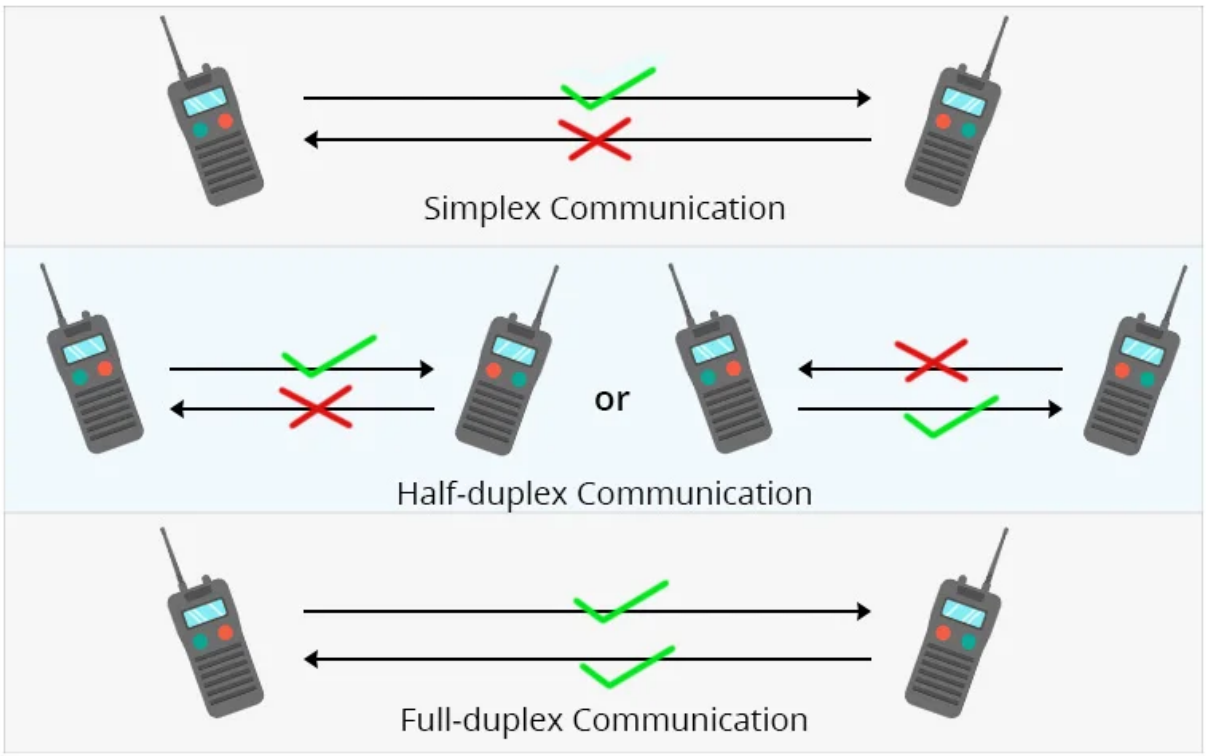
> In acest laborator, unitatea de transmisie pe care o vom folosi este **segmentul**

O tehnica dezvoltata pentru a realiza rtransmisia este `Go-Back-N ARQ`.

Este un caz special de **fereastra glisanta**, in care transmitatorul are o fereastra **N** si receptorul **1**.

La receptor, orice segment care nu este asteptat este aruncat.

Transmitatorul retransmite toate cele **N** segmentele din fereastra la declansarea unui timer.

> Protocolul `Go-Back-N ARQ` foloseste un canal `duplex`.
>
> 
>

Lab 7. Protocolul TCP. Multiplexare IO.

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab7/lecture.html

Linkuri utile:

- TCP: Transmission control protocol
- TCP connection
- `TCP` = Transmission Control Protocol
  - `SYN` = Synchronize
  - `RST` = Reset
  - `FIN` = Finish
  - `ACK` = Acknowledge
  - `NACK` = Not Acknowledge
  - `RTT` = Round Trip Time
  - `MSS` = Maximum Segment Size
  - `RTO` = Retransmission Timeout
  - `IW` = Initial Window Size (= 10, conform RFC6928)
  - `WIN` = Window Size (dimensiunea ferestrei de receptie)
  - `RWND` = Receive Window
  - `CWND` = Congestion Window
  - `BW` or `BNWD` = bandwidth
  - `AI` = Additive Increase (Crestere Liniara)
  - `SS` = Slow Start
  - `MD` = Multiplicative Decrease

Protocolul TCP

TCP (Transport Control Protocol) este un protocol ce furnizeaza transmisie garantata (cat timp exista conexiune). in ordine si o singura data, a octetilor de la transmitator la recptor.

Acest protocol asigura stabilirea unei conexiuni intre cele doua calculatoare pe parcursul comunicatiei si este descris in RFC 793.

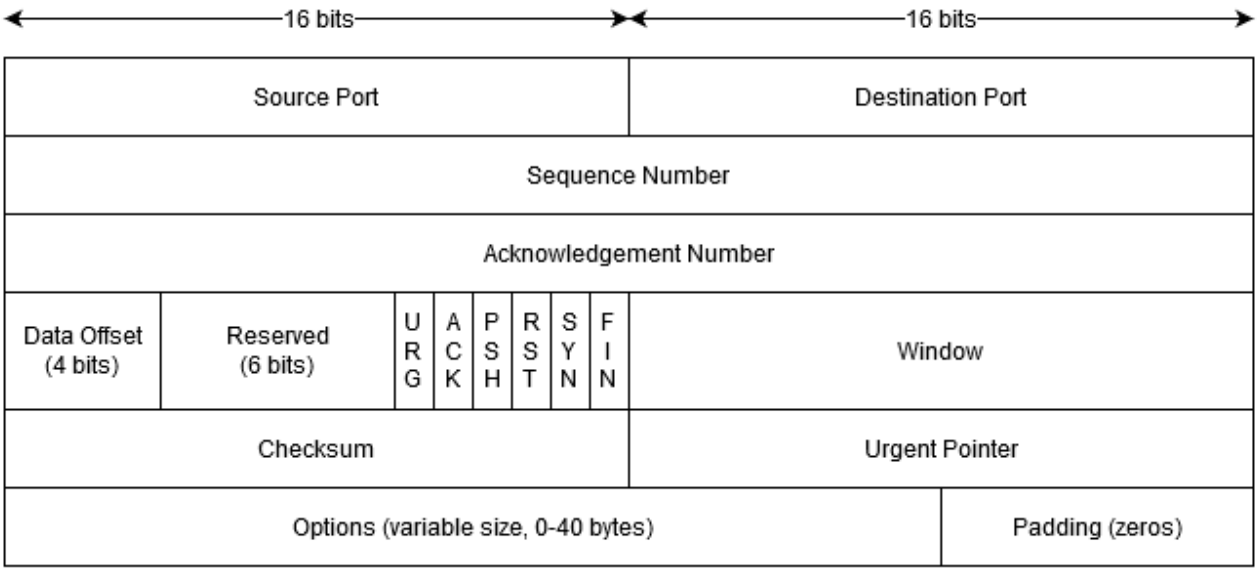
Protocolul TCP are urmatoarele proprietati:

