

# Sieci komputerowe

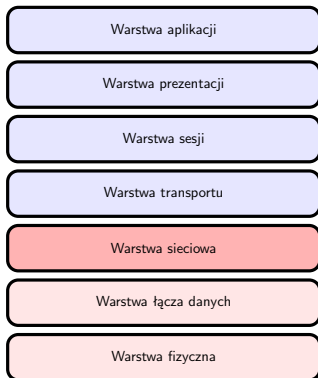
## Warstwa sieci. Protokoły IPv4 oraz IPv6

R. Wojciechowski<sup>1</sup>   Ł. Sturgulewski<sup>1</sup>   M. Bąkała<sup>1</sup>  
A. Sierszeń<sup>1</sup>   G. Nowak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Informatyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej  
<http://www.iis.p.lodz.pl>

©2018, v2.0

# Warstwa sieci



- Złożona warstwa definiująca połączenie oraz wybór ścieżki pomiędzy dwoma różnymi hostami
- Logiczne nadawanie adresów hostom
- Adresowanie oraz najlepsze trasowanie
- Wymiana informacji o sieci - adaptacyjne protokoły routingu

# Podstawy adresowania

- **Identyfikacja urządzeń** - podstawa komunikacji dowolnych urządzeń, umiejętność określenia ich wzajemnej lokalizacji
- **Adres trzeciej warstwy modelu ISO / OSI** - adres IP, unikatowy identyfikator komputera w sieciach TCP/IP
- **Adres warstwy łącza danych** - adres MAC, fizyczny identyfikator komputera

# Podstawy adresowania

- **Adres IP** - zawiera pełną informację odnośnie sieci oraz hosta, pozwala jednoznacznie zlokalizować komputer w sieci podczas komunikacji międzysegmentowej
- **Adres MAC** - pozwala na lokalizację komputera podczas komunikacji w jednym segmencie sieci

# Internet Protocol, version 4

## Internet Protocol, version 4

**IP** (ang. *Internet Protocol*) - jeden z podstawowych protokołów do obsługi komunikacji w intersieci. Wykorzystuje 32-bitowy schemat adresowania w celu identyfikowania sieci, urządzeń sieciowych i komputerów przyłączonych do sieci. Jest bezpołączeniowym protokołem opartym o przełączanie pakietów, zorientowany na wydajność, nie gwarantuje dostarczenia danych, ich kolejności oraz braku duplikatów.

RFC 791, ...

# Pakiet IPv4

- **Pakiet** - podstawowa struktura danych warstwy sieci
- **Nagłówek** oraz **dane**
- **Enkapsulacja pakietów** w ramki
- **Ekstrakcja segmentów i datagramów** z danych pakietów
- Nagłówek posiada 14 pól

# IPv4, ramka

Offsets	Octet	0								1								2								3									
Octet	Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0	0	Version				IHL				DSCP				ECN				Total Length																	
4	32	Identification																Flags			Fragment Offset														
8	64	Time To Live								Protocol								Header Checksum																	
12	96	Source IP Address																																	
16	128	Destination IP Address																																	
20	160	Options (if IHL > 5)																																	

# IPv4, ramka

- **Version** - 4 bity, dla IPv4 wartość 4
- **Internet Header Length** - 4 bity, liczba 32-bitowych słów nagłówka, min. wartość 5
- **Differentiated Services Code Point** - 6 bitów, ToS, dla aplikacji wymagających priorytetyzacji ruchu, strumieniowanie w czasie rzeczywistym, VoIP, ...
- **Explicit Congestion Notification** - 2 bity, notyfikacje o przeciążeniach sieci; tylko w przypadku wsparcia wszystkich stron
- **Całkowita długość danych** - 16 bitów, obsługa fragmentacji



