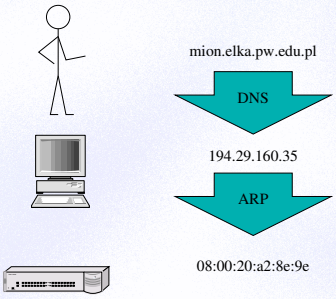
Plan wykładu

- Adresowanie w sieciach IP.
- Protokół ARP.
- Protokół IP.
- Protokół IP v.6.

Sposoby adresowania

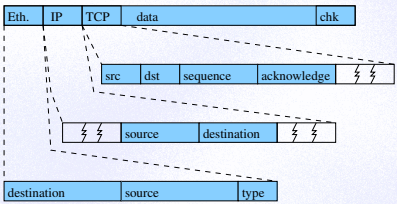


Sieci Komputerowe

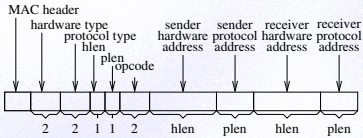
Adresowanie w sieciach IP

mgr inż. Jerzy Sobczyk

TCP/IP addressing



Pakiet protokołu ARP



hardware = Ethernet ⇨ hardware type = 0x0001
hlen = 6

protocol = IP ⇨ protocol type = 0x0800
plen = 4

Polecenie – arp

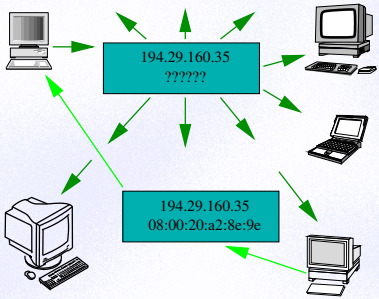
`arp [-v] [-d` *host*`] [-s` *host addr*`]`

-d – skasuj pozycję

-s – utwórz nową pozycję

-v – wyświetl obszerniejsze informacje

Działanie protokołu ARP



Notatnik ARP

```
gucio<me>(1)$ arp -n

Address                  HWtype  HWaddress           Flags Mask            Iface
192.168.100.191          ether   00:1E:8C:5C:AC:A2   C                     eth0.580
192.168.16.206           ether   00:1D:60:73:44:B8   C                     eth0.413
192.168.62.185           ether   00:61:71:27:1C:80   C                     eth0.722
192.168.53.46            ether   90:2B:34:1C:8D:22   C                     eth0.753
192.168.63.105           ether   88:70:8C:85:A9:2F   C                     eth0.722
192.168.63.234           ether   F4:09:D8:03:47:DA   C                     eth0.722
192.168.62.118                   (incomplete)                              eth0.722
192.168.101.116          ether   20:CF:30:DB:E0:09   C                     eth0.580
192.168.27.213           ether   28:10:7B:BB:58:58   C                     eth0
192.168.101.101          ether   00:23:69:AA:D9:12   C                     eth0.580
192.168.168.248          ether   5C:F3:FC:F6:48:5A   C                     eth0.200
192.168.62.99            ether   A0:39:F7:15:DE:B5   C                     eth0.722
192.168.27.90            ether   D0:67:E5:90:CF:64   C                     eth0
194.29.163.95            ether   58:6D:8F:63:15:32   C                     eth0.400
194.29.164.173           ether   00:30:48:BD:41:FE   C                     eth0.330
194.29.170.2             ether   00:18:F3:92:06:B5   C                     eth0.610
194.29.168.39            ether   50:E5:49:35:DF:1A   C                     eth0.201
192.168.166.225          ether   EC:B1:D7:33:2B:38   C                     eth0.266
192.168.26.107           ether   E0:DB:55:51:AC:D5   C                     eth0.724
```