- stabilirea unei conexiuni intre client si server
- serverul va astepta apeluri de conexiune din partea clientilor
- garantarea ordinii primirii mesajelor si prevenirea pierderii pachatelor
- controlul congestiei (fereastra glisanta)
- **overhead** mai mare in comparatie cu UDP

> un header TCP are **20 bytes**

> un header UDP are **8 bytes**

Header TCP



Explicatii header TCP:

- **src port** = prot random ales de catre masina sursa a pachetelui, dintre porturile libere existente pe acea masina
- **dest port** = portul pe care masina destinatie poate receptiona pachete
- **checksum** = valoarea sumei de control pt un pachet TCP
- URG = Urgent Pointer field significant
    - pacheteul contine data care trebuie procesate prioritar fata de alte date din fluxul de date
- ACK = Acknowledge

- `PSH` = Push Function -> acest flag solicita ca detele sa fie livrate iediat aplicatiei destinatarului, fara a fi retinute in buffer pt acumularea altor date
- `RST` = Reset the connection
    - resetarea unei conexiuni TCP
    - este trimis de obicei ca raspuns la o conexiune invalida sua pt a forta inchiderea unei conexiuni
- `SYN` = Synchronize sequence numbers
    - initierea unei conexiuni TCP
    - setarea acestui flag inseamna ca expeditorul doreste sa stabileasca o conexiuni si sincronizeaza numerele de secventa initiale
- `FIN` = Finish
    - inchiderea unei conexiunii TCP
    - cand este setat, indica faptul ca expeditorul a terminat de trimis date si doreste sa incheie conexiunea

Socket API for `TCP`

La laboratorul precedent, am discutat de functii pe care le putem folosi pt a trimite daagrame `UDP`:

- `socket()`
- `bind()`
- `recvfrom()`
- `sendto()`

In acest laborator, vom folosi 3 functii noi:

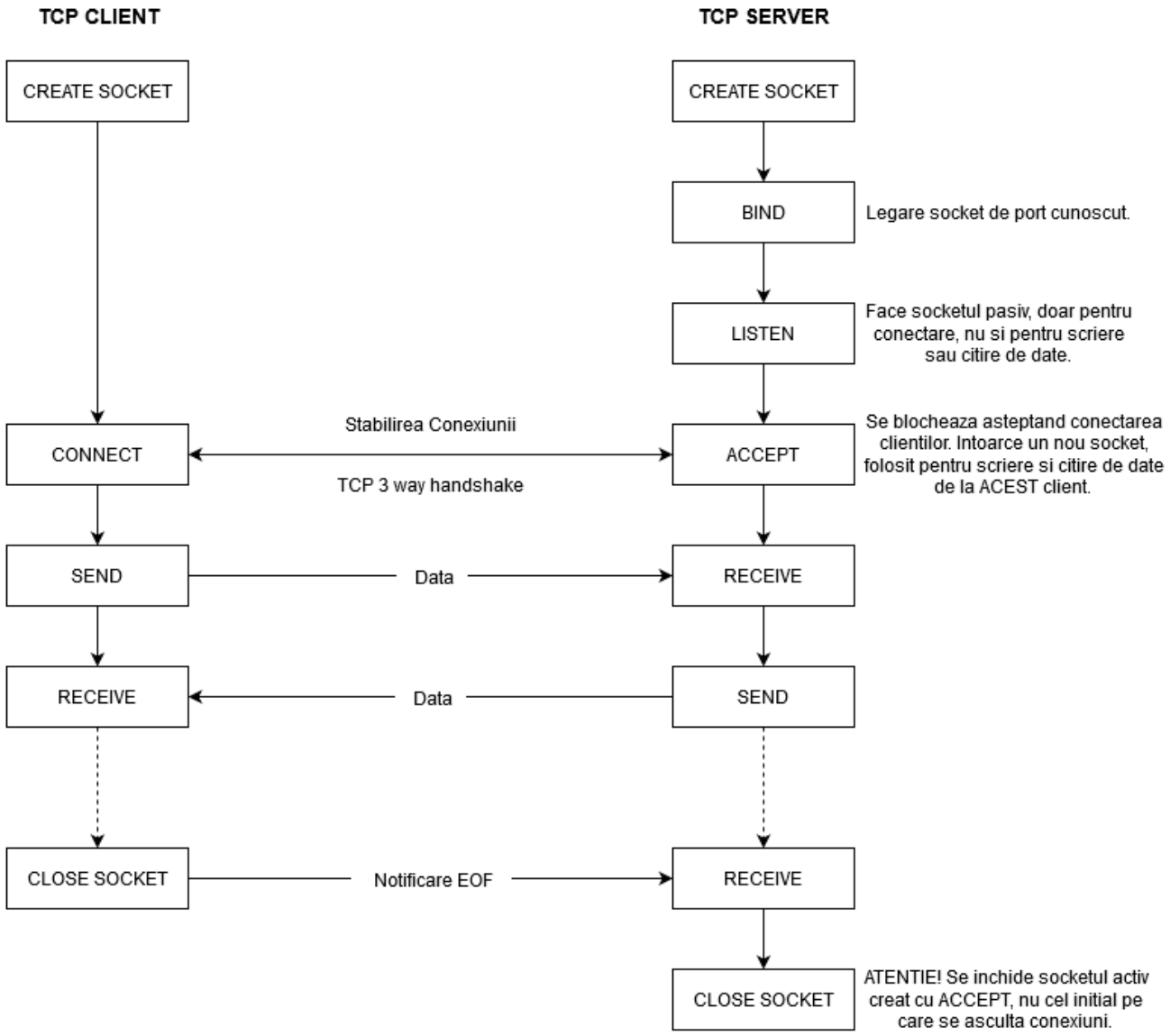
- `connect()`
- `listen()`
- `accept()`

> Acestea sunt folosite pentru stabilirea unei conexiuni intre sender si receiver

In plus, in cadrul acestui laborator vom folosi functiile **send** si **recv**.

> Odata stabilita conexiunea, nu mai trebui sa specificam destinatia

Un overview cum sunt realizate acestea:



> NOTA: In cadrul functiei **socket** vom folosi `SOCK_STREAM` ca argument in locul `SOCK_DGRAM`

`connect()`

In client, dupa ce am creat socketul, aceta trebuie sa se conecteze la server (sa intieze si sa stabileaza un `three-way handshake`).