# IPv4, ramka

- **Identification** - 16 bitów, identyfikacja fragmentów oryginalnego pakietu IP
- **Flags** - 3 bity, kontrola fragmentów: 0 - zarezerwowane, 1 - Don't Fragment, 2 - More Fragments
- **Fragment Offset** - 13 bitów, określenie przesunięcia fragmentu w 8-bitowych blokach względem początku datagramu bez fragmentacji
- **Time To Live** - 8 bitów, czas życia pakietu; dekrementowany przy każdym hopie o 1; po osiągnięciu 0 pakiet jest usuwany z sieci (możliwe wysłanie komunikatu ICMP Time Exceeded message)

# IPv4, ramka

- **Protocol** - 8 bitów, deskryptor protokołu, którego dane są umieszczane w polu danych pakietu
- **Header Checksum** - 16 bitów, suma kontrolna wyliczana dla nagłówka; błędy w polu danych obsługiwane są przez protokoły warstw wyższych
- **Source address** - 32 bity, adres źródłowy
- **Destination address** - 32 bity, adres docelowy
- **Options** - krotność 32 bitów, opcje dodatkowe

# Fragmentacja

- **Fragmentacja pakietu** - po otrzymaniu pakietu, sprawdzeniu adresu docelowego i wyborze interfejsu, jeśli MTU jest mniejsze od rozmiaru pakietu
- **Rozmiar każdego pakietu wraz z nagłówkiem mniejszy niż MTU** - długość całkowita jest równa wielkości segmentu; flaga MF jest ustawiona dla wszystkich fragmentów poza ostatnim; offset jest ustawiony względem oryginalnych danych; suma kontrolna wyliczana dla każdego fragmentu

# Scalanie

- **Rozpoznanie czy pakiet jest fragmentem**
  - flaga MF jest ustawiona
  - fragment offset jest różny od zera
- Dopasowanie fragmentów po **polu identyfikacyjnym**
- Po scaleniu danych, dane są przekazywane do dalszego procesowania

# Adresowanie IPv4

- **Adres sieci:** [Adres IP] AND [Maska podsieci]
- **Adres hosta w sieci:** [Adres IP] AND NOT [Maska podsieci]
- **Adres rozgłoszeniowy:** [Adres IP] OR NOT [Maska podsieci]
  
- Adres sieci jest wykorzystywany przez elementy routujące w celu określenia trasy do hosta docelowego
- Adres hosta jest wykorzystywany w obrębie właściwej sieci do odnalezienia właściwego odbiorcy

# Klasy adresowe

- **Klasa A** - zakres: 1.0.0.0 - 126.0.0.0, domyślna maska: 255.0.0.0, bity sieci / hosta: 8 / 24
- **Klasa B** - zakres: 128.1.0.0 - 191.254.0.0, domyślna maska: 255.255.0.0, bity sieci / hosta: 16 / 16
- **Klasa C** - zakres: 192.0.1.0 - 223.255.254.0, domyślna maska: 255.255.255.0, bity sieci / hosta: 24 / 8
- **Klasa D** - multicast
- **Klasa E** - zarezerwowana

# Adresy zastrzeżone, ilość hostów

- W obrębie każdej klasy sieci możliwe jest utworzenie maksymalnie tylu adresów urządzeń, na ile pozwala część hosta adresu
- **Adresy zastrzeżone**
  - identyfikator sieci → część hosta wypełniona zerami
  - adres rozgłoszeniowy → część hosta wypełniona jedynekami → przeznaczony do rozsyłania wiadomości do wszystkich urządzeń w sieci
- Ilość użytecznych adresów wewnątrz każdej klasy jest pomniejszana o dwa ww. adresy zastrzeżone