Klasy adresów IP

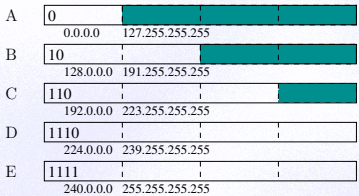
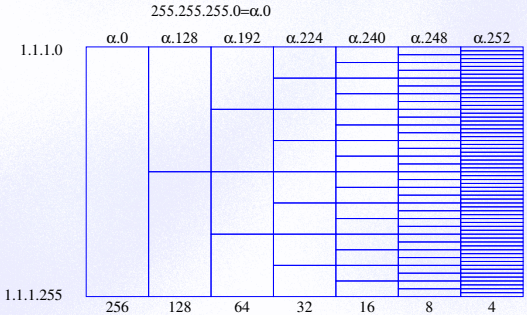
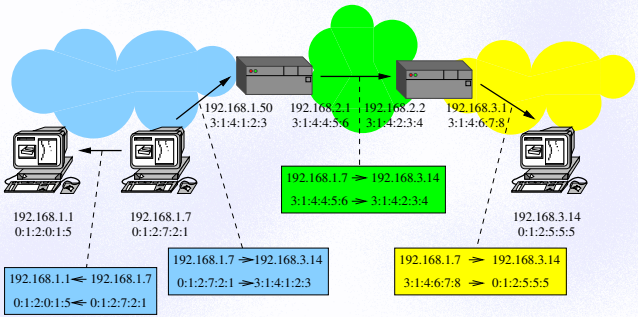


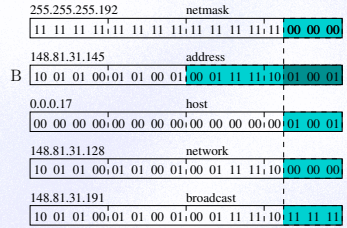
Diagram do podziału puli adresowej



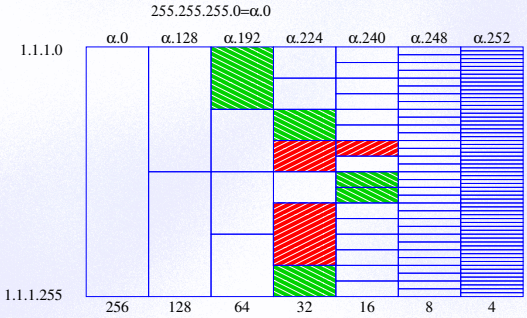
Rozpoznawanie sąsiedztwa



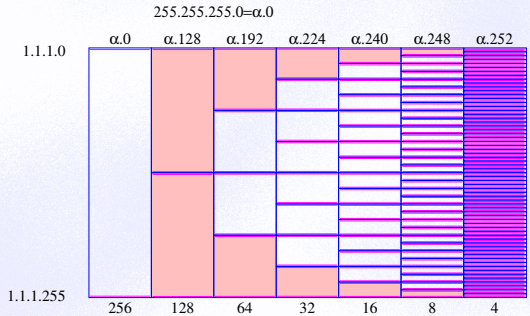
Podział adresu przy pomocy maski sieci



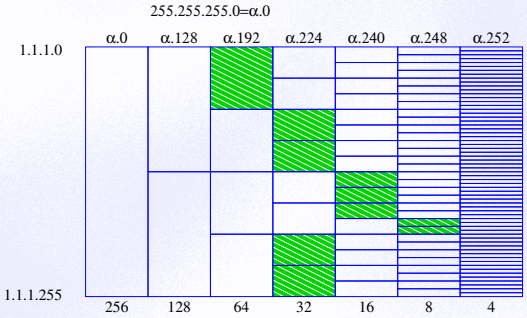
Przykładowe błędy w przydziale adresów



Adresy zastrzeżone — RFC 1122



Przykładowy przydział adresów



Co mówią standardy

RFC 1122 *Requirements for Internet Hosts* 1989

STANDARD IP addresses are not permitted to have the value 0 or -1 for any of the <Host-number>, <Network-number>, or <Subnet- number> fields (except in the special cases listed above). This implies that each of these fields will be at least two bits long.

RFC 1812 *Requirements for IP Version 4 Routers* 1995

PROPOSED STANDARD Previous versions of this document also noted that subnet numbers must be neither 0 nor -1, and must be at least two bits in length. In a CIDR world, the subnet number is clearly an extension of the network prefix and cannot be interpreted without the remainder of the prefix. This restriction of subnet numbers is therefore meaningless in view of CIDR and may be safely ignored.