Pentru aceasta vom folosi functia `connect()`:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int connect(int sockfd, const struct sockaddr *addr, socklen_t addrlen);
```

1. `sockfd` = un descriptor de fisier obtinu in urma apelului `socket()`
2. `addr` = o structura ce contine protul si adresa `IP` a serverului
3. `addrlen` = dimensiunea celui de al doilea parametru

`listen()`

TODO

`accept()`

TODO

`send()`/`recv()`

TODO

Multiplexare IO

TODO

Timere

TODO

Lab 8. `TCP` Congestion Control

> Link laborator: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab8/lecture.html

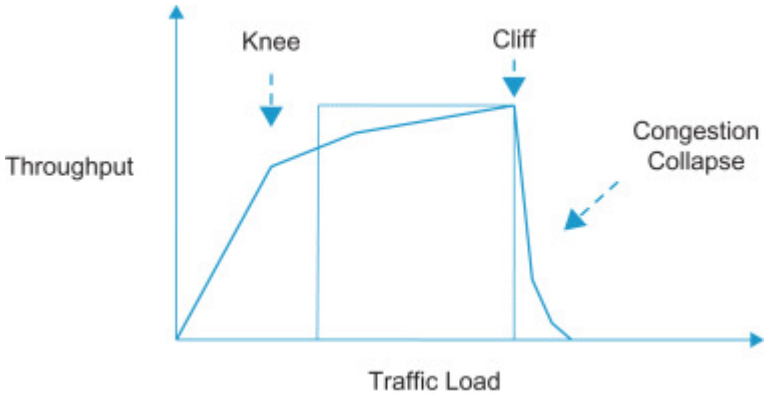
De parcurs inainte de laborator:

- Network Congestion - pana la 17 (20 min)
- Congestion control

Colapsul congestiei din 1986

În octombrie 1986, a fost detectată o prăbușire a congestiei pe Internet pe o legătură de 32 kbps între campusul Universității din California, Berkeley și Laboratorul Național Lawrence Berkeley, aflat la 400 de metri distanță, în timpul căreia debitul a scăzut cu un factor de aproape 1.000, ajungând la 40 bps.

Doi ani mai târziu, Van Jacobson a implementat și publicat algoritmul de control al congestiei în versiunea Tahoe a TCP, bazată pe o idee a lui Raj Jain, K.K. Ramakrishnan și Dah-Ming Chiu. Înainte de Tahoe, existau mecanisme în TCP care împiedicau expeditorii să copleșească receptorii (Flow Control), dar nu exista niciun mecanism eficient care să împiedice expeditorii să copleșească rețeaua. Acest lucru nu a fost o problemă deoarece existau puțini gazde, până la mijlocul anilor 1980. Până în noiembrie 1986, numărul de gazde a fost estimat să fi crescut la 5.089, dar majoritatea legăturilor de bază au rămas la 50 - 56 bps (biți pe secundă) de la începutul ARPANet.

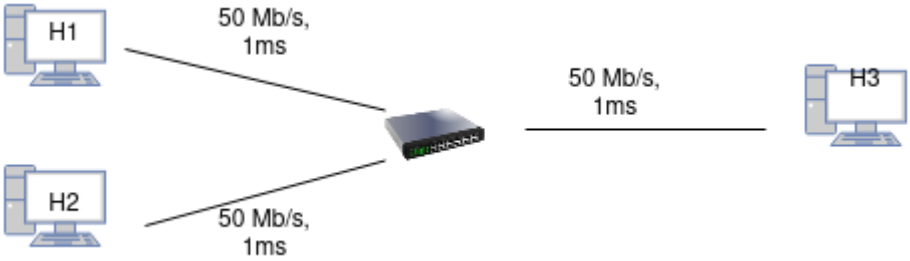


Controlul Congetsiei

Am vazut in laboratoarele precedente ca dimensiunea ferestrei transmitatorului era calculata in functie de `BDP`.

In cazul in care consideram ca dimensiunea maxima a unui segment este **Maximum Segment Size** (`MSS`), atunci am putea calcula dimensiunea optima a ferestrei ca fiind `CWND = BDP / MSS`.

Fie urmatoarea topologie in care avem 2 transmitatori care impart un link catre H3.



Daca atat H1 cat si H2 ar avea un throughtput de transmisei de 50 Mb/s, atunci am ajunge la 100 Mb/s pe link-ul catre H3, ce are o capacitate de doar 50 Mb/s.

Acest lucru va rezulta in pierderea segmentelor si retransmisia.

> Pierderile apara de la faptul ca buffer-ul din router se umple El poate trimite catre h2 cu 50 Mb/s in timp ce primeste pachete la 100 Mb/s de la h1 si h3

Pentur a evita acest colaps al reteli cauzat de congesti, transmitatrul va trebui sa isi limiteze dimensiunea ferestrei de transmisie.

In acest scop, introducem **Congestion Window** (`CWND`):

- fereastra de congestie
- numarul de octeti pe care transmitatorul il poate trimite fara a astepta o confirmare

fereastra de congestie este expirmata de obicei in octeti pentru a permite folosirea segmentelor de dimensiuni variabile de catre transmitator.

Alternativ, ea poate fi exprimata in **unitati**, unde fiecare unitate reprezinta un **segment de dimensiune maxima** (`MSS` = Maximum Segment Size)

In Internet, `MSS` este n jurul de 1500B.

Fereastra de congestie este actualizata dinamic de catra transmitator. Fereastra va creste atunci cand nu exista congestie si va fi redusa cand reteaua este congestionata. Valoarea minima a ferestrei este de `1 MSS`.

(Exponential) Slow Start

Algoritmul de slow Start porneste cu o valoare a `CWND = IW * MSS`.

> `IW` = Initial Window Size (= 10, conform RFC6928)

La fiecare confirmare primita, `Slow Start` creste fereastra cu `MSS`:

```
CWND = CWND + MSS
```

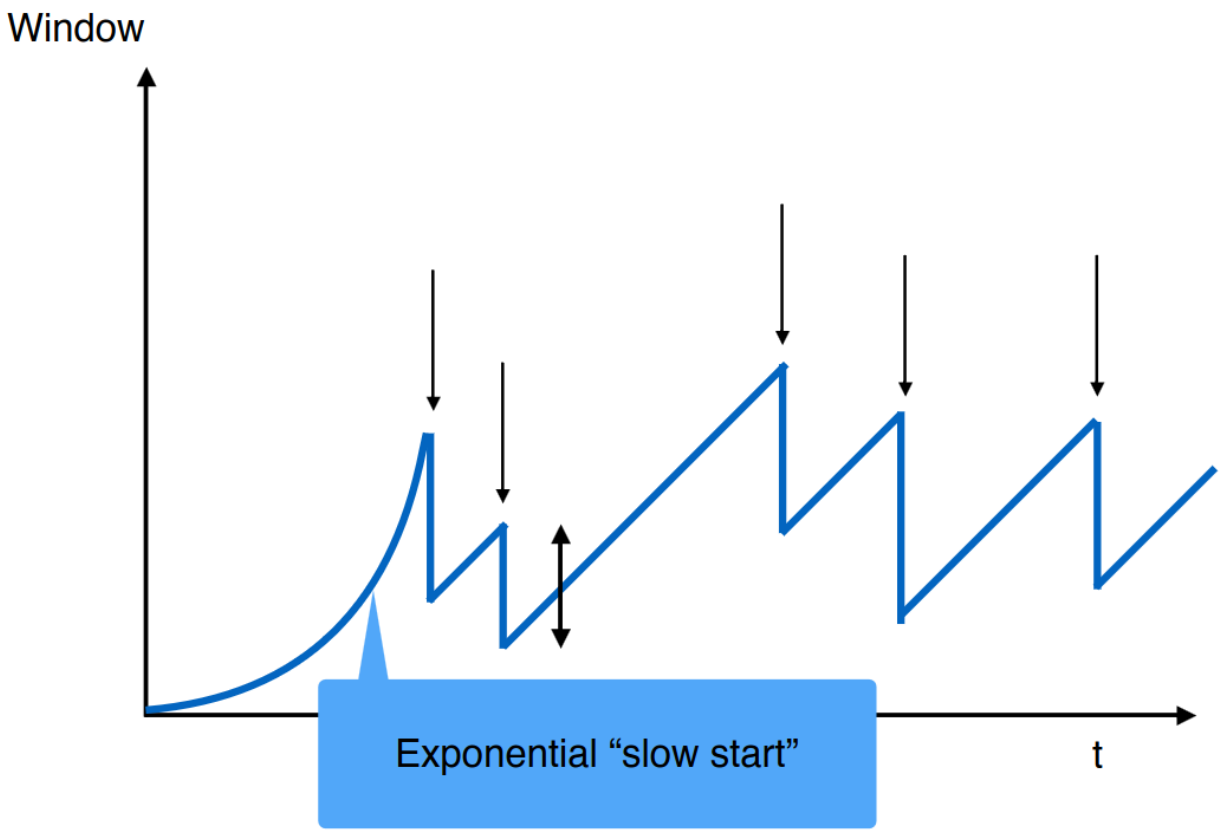
Astfel, fereastra se dubleaza in fiecare **round-trip time** in timpul **slow start** (dupa 1RTT ea va 20MSS, dupa inca unul 40MSS etc).

Slow se incheie atunci cand se detecteaza congestie in retea, fie ca urmare a peirderii unui pachet, fie atunci cand reteaua indica explicit congestia cu ajutorul `ECN` (Explicit Congestion Notification).

Trecerea la algoritmul de congestie. Introducem un prag, treshlod, `sstresh` , dupa care o sa treem la utilizarea unui algorimt de congestie precum `AIMD` pt actualizarea `CWND`.

Initial, `sstresh` are o valoare mare, dar la fiecare timeout este actualizat `sstresh = CWND / 2`.

Atunci cand `CWND > sstresh`, transmitatorul face trecerea la AIMD.

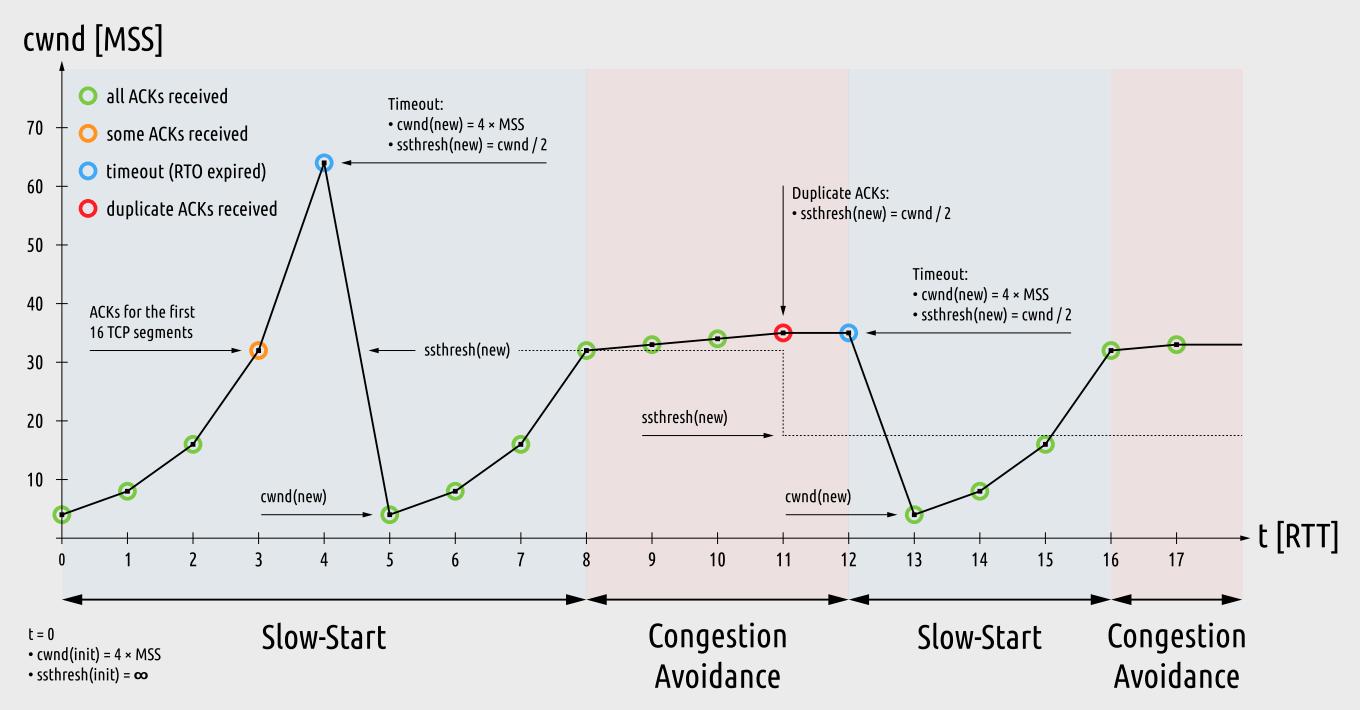


Additive Increase, Multiplicative Decrease (AIMD)

TODO

Etapele TCP

In figura de mai jos este surprins comportamentul TCP ce foloseste Slow Start si algortmul AIMD de evitare a congestiei.



Lab 9. Protocolul HTTP

> lab 9

De parcurs inainte de laborator:

- The HyperText Transfer Protocol
- Seria de articole de la echipa Chrome - Inside look at modern web browser

Protocolul HTTP

Miliarde de imaginie JPEG, pagini HTML, fisiere text, filme in format MPEG, fisiere audio WAV, applet-uri Java si multe altele sunt accesate pe internet in fiecare zi.

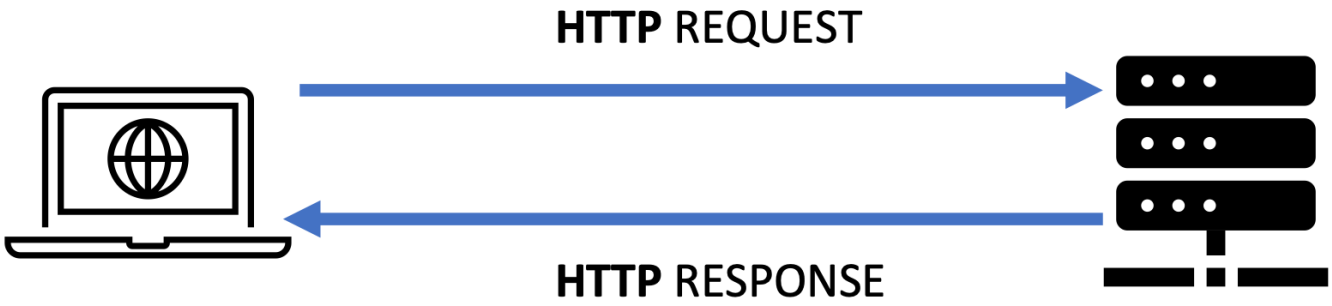
HTTP este protocolul responsabil cu mutarea acestora rapid, convenabil si fiabil de la serverele web din intrega lume la browserele web al utilizatorilor.

Deorce HTTP este **un protocol peste TCP**, datele transmise nu vor fi deteriorate sau amestecate sau pierdute in timpul transmisiei de date.

HTTP (**HyperText Transfer Protocol**) este un `protocol de nivel 7` din stiva OSI (**aplicatie**) folosit pentru transferul informatiilor in Internet.

Este un protocol care opereaza peste date de tip ASCII.

La baza protocolului HTTP stau concepte de **cerere** si **raspuns**. In cazul comunicatiei HTTP, o entiatate inainteaza o cerere si cealalta trebuie, obligatoriu, sa ofere un raspuns.



Probobil ca utilizati clienti HTTP in fiecare zi. Cel mai comun client este un browser web (de ex: Google Chrome, Mozilla, Safari etc)

Browserele web sunt entitatile care solicita artefacte `HTTP` de la servere si le afiseaza pe ecran.

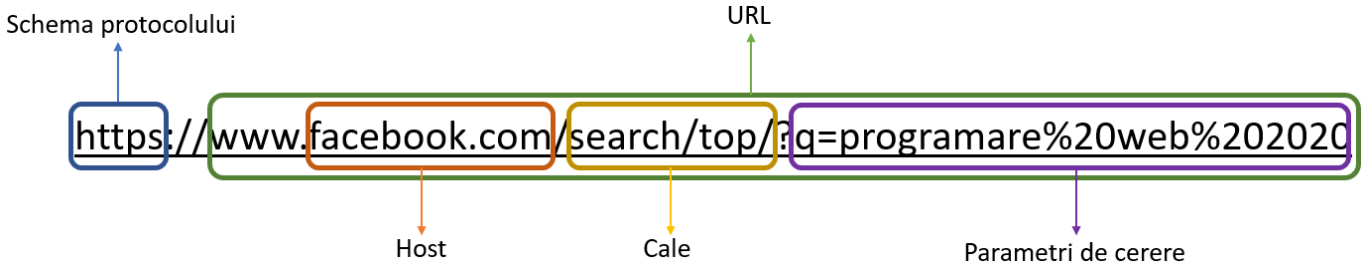
> `HTTP` functioneaza implicit pe **portul 80**

> Versiunea securzata de HTTP, HTTPS, functioneaza implicit pe **portul 443**

Un server, insa, poate fi configurat sa asculte cereri HTTP pe orice port disponibil.

Cereri `HTTP`

Cu totii suntem familiari cu acest format:



Exemplul de mai sus cuprinde:

- versiunea protocolului
- host-ul interlocutorului
- calea de pe serverul interlocutorului unde se va desfasura actiunea
- parametri aditionali de cerere (optionali)

> `URL` = Uniform Resource Locator

> Caracterul `?` dintr-un `URL` separa calea de parametrii de interogare
>
> Tot ce se afla dupa `?` sunt considerati parametrii de integore. Acestia sunt scrisi sub forma de `cheie=valoare` si sunt separati prin `&`