# Adresy prywatne i specjalne

- Wśród adresów poszczególnych klas wyszczególniono specjalną grupę **adresów prywatnych**, które nie powinny być routowane na zewnątrz:
  - w obrębie klasy A: 10.0.0.0 - 10.255.255.255,
  - w obrębie klasy B: 172.16.0.0 - 172.31.255.255,
  - w obrębie klasy C: 192.168.0.0 - 192.168.255.255
- W oparciu o ww. adresy zaleca się projektowanie lokalnych sieci wewnętrznych
- Dodatkowo wyszczególnia się adres specjalny będący adresem lokalnego komputera **loopback** postaci 127.0.0.0 / 8 → pakiety z takimi adresami nie wydostają się na zewnątrz wysyłającej maszyny



# Stacje lokalne vs zdalne

- Komputery nazywamy lokalnymi (potrafiącymi komunikować się bez pośrednictwa elementów routujących) jeżeli identyfikator sieci obydwu hostów jest identyczny oraz zakres adresowy maski pozwala na wzajemną komunikację (adresację)
- Komputery nazywamy zdalnymi jeśli posiadają one różne adresy sieciowe

# Adresowanie logiczne, przykład

Komputer A został wpięty do sieci i nadano mu adres 192.168.79.51 i maskę 255.255.128.0. Komputer B podłączono do tej samej sieci i nadano mu adres 192.168.27.1 oraz maskę 255.255.128.0. Czy komputery są zdalne czy lokalne względem siebie?



# Adresowanie logiczne, przykład

Komputer A został podłączony do sieci i nadano mu adres 195.10.156.1. Komputer B został podłączony do sieci i nadano mu adres 195.10.197.1. Jak należy dobrać optymalnie maskę aby komputery się widziały?



## Adresowanie logiczne, przykład

Komputer A został przyłączony do sieci i skonfigurowany na adres 192.168.45.1, maska 255.255.248.0. Drugi komputer, B, został przyłączony do tej samej sieci i nadano mu adres 192.168.41.1 oraz maskę 255.255.252.0. Administrator wydał na komputerze A polecenie: ping 192.168.41.1. Jaki pojawi się komunikat i dlaczego? Czy stacja B otrzyma ramkę ICMP? Czy odpowie na nią?



# Mankamenty adresowania klasowego

- Duża rozbieżność pomiędzy rozmiarami klas
- Nieefektywność zarządzania przydzielaniem adresów
- Szybkie wyczerpanie pól adresowych
- Przepełnienia tablic routingu

# Wydzielanie podsieci

- Wydzielanie podsieci jest zabiegiem umożliwiającym podział adresu sieciowego odpowiedniej klasy na mniejsze rozdzielne części
- Fizycznie operacja wydzielania podsieci sprowadza się do zabrania odpowiedniej ilości bitów z części hosta i przypisanie ich do części sieci
- Wynikiem takiej operacji jest powstanie nowych podsieci o ilości hostów mniejszej niż sieć, z której wyszczególniono podsieci

# Wydzielanie nadsieci

- Mechanizm nadsieci polega na łączeniu kilku adresów sieciowych (następujących po sobie) w większe struktury
- Fizycznie operacja wydzielania nadsieci sprowadza się do zabrania odpowiedniej ilości bitów z części sieci i przypisanie ich do części hosta
- Wynikiem takiej operacji jest powstanie mniejszej ilości sieci o większej ilości urządzeń

# Strategie adresowania, przykład

Adres sieciowy 212.51.216.0 należy do klasy C → oznacza to, że w danej klasie adresowej istnieje możliwość zaadresowania 254 urządzeń. Załóżmy, że adres 212.51.216.0 otrzymał administrator zarządzający trzema przedsiębiorstwami, w każdym po około 30 komputerów. W jaki sposób powinien optymalnie podzielić podaną klasę?





# Strategie adresowania, przykład

Router Boston wyposażony jest w 8 przyłączyń do innych routerów. Zakładając, że administrator chce wykorzystać jedną klasę C 192.168.1.0/24 do zaadresowania poszczególnych łącz routera Boston, jak należy dokonać optymalnego podziału tej klasy, aby utworzyć maksymalnie dużo łącz typu point-to-point?