Historia IPv6 - 1/3

1984.10	RFC 932 - propozycja subnettingu
1985.08	RFC 950 - subnetting
1990.10	ostrzeżenia o wyczerpywaniu się przestrzeni adresowej
1991.12	RFC 1287 - kierunki działań
1992.05	RFC 1335 - adresy prywatne
1992.10	RFC 1366 - zalecenia oszczędnościowe
1992.10	RFC 1367 - program rozwoju (CIDR)
1993.05	RFC 1454 - porównanie propozycji IPng
1993.12	RFC 1550 - konkurs na IPng
1994.05	RFC 1631 - NAT
1994.08	RFC 1668..1688 - wymagania na IPng
1994.10	RFC 1710 - Simple Internet Protocol Plus
1994.12	RFC 1719, 1726 - zalecenia
1995.01	RFC 1752 - rekomendacja (SIPP -¿ IPv6)
1995.08	RFC 1826 - IPSec
1995.12	RFC 1883..1887 - IPv6 specification

Historia IPv6 - 3/3

2011	ostatni blok IPv4 przydzielony do APNIC
	brak adresów IPv4 w APNIC
2011.06	RFC 6294 - Survey of Proposed Use Cases for the IPv6 Flow Label
2011.12	RFC 4294 - IPv6 Node Requirements
2012.04	RFC 6564 - A Uniform Format for IPv6 Extension Headers
2012.04	RFC 6589 - Considerations for Transitioning Content to IPv6
2012	brak adresów IPv4 w RIPE NCC
2013.02	RFC 6866 - Problem Statement for Renumbering IPv6 Hosts with Static Addresses in Enterprise Networks
2013.02	RFC 6879 - IPv6 Enterprise Network Renumbering Scenarios, Considerations, and Methods
2013	Orange Polska rozpoczyna oferowanie IPv6 klientom
2014	brak adresów IPv4 w LACNIC
2015	brak adresów IPv4 w ARIN
2017	kolejna specyfikacja IPv6 RFC 8200
2018	brak adresów IPv4 w AfriNIC

Adresy zastrzeżone

Adresy specjalne

	0.0.0.0	-	unspecified – „nie znam swojego adresu IP”
	255.255.255.255	-	broadcast – „do wszystkich w sieci lokalnej”
	127.0.0.1	-	loopback – adres pseudo interfejsu sieciowego

Sieci „prywatne” (RFC 1918)

10.0.0.0	-	10.255.255.255	–	1 adres klasy A
172.16.0.0	-	172.31.255.255	–	16 adresów klasy B
192.168.0.0	-	192.168.255.255	–	256 adresów klasy C

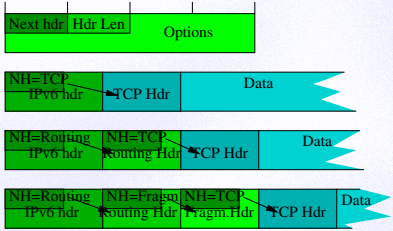
Automatic Private IP Addressing (RFC 3927)

169.254.0.1	-	169.254.255.254	–	APIPA

Historia IPv6 - 2/3

1996.02	RFC 1917 - apel o zwrot adresów IPv4
1996.08	RFC 1970..1972 - IPv6 i Ethernet
1997	pierwsza implementacja IPv6 - Linux 2.18, 6bone
	implementacja IPv6 w AIX 4.3, Tru64 i OpenVMS
1998.11	RFC 2401, 2402, 2406..2411 - poprawki IPSec
1998.12	RFC 2460..2466 - poprawiona specyfikacja IPv6
1998.07	RFC 2375 - IPv6 Multicast Address Assignments
2000	IPv6 w OpenBSD, NetBSD, FreeBSD, Windows 2000, Solaris
2001	IPv6 w Cisco IOS
2003.08	RFC 3596 - DNS Extensions to Support IP Version 6
2004	pierwsze rekordy AAAA w serwerach root DNS
2007.09	RFC 4861 - Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)
2007.09	RFC 4862 - IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
2008	pierwsze serwery root DNS otrzymuja adresy IPv6
	Polish Internet Exchange zaczyna obsługe IPv6
2010.07	RFC 5942 - IPv6 Subnet Model

