

PA160

Protokol IPv6

Motivace

Proč nový protokol:

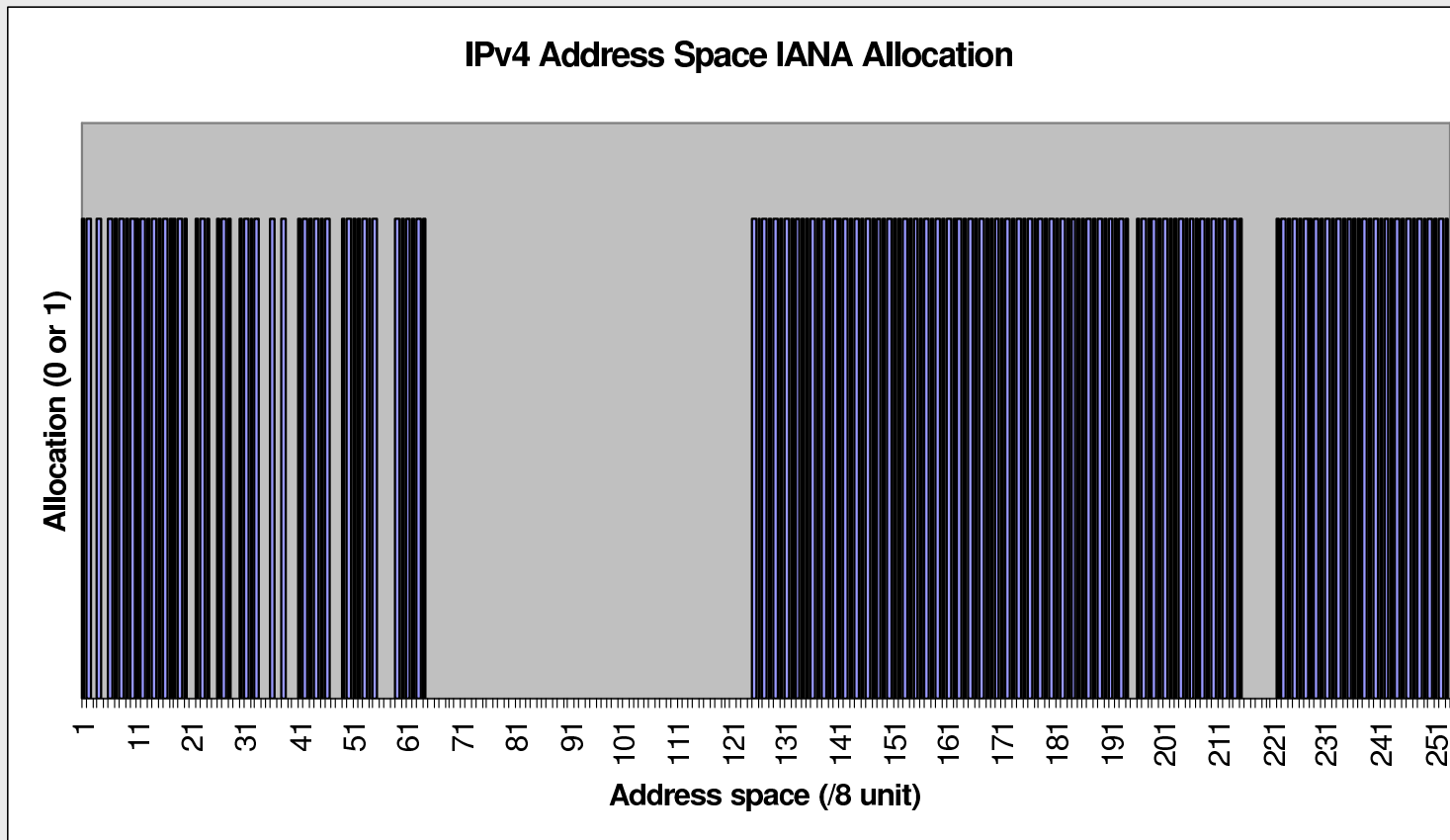
- Nedostatek adresního prostoru
- Autokonfigurace
- Bezpečnost
- Podpora nových služeb včetně mobility