# Populacja Internetowa 2004 / 2005

- Populacja Internetowa - około 973 miliony użytkowników w listopadzie 2005 - kierunek wzrostowy → społeczeństwo bez granic
- Użytkownicy mobilni - PDA, tablety → około 20 milionów użytkowników w 2004
- Użytkownicy GSM - ponad miliard telefonów dostarczonych przez producentów
- Integracja różnych dziedzin życia w urządzeniach elektronicznych

# Cechy IPv6

- **Większa przestrzeń adresowa** (globalna osiągalność, agregacja prefiksów rozgłaszanych w tablicach routingu, wsparcie dla podłączenia do wielu ISP, autokonfiguracja urządzeń, brak NAT)
- **Uproszczony nagłówek** (większa wydajność routingu, brak broadcastów, brak sum kontrolnych, dodatkowe nagłówki rozszerzeń)
- **Bezpieczeństwo** (wsparcie dla IPsec)
- **Koegzystencja z IPv4** (podwójny stos protokołów, tunelowanie, NAT)

# Cechy IPv6

- Rozszerzenie przestrzeni adresowej z 32 do 128 bitów (32 bity  
→ około 4.200.000.000 możliwych adresów węzłów; 128 bitów  
→ około  $3.4 * 10^{38}$  możliwych adresów węzłów, tj. około  
 $5 * 10^{28}$  adresów na osobę)
- Większa pula adresowa oferowana przez ISP z możliwością  
agregacji tras od providera do Internetu - bardziej wydajny  
proces routingu

# Nagłówki IPv6





### IPv4 Header

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options			Padding	

### IPv6 Header

Version	Traffic Class	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

### Legend

-  - Field names kept from IPv4 to IPv6
-  - Fields not kept in IPv6
-  - Name & position changed in IPv6
-  - New field in IPv6

# Nagłówek IPv6

- **Version** - 4 bity, analogicznie do IPv4: wartość 4 - IPv4, 6 - IPv6
- **Traffic Class** - 8 bitów, analogicznie do ToS w IPv4 (tagi wykorzystywane w DiffServ)
- **Flow Label** - 20 bitów, oznaczenie pakietów wykorzystywane przez techniki przełączania wielowarstwowego
- **Payload Length** - analogicznie do Total Length w IPv4
- **Next Header** - wskazanie nagłówka następującego po IPv6 (może to być pakiet warstwy transportowej lub też nagłówek rozszerzeń)

# Nagłówek IPv6

- **Hop Limit** - pole analogiczne do TTL w IPv4 - brak sumy kontrolnej nie wymusza jej przeliczenia przez router przy zmianie TTL
- **Source Address, Destination Address** - pola adresowe 128-bitowe
- **Extension Headers** - możliwość dodania różnych nagłówków rozszerzeń

# Nagłówki rozszerzeń

- **IPv6 header** - podstawowy nagłówek
- **Hop-by-hop options header** - nagłówek przetwarzany przez wszystkie urządzenia w ścieżce, przykładowo w Resource Reservation Protocol, Multicast Listener Discovery, ...
- **Destination options header** - nagłówek przetwarzany przez urządzenie końcowe
- **Routing header** - nagłówek dla routowania źródłowego
- **Fragment header** - nagłówek wykorzystywany podczas fragmentacji (rozbieżności MTU podczas transmisji pakietu)
- **Authentication header and Encapsulating Security Payload header** - nagłówki skojarzone z IPsec
- **Upper-layer header** - nagłówki warstw transportowych



# Reprezentacja adresów IPv6

- 128 bitów podzielone na 8 części 16-bitowych
- Wprowadzające zera są opcjonalne
  - 09C0 = 9C0
  - 0000 = 0
- Następujące zera mogą być uproszczone tylko jednokrotnie jako '::'
  - FF01:0:0:0:0:0:0:1 = FF01::1
  - 2031:0000:130F:0000:0000:09C0:876A:120B =  
2031:0:130F::09C0:876A:120B
- Niewyspecyfikowany adres może być zapisany jako '::',  
ponieważ zawiera tylko zera