```
https://www.example.com/path?param1=value1&param2=value2&param3=value3
```

Ce este prezentat in poza nu este o cererere HTTP, ci preambul unei cereri HTTP. De fapt, in momentul in care se da enter, browserul (sau orice alt client) creaza, bazat pe informatiile oferite, cererea HTTP efectiva.

Formatul cererii este urmatorul:

```
METODA CALE VERSIUNE_PROTOCOL\r\n
Host: HOST\r\n
Header1: Valoare Header1\r\n
Header2: Valoare Header2\r\n
...
Cookie: cheie1=valoare1; cheie2=valoare2; ...; cheieN=valoareN\r\n
\r\n
DATA
```

Linia de start contien 3 elemente: Primul element este metoda folosita. Metodele HTTP sunt verbe ce descriu actiunea ce va fi efectuata asupra entitatii catre care se transmite cererea.

Cele mai des utilizate cereri sunt:

- GET = interogare de resurse
- POST = aduagare de resurse. De obicei are si date atasate.
- PUT = modificare de resurse. De obicei are si date atasate.
- DELETE = stergere de resurse

Al doilea element este reprezentat de **calea** si **parametrii de cerere** (daca exista), unde se va actiona asupra resursei, pe server.

In cazul in care exista **parametri de cerere**, acestia trebuie separati prin ?.

Al trilea element este reprezentat de versiunea protocollui de HTTP folosita. Implicit, din motive de securitate, este folosit HTTPS.

Pentru variatna ne-securizata, ultima versiune este HTTP/1.1.

A doua linie descrie host-ul entitatii unde va fi trimisa cererea. Host-ul poate sa fie atat un IP cat si un domeniu.

Cookies

Cookies sunt scrise inlantuit, delimitat de punct si virgula (mai putin ultima). Implicit, comunicarea HTTP este considerata stateless. Nu se poate face corelatie intre oricare doua cereri succesive.

> Cookies retin bucati de informatie trimise de la server la client pt a putea fi folosite in **cereri ulterioare**.

> NOTA: Cookies sunt artefacte care se salveaza doar la **Client**

> Inaintea datelor (sau la finalul cererii, daca nu exista date) se pune intotdeauna \r\n

Data variaza in functie de tipul de data transmis. Cele mai des intalnite tipuri de date transmise sunt:

- `text/html` = De exemplu, pagini HTML
- `application/x-www-form-urlencoded` = Date de forma *key1=value1&key2=value2&...&keyN=valueN*. Datele sunt inlantuite prin `&`
- `aplication/json` = Date de forma JSON (Javascript Object Notation). Folosite des in interactiunea cu API-uri
- `multipart/from-data` = Data binare, de exemplu, fisiere

Pe baza informatiilor prezentate mai sus, o varianta **simplificata** a cererii catre Facebook din exemplu, ar arata asa:

```
GET /search/top/?q=programare%20%web%202020 HTTPS\r\n
Host: facebook.com\r\n
User-Agent: Mozilla/5.0\r\n
Connection: keep-alive\r\n
Cookie: c_user=XXXXXXXXXX; presence=XXXXXXX\r\n
\r\n
```

Exemplu foarte simplu de `POST`:

```
POST /test HTTP/1.1
Host: foo.example
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
Content-Length: 27

field1=value1&field2=value2
```

> NOTA
>
> Este obligatoriu sa punem `\r\n` la finalul fiecarui rand din cerere cu exceptia datelor atasate

Un exemplu de implementare a unei cererei `HTTP` de tip `GET` pe baza codului:

```
message = compute_get_request(SERVERADDR, "/api/v1/dummy", NULL, NULL, 0);
send_to_server(sockfd, message);
response = receive_from_server(sockfd);
printf("%s\n", response);
```

Raspunsuri `HTTP`

Orice cerere `HTTP` este urmata de un raspuns. Raspunsurile seamana cu cererile din punct de vedere al organizarii. Formatul este urmatorul:

```
PROTOCOL_VERSION STATUS_CODE STATUS_TEXT\r\n
Header1: Valoare Header1\r\n
Header2: Valoare Header2\r\n
...
HeaderN: Valoare HeaderN\r\n
Set-Cookie: cheie1=valoare1\r\n
Set-Cookie: cheie2=valoare2\r\n
...
Set-Cookie: cheieN=valoareN\r\n
\r\n
DATA
```

Linia de start contine 3 elemente.

Primul element este repreentat de versiunea protocolului de `HTTP` folosit pentru a raspunde.

Al doilea element este reprezentat de **statusul** raspunsului. Statusul este corelat de reusita, respectiv esecul cererii si de ce s-a intamplat pe entiatea catre care s-a trimis cererea.

Exemplu de statusuri des intalnite:

- 200 - OK
- 201 - Created
- 204 - No Content
- 400 - Bad Request
- 401 - Unauthorized
- 403 - Forbidden
- 404 - Resource Not Found
- 500 - Internal Server Error

Un ghid vizual pentru a vă aminti semnificația codurilor.

Conform MDN Web Docs

1. Informational responses (100 – 199)
2. Successful responses (200 – 299)
3. Redirection messages (300 – 399)
4. Client error responses (400 – 499)
5. Server error responses (500 – 599)

Al treilea element descrie textul care insoteste statusul.

`Headerele` urmeaza aceeasi structura si descriu acelasi lucru ca si in cazul cererilor.

`Cookies` sunt setate cata una pe linie. In afara de **cheie=valoare**, acestea mai au o serie de atribute atasate, precum **secure**, **httpOnly**, **domain**.

`Data` urmeaza aceeasi structura ca si in cazul cererilor.

Sesiune si autentificare

O sesiune este definita ca o serie de solicitari legate de browser care provin de la acelasi client intr-o anumita perioada de timp.

Urmarirea sesiunii leaga impreuna o serie de solicitari de browser. Ganditiv-va la aceste solicitari ca pagini care pot avea o anumita semnificatie. In ansambulu, cum ar fi o aplicatie pentru cosul de cumparaturi.

Autentificarea de baza HTTP este o metoda simpla de autentificare pt client prin care acesta furnizeaza un nume de utilizator si o parola atunci cand se efectueaza o solicitarea catre server.

Aceste este cel mia simplu mod posibil de a impune controlul accesului, deoarce nu neceista module cookies, sesiuni sau orice altceva.

Pentru a utiliza acest lucru, clientul trebuie sa trimita antetul de autorizare impreuna cu fiecare solicitare pe care o face.

Implementarea mecanismului de autentificare implica construirea unui mesaj de tip `POST` care include cei doi parametrii **nume** si **parola** sub forma unui vectori de stringuri.

Metode `HTTP`

Metoda	Descriere
`GET`	Cerearea de citire a unei pagini Web
`HEAD`	Cerere de citire a antetului unei pagini de Web
`POST`	Adaugarea la resursa specificata (de exemplu o pagina Web)
`PUT`	Cerere de ememorare a unei pagini de Web
`DELETE`	Stergerea unei pagini Web
`TRACE`	Transmite in ecou cererea care a sosit
`OPTIONS`	Interoagarea anumitor optiuni
`CONNECT`	Folosit pt conectare prin proxy sever pe conexiune tunel

Lab 10. `Email` and `DNS`

> Link lab: https://pcom.pages.upb.ro/labs/lab10/lectura.html

De citit inainte de laborator:

- https://textbooks.cs.ksu.edu/cis527/3-core-networking-services/14-email-protocols/ - https://textbooks.cs.ksu.edu/cis527/3-core-networking-services/11-dns/
- https://youtu.be/0F1JP78JAPE
- https://www.youtube.com/watch?v=nyH0nYhMW9M
- https://www.researchgate.net/profile/Hander-Mohammed/publication/315302873_A_Survey_of_Email_Service_Attacks_Security_Methods_and_Protocols/links/61305233c69a4e487972f98a/A-Survey-of-Email-Service-Attacks-Security-Methods-and-Protocols.pdf
- https://arxiv.org/pdf/1805.08426

Email

SMTP = Simple Mail Transfer Protocol (**Application Layer**)

- POP = Post Office Protocol
- IMAP = Internet Message Access Protocol

SMTP servers have databases with the user's email addresses, linked to the DNS (abs@domain.com)

> The DNS (Domain Name System) links domain names to IP addresses.

> Via the DNS it cat get the IP address of the domain 'gmail.com'

- POP does not keep the server and client in sync. When you download your mail, it is deleted from the server so the server is not furher updated.
- IMAP keeps the tow synced - you only download a copy. It is only deleted from the server when you manually delete it

Email Server Components:

- Mail Transfer Agent (MTA)
- Mail Delivery Agent (MDA)
- IMAP/POP/Webmail Server

DNS (Domain Name Server)

It begun in 1985 with a file `hosts.txt`

- Hosted by SRI (Stanford Research Institute)
- Maps System Names to IP Addreses
- Updated Manually
- Difficult to Avoid Collisions
- Mantain Consistency Across Systems

Then, they introduce DNS.