Adresní prostor IPv4

- Studie z roku 1990
 - Vyčerpání B adres v roce 1994
 - Řešení CIDR (spojování C adres)
 - Podstatná část adresního prostoru A adres nevyužita
- Stav 2000: cca 40 % adresního prostoru stále volné

Alokace adresního prostoru IPv4

IPv4 Address Space



Současný stav

- Následná studie (1992)
 - K vyčerpání adresního prostoru dojde v letech 2005–2011
 - Dostatek času na vytvoření nového protokolu

Historie IPv6

- 1990 Predikce vyčerpání v roce 1994
- 1991 Vytvořena skupina ROAD pro směrování
- 1992 Vyčerpání až v letech 2005–2011
- 1993 Výzva pro návrhy IPng (RFC 1550)
- 1994 Vznikla pracovní skupina IPng
- 1995 První specifikace IPv6 (RFC 1883)
- 1996 Vzniká 6bone
- 1997 První návrh adresního formátu „poskytovatele“
- 1998 První IPv6 výměnný bod: 6tap
- 1999 Vytvořeno IPv6Forum, přiděleny IPv6 prefixy
- 2000 Podpora IPv6 ve standardních výrobcích
- 2002 Nativní IPv6 mezinárodní páteř (6NET)

IPv5

- Experimentální streamovací protokol
- Využívá IPv4
- Cílem zajistit QoS v IP sítích: rezervace zdrojů
- Nahrazen jinými přístupy (RSVP, DiffServ)
- RFC 1190 a RFC 1819

Adresní prostor IPv6

- 128 bitů, tj. 2^{128} různých adres (15 000 adres na čtvereční metr Země)
- Adresuje se rozhraní (interface), nikoliv uzel
- Adresní model:
 - Unicast
 - Anycast
 - Multicast (nahrazují současně broadcastové adresy z IPv4)

Reprezentace adresního prostoru

- Doporučená forma:

- Definována v RFC 1884 a má tvar: X:X:X:X:X:X:X:X
- Každé X reprezentuje hexadecimální hodnotu příslušných 16 bitů adresy
- Příklad: FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BB88:1234:8FFF

- Komprimovaná forma:

- Používá :: na kompresi nulové části adresy
- :: lze použít v adrese nejvýše jednou (expanze)
- Příklady:
 - * 1080:0:0:0:8:800:2:44AA na 1080::8:800:2:44AA
 - * 0:0:0:0:0:0:0 na ::
 - * 0:0:0:0:0:0:1 na ::1
 - * FF01:0:0:0:0:0:15 na FF01::15

Reprezentace adresního prostoru II

- Smíšená forma:
 - Pro prostředí s IPv6 i IPv4 uzly
 - Tvar: X:X:X:X:X:X:D.D.D.D
 - X jako výše, D.D.D.D je standardní IPv4 adresa
 - Příklady:
 - * 0:0:0:0:0:0:147.251.7.18 nebo ::147.251.7.18
 - * 0:0:0:0:0:FFFF:13.1.68.5 nebo ::FFFF:13.1.68.5

Adresní prefixy

- Analogie s IPv4
- *IPv6_adresa/délka_prefixu*
- Příklady
 - 12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
 - 12AB::CD30:0:0:0:0/60
 - 12AB:0:0:CD30::/60
 - 12AB:0:0:CD30/60
- RFC 2373

Alokace IPv6 adres

Alokace	Prefix (bin)	Část prostoru
Reservováno	0000 0000	1/256
Volné	0000 0001	1/256
NSAP	0000 001	1/128
IPX	0000 010	1/128
Volné	0000 011	1/128
Volné	0000 1	1/32
Volné	0001	1/16
Adresy ISP	001	1/8
Volné	010	1/8
Volné	011	1/8

Alokace IPv6 adres – pokračování

Alokace	Prefix (bin)	Část prostoru
<i>„Geografické“ adresy</i>	100	1/8
Volné	101	1/8
Volné	110	1/8
Volné	1110	1/16
Volné	1111 0	1/32
Volné	1111 10	1/64
Volné	1111 110	1/128
Volné	1111 1110 0	1/512
Link-local-use	1111 1110 10	1/1024
Site-local-use	1111 1110 11	1/1024
Multicast	1111 1111	1/256