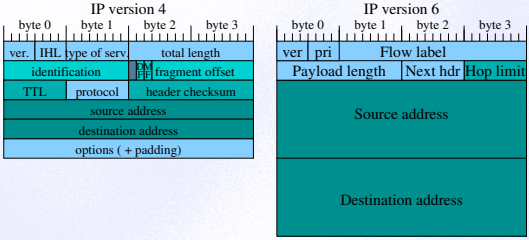
Nagłówki pomocnicze protokołu IP v.6



Rodzaje adresów IP v.6 - 1/2

Description	Prefix binary	Fraction of space	Prefix hex.
Reserved	0000 0000	1/256	0000::/8
Unassigned	0000 0001	1/256	0100::/8
Reserved for NSAP Allocation	0000 001	1/128	0200::/7
Reserved for IPX Allocation	0000 010	1/128	0400::/7
Unassigned	0000 011	1/128	0600::/7
Unassigned	0000 1	1/32	0800::/5
Unassigned	0001	1/16	1000::/4
Aggregatable Global Unicast Addresses	001	1/8	2000::/3
Unassigned	010	1/8	4000::/3
Unassigned	011	1/8	6000::/3
Unassigned	100	1/8	8000::/3
Unassigned	101	1/8	A000::/3
Unassigned	110	1/8	C000::/3

IP headers


IP version 4
byte 0
byte 1
byte 2
byte 3
ver.
IHL
ype of serv
total length
identification
DM FF
fragment offset
TTL
protocol
header checksum
source address
destination address
options (+ padding)
IP version 6
byte 0
byte 1
byte 2
byte 3
ver
pri
Flow label
Payload length
Next hdr
Hop limit
Source address
Destination address

Adresy IP v.6 skracanie zapisu

1080:0000:0000:0000:0008:0800:200C:417A		sample address
1080:0:0:0:8:800:200C:417A		
1080::8:800:200C:417A		
FF01:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0101		a multicast address
FF01:0:0:0:0:0:0:101		
FF01::101		
Other addresses		
0:0:0:0:0:0:0:1	::1	the loopback address
0:0:0:0:0:0:0:0	::	the unspecified addresses
0:0:0:0:0:0:13.1.68.3	::13.1.68.3	IPv4 compatible
0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38	::FFFF:129.144.52.38	IPv4 only
Prefixes		
12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60		
12AB::CD30:0:0:0:0/60		
12AB:0:0:CD30::/60		

Przestrzeń adresowa IP v.6

Prefiks	Przydział	Źródła	Uwagi
::/8	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	Częściowo zarezerwowane na adresy specjalne. [IANA registry iana-ipv6-special-registry]
100::/8	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	Częściowo zarezerwowane na adresy specjalne. [IANA registry iana-ipv6-special-registry]
200::/7	zarezerwowane przez IETF	[RFC4048]	Dawniej NSAP-mapped - zarzucone 2004-12.
400::/6	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
800::/5	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
1000::/4	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
2000::/3	Global Unicast	[RFC3513][RFC4291]	Wszystkie adresy IPv6 z wyjątkiem ff00::/8 są typu unicast. Jednak obecne przydziały dokonywane przez IIANA są ograniczone do bloku 2000::/3.
4000::/3	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	Adresy były używane przez 6bone.
6000::/3	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
8000::/3	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
a000::/3	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
c000::/3	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
e000::/4	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
f000::/5	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
f800::/6	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
fc00::/7	Unique Local Unicast	[RFC4193]	Adresy prywatne.
fe00::/9	zarezerwowane przez IETF	[RFC3513][RFC4291]	
fe80::/10	Link-Scoped Unicast	[RFC3513][RFC4291]	Adresy prywatne.
fec0::/10	zarezerwowane przez IETF	[RFC3879]	Adresy prywatne zarzucone w 2004-09.
ff00::/8	Multicast	[RFC3513][RFC4291]	Adresy typu multicast.