With the hierarchicla desing of the domain name space, it may take a few steps to determine the appropriate IP address for a given domain name.

For example, if you want to find the IP address of the domain www.wikipedia.org, you might start by querryng the root nameserver for the location of the **.org** nameserver.

Then, the **.org** nameserver could tell you where the **wkipedia.org** nameserver is.

Then, when you ask the **wikipedia.org** nameserver where **www.wikipedia.org** is located, it will be able to tell you that it is the authoritative name server for that domain.

In practice, ofthen there is **caching** DNS servers hosted by you SIP that store previously requested domain names.

So you won't have to talk directl with the root nameserver.

This helps reduce the overall load across the root servers and amkes many queries much faster.

The most commonly used DNS server today is BIND:

- Widely Used DNS Server
- Latest: BIND 9
- Implements ALL IETF DNS Standards

DNS Record Types

- SOA = Start of Authority
- A = IPv4 Adress
- AAAA = IPv6 Address
- CNAME = Cannical Name (Alias)
- MX = Mail Exchange
- NS = Name Server
- PTR = Pointer (Reverse Lookup)
- TXT = Text

Obiective

In urma parcurgerii acestui laborator, studentul va fi capabil sa:

- diferentieze si utilizeze doua protocoale pentru citirea postei electronice
- foloseasca protocolul pt trimiterea de mesaje si atasamente prin posta electronica
- scrie un client simplu de e-mail
- opereze cu ierarhia spatiilor de nume si sa identifice tipurile de domenii si subdomenii
- foloseasca algoritmul de interogare utilizat de DNS
- identifice tipurile de resurese pt divese domenii si clasele acestora
- foloseasa un set minimal de functii pt aflarea informatiilor unui sistem gazada

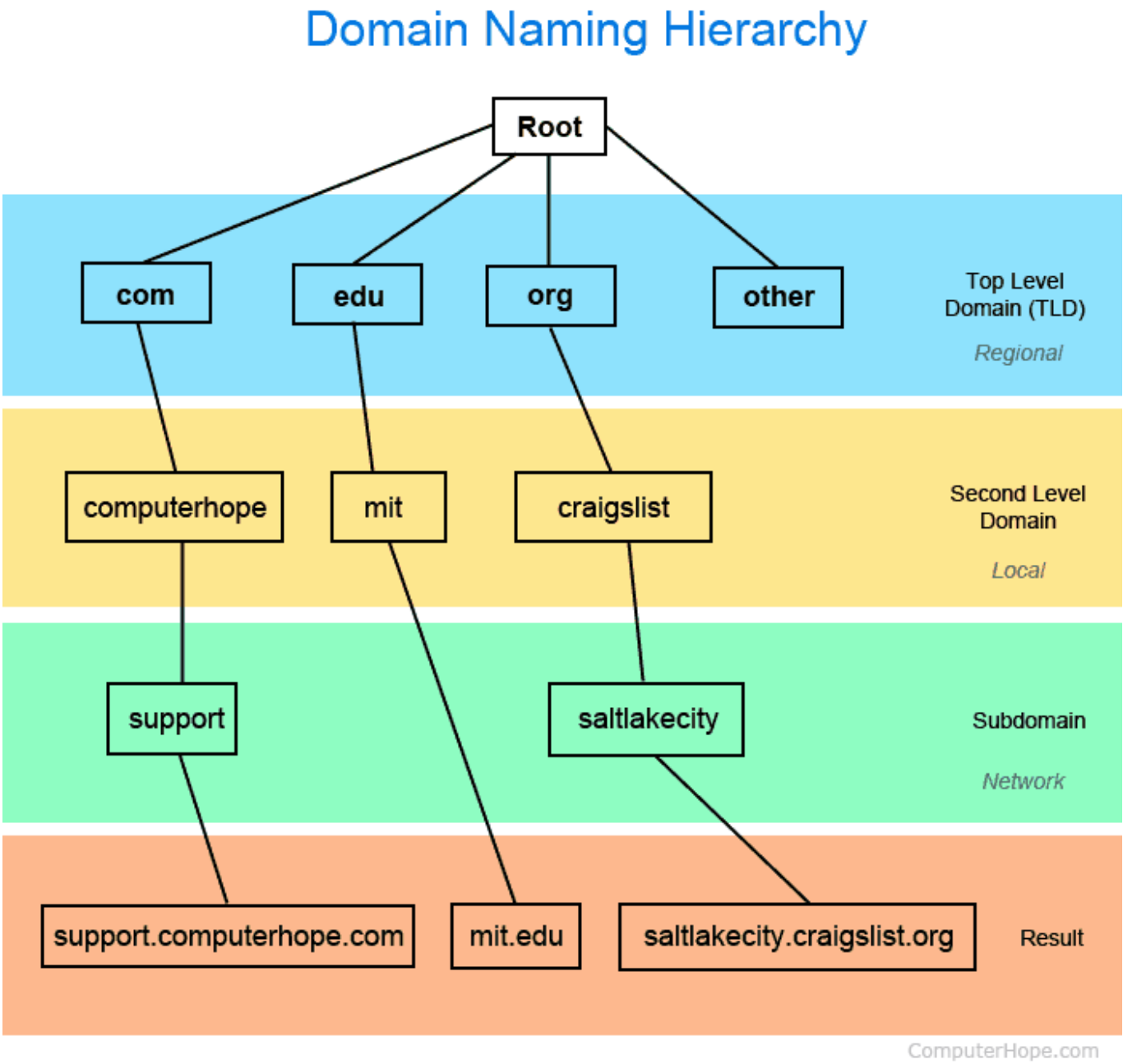
Protocolul DNS

DNS foloseste in general protocolul UDP pe portul 53, dar, in cazul raspunsurilor de dimensiuni mai mari sau pt toperatii ca transferul de zone, se utilizeaza si TCP.

Mai recent, s-a introdus si DNS over HTTPS (sau DoH, descris in RFC 8484) care presupune realizarea de cereri DNS peste HTTPS din motive de securitate.

Spatiul de nume

DNS organizeaza numele resurselor intr-o ierarhie de domenii. Un domeniu reprezinta o colectie de sisteme gazada care au unele prooprietati in comun, cum ar fi faptul ca toate apartin unei acelaiasi organizatii sau faptul ca toate sunt situate geografic in acelasi perimetru.



Fiecare domeniu este partiționat în subdomenii și acestea sunt la rândul lor, partiționate, ș.a.m.d. Toate aceste domenii pot fi reprezentate ca un arbore, după cum se poate vedea mai sus. Frunzele arborelui reprezintă domenii care nu au subdomenii, dar care conțin totuși sisteme. Un domeniu frunză poate conține de la un singur sistem gazdă până la mii de sisteme gazdă.

Domeniile de pe primul nivel se împart în două categorii: generice (gTLD-uri) și de țări (ccTLD-uri). Domeniile generice inițiale erau com (comercial), edu (instituții educaționale), gov (guvernul SUA), int (organizații internaționale), mil (forțele armate ale SUA) și org (organizații nonprofit). În ziua de astăzi, restricțiile legate de astfel de domenii sunt mult mai mici, existând astfel peste 1200 de domenii top-level generice. Domeniile de țări includ o intrare pentru fiecare țară, după cum se definește în ISO 3166. Fiecare domeniu este denumit de calea în arbore până la rădăcină. Componentele sunt separate prin punct. Astfel, departamentul de Calculatoare de la UPB poate fi cs.pub.ro în loc de numele în stil UNIX /ro/pub/cs.

Numele de domenii pot fi absolute sau relative. Un nume absolut de domeniu (FQDN - fully qualified domain name) este un nume de domeniu care nu permite nici o ambiguitate cu privire la locația relativă la

rădăcina arborelui de nume de domenii. Astfel de nume absolute de domenii se termină cu punct (de exemplu cs.pub.ro.). În contrast, un nume relativ de domeniu este un nume care are sens numai relativ la un anume domeniu DNS (altul decât cel rădăcină).

Numele de domenii nu fac distincție între litere mici și litere mari, edu sau EDU însemnând practic același lucru. Componentele numelor pot avea o lungime de cel mult 64 de caractere, iar întreaga cale de nume nu trebuie să depășească 255 de caractere.

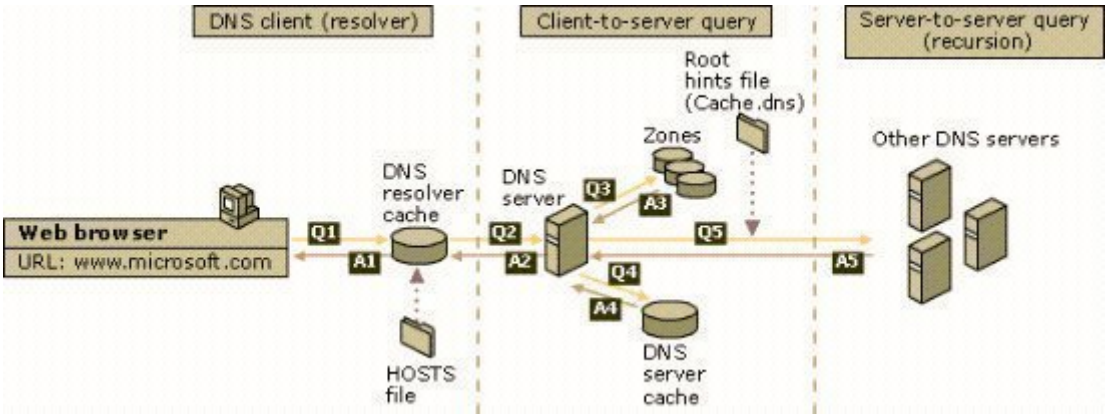
Fiecare domeniu controlează cum sunt alocate domeniile de sub el. De exemplu, Japonia are domeniile ac.jp și co.jp echivalente cu edu și com. Olanda nu face nicio distincție și pune toate organizațiile direct sub nl. Pentru a crea un nou domeniu, se cere permisiunea domeniului în care va fi inclus. De exemplu, dacă un grup PCom de la CS dorește să fie cunoscut ca pcom.cs.pub.ro, acesta are nevoie de permisiunea celui care administrează cs.pub.ro. Similar, o nouă universitate care dorește obținerea unui domeniu va trebui să ceară permisiunea administratorului domeniului