# Typy adresów IPv6

- **Unicast** (odbiorcą jest pojedyncze urządzenie - link local unicast (zakres tylko do pojedynczego łącza, brak routingu poza łącze), global unicast (routowany globalnie bez modyfikacji))
- **Multicast** (w IPv6 zrezygnowano z broadcastów na rzecz multicastów)
- **Anycast** (określa zbiór węzłów sieci - transmisja odbywa się do najbliższego zależnie od tablicy routingu urządzeń pośrednich)

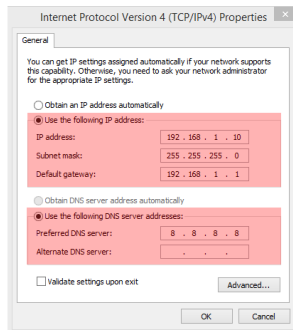
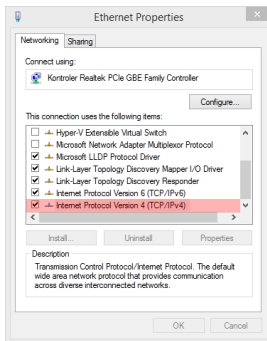
# IPv4, IPv6

- Rozwój IPv4 w kierunku IPv6
- Koegzystencja standardu IPv4 oraz IPv6

# Konfiguracja interfejsów sieciowych

- Statyczna konfiguracja hosta

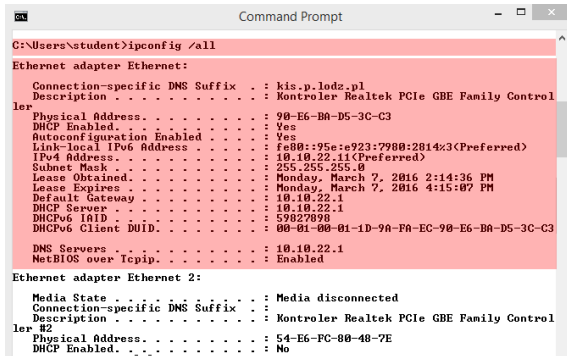
Windows -> Ustawienia -> Centrum sieci i udostępniania ->  
Zmień ustawienia karty sieciowej -> (...) ->  
Właściwości -> TCP/IPv4



# Konfiguracja interfejsów sieciowych

- Weryfikacja konfiguracji hosta

Windows -> cmd -> ipconfig /all



```
C:\Users\student>ipconfig /all

Ethernet adapter Ethernet:

    Connection-specific DNS Suffix  . : kis.p.lodz.pl
    Description . . . . . : Kontroler Realtek PCIe GBE Family Control
ler
    Physical Address. . . . . : 90-E6-BA-D5-3C-C3
    DHCP Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::95e:e923:7980:2814x3(Preferred)
    IPv4 Address. . . . . : 10.10.22.11(Preferred)
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Lease Obtained. . . . . : Monday, March 7, 2016 2:14:36 PM
    Lease Expires . . . . . : Monday, March 7, 2016 4:15:07 PM
    Default Gateway . . . . . : 10.10.22.1
    DHCP Server . . . . . : 10.10.22.1
    DHCPv6 IAID . . . . . : 59827898
    DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-1D-9A-FA-EC-90-E6-BA-D5-3C-C3

    DNS Servers . . . . . : 10.10.22.1
    NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

Ethernet adapter Ethernet 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :
    Description . . . . . : Kontroler Realtek PCIe GBE Family Control
ler #2
    Physical Address. . . . . : 54-E6-FC-80-48-7E
    DHCP Enabled. . . . . : No
```



# Koniec

Dziękuję za uwagę . . .