2024-09-17 https://www.iana.org/assignments/ipv6-address-space/ipv6-address-space.xhtml

Przydziały adresów IP v.6 - Global Unicast

Prefiks	Właściciel	Data	Status
2001::/23	IANA	1999-07-01	przydzielony
2001:200::/23	APNIC	1999-07-01	przydzielony
2001:400::/23	ARIN	1999-07-01	przydzielony
2001:600::/23	RIPE NCC	1999-07-01	przydzielony
2001:800::/22	RIPE NCC	2002-11-02	przydzielony
2001:c00::/23	APNIC	2002-05-02	przydzielony
2001:e00::/23	APNIC	2003-01-01	przydzielony
2001:1200::/23	LACNIC	2002-11-01	przydzielony
2001:1400::/22	RIPE NCC	2003-07-01	przydzielony
2001:1800::/23	ARIN	2003-04-01	przydzielony
2001:1a00::/23	RIPE NCC	2004-01-01	przydzielony
2001:1c00::/22	RIPE NCC	2004-05-04	przydzielony
2001:2000::/19	RIPE NCC	2019-03-12	przydzielony
2001:4000::/23	RIPE NCC	2004-06-11	przydzielony
2001:4200::/23	AFRINIC	2004-06-01	przydzielony
2001:4400::/23	APNIC	2004-06-11	przydzielony
2001:4600::/23	RIPE NCC	2004-08-17	przydzielony
2001:4800::/23	ARIN	2004-08-24	przydzielony
2001:4a00::/23	RIPE NCC	2004-10-15	przydzielony
2001:4c00::/23	RIPE NCC	2004-12-17	przydzielony
2001:5000::/20	RIPE NCC	2004-09-10	przydzielony
2001:8000::/19	APNIC	2004-11-30	przydzielony
2001:a000::/20	APNIC	2004-11-30	przydzielony
2001:b000::/20	APNIC	2006-03-08	przydzielony
2002::/16	6to4	2001-02-01	przydzielony
2003::/18	RIPE NCC	2005-01-12	przydzielony
2400::/12	APNIC	2006-10-03	przydzielony
2600::/12	ARIN	2006-10-03	przydzielony
2610::/23	ARIN	2005-11-17	przydzielony
2620::/23	ARIN	2006-09-12	przydzielony
2630::/12	ARIN	2019-11-06	przydzielony
2800::/12	LACNIC	2006-10-03	przydzielony
2a00::/12	RIPE NCC	2006-10-03	przydzielony
2a10::/12	RIPE NCC	2019-06-05	przydzielony
2c00::/12	AFRINIC	2006-10-03	przydzielony
2d00::/8	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
2e00::/7	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3000::/5	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3800::/6	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3c00::/7	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3e00::/8	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3f00::/9	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3f80::/10	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3fc0::/11	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3fe0::/12	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3ff0::/13	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3ff8::/14	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3ffc::/15	IANA	1999-07-01	zarezerwowany
3ffe::/16	IANA	2008-04	zarezerwowany
3fff::/20	Documentation	2024-07-23	przydzielony

2024-09-17 https://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments/ipv6-unicast-address-assignments.xhtml

Rodzaje adresów IP v.6 - 2/2

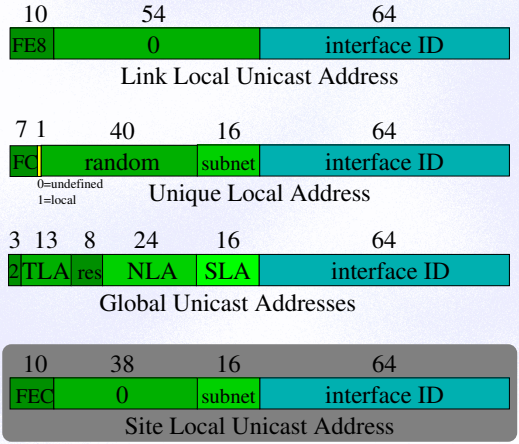
Description	Prefix binary	Fraction of space	Prefix hex.
Unassigned	1110	1/16	E000::/4
Unassigned	1111 0	1/32	F000::/5
Unassigned	1111 10	1/64	F800::/6
Unassigned	1111 110	1/128	FC00::/7
Unassigned	1111 1110 0	1/512	FE00::/9
Link-Local Unicast Addresses	1111 1110 10	1/1024	FE80::/10
Site-Local Unicast Addresses	1111 1110 11	1/1024	FEC0::/10
Multicast Addresses	1111 1111	1/256	FF00::/8