edu. În acest mod, sunt evitate conflictele de nume și fiecare domeniu poate ține evidența tuturor subdomeniilor sale. Odată ce un nou domeniu a fost creat și înregistrat, el poate crea subdomenii, fără a cere permisiune de la cineva din partea superioară a arborelui.

Algoritmul de interogare

Conceptele cu care DNS lucreaza sunt:

- Servere DNS = Statii care ruleaza programe de tip server de DNS ce contin informatii asupra bazelor de date DNS si despre structura numelor de domenii
- Resolvere DNS = Programe care folosesc cereri DNS pt interogarea unor servere DNS

Modul in care se deruleaza procesul de interogare DNS este cel din figura de mai jos:



Inregistrari de resurse

Fiecarui domeniu, fie ca este un singur calculator gazda, fie un domeniu de nivel superiro, ii poata fi asociata o multime de inregistrari de resurse (**resourse records** sau RR-uri). Pentur un singur sistem gazda, cea mai obisnuita **inregistrare de resursa** este chiar adresa IP, dar exista multe alte tipuri.

Atunci cand procedura resolver trimite un nume de domeniu DNS, ceea ce va primi ca raspuns sunt inregistrarile de resurse asociate acelui nume. Astfel, adevarata functie a DNS este sa realizeze corespondenta dintre numele de domenii si inregistrari de resurse.

O **inregisrare** de resursa este un **5-tuplu**. Cu toata ce, din ratiuni de eficienta, inregistrarile de resurse sunt codificate binar, in majoritatea expunerilor ele sunt prezentate ca text ASCII, cate o inregistrare de resurse pe linie.

Formatul utilizat este `<Nume_domeniu, Timp_de_viață, Tip, Clasă, Valoare>`

- `Câmpul Nume_domeniu` precizează domeniul căruia i se aplică această înregistrare. În mod normal, există mai multe înregistrări pentru fiecare domeniu, și fiecare copie a bazei de date păstrează informații despre mai multe domenii. Acest câmp este utilizat cu rol de cheie de căutare primară pentru a satisface cererile. Ordinea înregistrărilor în baza de date nu este semnificativă. Când se face o interogare despre un domeniu, sunt returnate toate înregistrările care se potrivesc cu clasa cerută.
- `Câmpul Timp_de_viață` dă o indicație despre cât de stabilă este înregistrarea.
- `Câmpul Tip` precizează tipul înregistrării. Cele mai importante tipuri sunt prezentate în tabelul de mai jos.

TODO: continua

Ohers

`RIP` (Routing Information Protocol)

> Link: https://youtu.be/8jKNrWgFtUA

Este un protocol de **vector de distante**, bazat pe matricea cu numărul de **hop**-uri.

Când un router trimite un pachet de date către un segment de rețea, aceste se contorizează ca un singur **hop**.

`RIP` suportă un număr maxim de 15 **hop**-uri contorizate, ceea ce înseamnă că în rețea putem avea cel mult 16 routere.

Dacă dorim să trimitem date între două noduri, se va alege calea cu cel mai mic număr de hop-uri.

> Un fel de `Dijkstra` doar că alege drumul cu cele mai puține noduri nu cu viteza de transmitere cea mai mare

Dacă există mai multe astfel de drumuri, routerul va trimite pachete pe fiecare dintre ele, simultan.

Dezavantaje ale `RIP`

- Este bazat doar pe matricea numărului de hop-uri. Așadar, dacă există o rută mai bună disponibilă cu o lățime de bandă mai mare, `RIP` nu va alege acea rută particulară.
- `RIP` este un protocol de rutare clasică și nu suportă `VLSM` (Varaible Lenght Subnet Mask)

> `VLSM` = Variable Length Subnet Mask

- Transmite actualizările către întreaga rețea și creează pur și simplu o mulțime de trafic
- Utilizarea lățimii de bandă este foarte mare deoarece transmite actualizările sale la fiecare 30 de secunde

- `RIP` suportă maxim 15 hop-uri (0-15), înseamnă că maxim `16` routere pot fi configurate în `RIP`, nu mai mult de atât
- Convergența lentă (înseamnă că, atunci când orice legătură este în jos, ar trebui să aleagă rapid o rută alternativă, dar în `RIP` durează mult timp)
- Distanța administrativă este de 120 (`Valoarea AD`). Cu cât este mai mică `Valoarea AD`, cu atât este mai fiabil, dar `RIP` are cea mai mare `Valoare AD` și nu este la fel de fiabil ca alte protocoale de rutare.

Cum își actualizează `RIP` **tabelul de rutare**?

> cronometru de actualizare = 30 sec

- toate routerele configurate cu `RIP` își trimit actualizările la fiecare 30 de secunde

> cronometru invalid = 180 sec

- Dacă oricare dintre routere este deconectat de la rețea, routerul vecin așteaptă 180 de secunde pentru a auzi actualizarea. Dacă nu primește nicio actualizare, va marca acea rută ca neaccesibilă

> cronometru de eliminare = 240 sec

- Dacă routerul nu se ridică sau nu trimite actualizarea până la 240 de secunde = 4 min, routerul vecin va elimina complet acea rută particulară din tabelul său de rutare, ceea ce este un proces foarte lent

Avantaje ale `RIP`:

- este ușor de configurat
- nu există complexitate
- Utilizare redusă a CPU-ului