Unicastové adresy

- Tři základní typy:
 - **Adresy ISP** (provider-based): Adresy, které dále přiděluje ISP
 - **Site-local-use**: Interní adresy organizace nepřipojené na Internet. Umožní následně snadné připojení bez nutnosti přečíslování. Nesměřují se mimo organizaci.
 - **Link-local-use**: Pro individuální použití na konkrétním spoji. Nesměřují se.
- Podrobnosti v RFC 1887

Formát unicastových adres

- Hierarchická struktura (může být ignorována koncovým uzlem)
- Základní hierarchie: n bitů prefix, $128-n$ bitů ID rozhraní
- Podrobnější hierarchie: n bitů prefix poskytovatele, $80-n$ bitů ID podsítě, 48 bitů ID rozhraní
- Další zjemnění: s bitů prefix poskytovatele, n bitů ID oblasti, m bitů ID podsítě, $128-s-n-m$ bitů ID rozhraní

Speciální adresy

- Nespecifikovaná: `::` (samé nuly)
 - Nesmí být použita jako cílová
 - Použití při hledání vlastní adresy
- Loopback: `::1`
 - Pouze pro virtuální rozhraní
 - Nesmí být poslána mimo uzel

Soužití s IPv4

- Vnořené IPv4 adresy

- Pro tunelování: `::D.D.D.D`

- IPv4 mapované IPv6 adresy: `::FFFF:D.D.D.D`

Používá se, pokud IPv4 uzel nezná IPv6 adresy

ISP adresy

- Definovaná struktura:
 - 3 bity určují adresu (010)
 - n bitů (zpravidla 13) je Adresa registrační autority (TLA ID)
 - m bitů (zpravidla 32) je ISP (NLA ID)
 - o bitů (zpravidla 16) je uživatel (organizace, či „subscriber“) (SLA ID)
 - Zbývajících 125-n-o-m bitů (=64) je vnitřní záležitostí uživatele

Příklady ISP adres

- CESNET: 2001:718::/32
- CERN: 3FFE:8130::/28
- Nokia: 3FFE:8130::/28
- Microsoft: 3FFE:8310::/28
- POZMAN: 3FFE:8320::/28

Adresy pro lokální použití

- Link-local:
 - Pouze lokální spojení
 - Hledání/přiřazení adresy
 - Žádné směrovače

Není nikdy směrována mimo lokální spojení

- Site-local:
 - Při neznalosti lokálního prefixu

Nesmí být směrována mimo lokalitu (site)

Anycast

- Jedna unicastová adresa přiřazena více rozhraním
- Pakety jsou doručeny na *nejbližší* rozhraní
- Syntakticky neodlišitelné od unicastových adres
- Každý uzel, jehož rozhraní má anycastovou adresu, to musí vědět
- Globální anycast:
 - Prázdný společný prefix
 - Náročné na směrování
 - Nepoužívat
- Anycast na úrovni aplikací: v pozdější přednášce

Anycast v IPv6

- Anycastovou adresu může mít pouze rozhraní směrovače
- Anycastová adresa se nesmí použít jako zdrojová adresa IPv6 paketu
- Využití
 - Označuje skupinu směrovačů
- Předefinovaná anycastová adresa: n bitů subnet prefix a $128-n$ bitů nulových
 - Musí být podporována všemi směrovači na dané podsíti
 - Použití: potřeba komunikace se skupinou vzdálených směrovačů

Multicast

- Základní struktura: 8 bitů jedniček, 3 bity nulové, T bit, 4 bity rozsahu.
 - T bit: 0 odpovídá permanentní, obecně známé multicastové adrese
 - Rozsah:
 - 1 lokální uzel
 - 2 lokální spojení
 - 5 lokální vzhledem k místu (site)
 - 8 lokální pro organizaci
 - E globální rozsah

Multicastové známé adresy

- DHCP server/relay: FF02::C
- Všechny směrovače: FF01::2 a FF02::2
- Všechny uzly: FF01::1 a FF02::1
- Nabízená (solicited) adresa uzlu: FF02::1:X:X, kde X:X je (předpokládaná) unicastová adresa

Identifikace uzlu

- Každý uzel musí rozeznat řadu adres:
 - link-local adresa
 - vlastní unicastová adresa
 - multicast pro všechny uzly
 - nabízená (solicited) multicastová adresa
- Router navíc musí rozeznat
 - subnet-router anycastovou adresu
 - multicast pro všechny směrovače