Adresy specjalne IP v.6

Blok adresów	Nazwa	RFC	Data przydziału	Data zakończenia
::1/128	Loopback Address	[RFC4291]	2006-02	
::/128	Unspecified Address	[RFC4291]	2006-02	
::ffff:0:0/96	IPv4-mapped Address	[RFC4291]	2006-02	
64:ff9b::/96	IPv4-IPv6 Translat.	[RFC6052]	2010-10	
64:ff9b:1::/48	IPv4-IPv6 Translat.	[RFC8215]	2017-06	
100::/64	Discard-Only Address Block	[RFC6666]	2012-06	
2001::/23	IETF Protocol Assignments	[RFC2928]	2000-09	
2001::/32	TEREDO	[RFC4380] [RFC8190]	2006-01	
2001:1::1/128	Port Control Protocol Anycast	[RFC7723]	2015-10	
2001:1::2/128	Traversal Using Relays around NAT Anycast	[RFC8155]	2017-02	
2001:1::3/128	DNS-SD Service Registration Protocol Anycast	[RFC-ietf-dnssd-srp-25]	2024-04	
2001:2::/48	Benchmarking	[RFC5180][RFC Errata 1752]	2008-04	
2001:3::/32	AMT	[RFC7450]	2014-12	
2001:4:112::/48	AS112-v6	[RFC7535]	2014-12	
2001:10::/28	Deprecated (previously ORCHID)	[RFC4843]	2007-03	2014-03
2001:20::/28	ORCHIDv2	[RFC7343]	2014-07	
2001:30::/28	Drone Remote ID Protocol Entity Tags (DETs) Prefix	[RFC9374]	2022-12	
2001:db8::/32	Documentation	[RFC3849]	2004-07	
2002::/16 [3]	6to4	[RFC3056]	2001-02	
2620:4f:8000::/48	Direct Delegation AS112 Service	[RFC7534]	2011-05	
3fff::/20	Documentation	[RFC9637]	2024-07	
5f00::/16	Segment Routing (SRv6) SIDs	[RFC-ietf-6man-sids-06]	2024-04	
fc00::/7	Unique-Local	[RFC4193] [RFC8190]	2005-10	
fe80::/10	Link-Local Unicast	[RFC4291]	2006-02	

2024-09-17 https://www.iana.org/assignments/iana-ipv6-special-registry/iana-ipv6-special-registry.xhtml

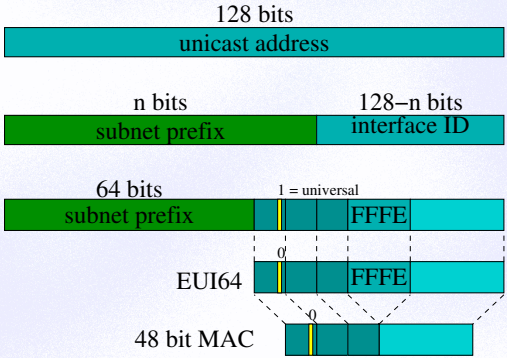
Budowa adresów unicastowych IP v.6 - 2/2



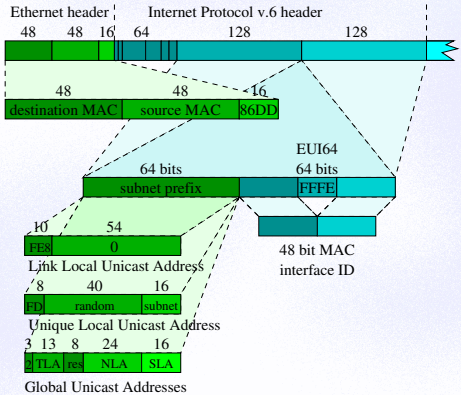
Stateless Address Autoconfiguration — RFC 2462

1	Creation of Link-Local Address
2	Duplicate Address Detection
2.1	Sending Neighbor Solicitation Messages
2.2	Receiving Neighbor Solicitation Messages
2.3	Receiving Neighbor Advertisement Messages
3	Creation of Global and Site-Local Addresses
3.1	Soliciting Router Advertisements
3.2	Receiving Router Advertisements

Budowa adresów unicastowych IP v.6 - 1/2



IP v.6 w sieci Ethernet



Dziękuję za uwagę

mgr inż. Jerzy Sobczyk