DNS pro IPv6

- RFC 1886
- Nový formát: AAAA (typ číslo 28)
 - IPv6 adresa (128 bitů, nejvyšší byte nejdříve)
 - Délka prefixu (8 bitů)
 - Doménové jméno podsítě (nesmí být uvedeno, pokud je délka prefixu 0).
- Optimalizováno pro čtení

DNS pro IPv6 – A6

- RFC 2874
- Nový formát: A6 (typ číslo 38)
 - Délka prefixu (8 bitů)
 - IPv6 suffix (0–128 bitů, nejvyšší byte nejdříve, nemá být uveden, je-li délka prefixu rovna 128)
 - Doménové jméno podsítě (nemá být uvedeno, je-li délka prefixu 0)

Snadná koexistence s AAAA (nadmnožina funkcionality)

- Adresa skládána postupně
- Optimalizováno pro zápis

Hlavička IPv6



Hlavička IPv6 – diskuse

- Verze je rovna 6
- Třída provozu (občas též priorita)
 - 0 Obecný provoz
 - 1 Výplňová data (news)
 - 2 Nehlídaná data (e-mail)
 - 3 Reservováno
 - 4 Hlídaný souvislý přenos dat (ftp)
 - 5 Reservováno
 - 6 Interaktivní provoz (ssh)
 - 7 Řídící data (SNMP)

Hlavička IPv6 – další pole

- Značka toku (24 bitů)
 - Nová položka hlavičky
 - Určena primárně pro real-time provoz
 - Definuje proud dat, kde všechny pakety mají získat jednotné zpracování sítí
 - Vlastní nastavení cesty nezávislé (např. RSVP)
 - Nebezpečí zavedení stavu do směrovačů

Hlavička IPv6 – další pole

- Maximální počet skoků
 - Analogie TTL, avšak pouze na počet průchodů směrovači
- Další hlavička identifikuje typ hlavičky za IPv6 hlavičkou
 - Může jít o AH nebo ESH (IPsec)
 - Analogie pole „Protokol“ IPv4
- Délka dat
 - Každý spoj musí být schopen přenést paket délky 576 (536 užitečný)
 - Maximálně 65535 bytů
 - 0 značí využití Jumbo paketů

Fragmentace

- Hledání maximální délky paketu
 - RFC 1981
 - Unicast nebo multicast paketem konkrétní délky
 - Při odpovědi *Packet too big* (ICMPv6) snížení velikosti
 - Není povinné (může použít délky 576 bytů)
- Není možná fragmentace po cestě
- Je možná fragmentace vysílajícím uzlem

Protokol průzkumu okolí

- Neighbor Discovery Protocol
- RFC 2461
- Cílem je zjistit:
 - Směrovače na lokální síti
 - Prefix lokální sítě
 - Parametry (např. MTU)
 - Vlastní adresu (autokonfigurace)
 - (Linkovou) adresu souseda (když zná jeho IP adresu)
 - Adresu pro další přenos (next hop)
 - Nedostupnost souseda (uzel nebo směrovač)
 - Duplicitní adresy

Základní vlastnosti

- Založen na ICMPv6 protokolu
- 5 speciálních typů paketů
 - Nabídka a ohlášení směrovače
 - Nabídka a ohlášení souseda
 - Přesměrování

Router Solicitation

- Poslána po zapojení/aktivaci rozhraní
- Ostatní směrovače musí odpovědět ohlášením (Advertisement)
- Běžné uzly zprávy Router Solicitation ignorují

Router Solicitation – formát

- Jednotlivá pole IPv6 hlavičky:
 - Max počet skoků je 255
 - Priorita je 15
 - Zdrojová adresa je buď unicastová adresa nebo nespecifikovaná adresa
 - Cílová adresa je zpravidla multicastová adresa směrovačů
- Pole ICMP paketu
 - Type 133
 - Code 0
 - Může obsahovat spojovou adresu odesilatele, je-li známa

Podmínky přijetí zprávy směrovačem

- Max počet skoků je 255
- Korektní autentizace (má-li AH)
- Korektní kontrolní součet
- ICMP kód má hodnotu 0
- ICMP má délku 8 nebo více bytů
- Všechny použité volby mají nenulovou délku

Router Advertisement

- Pravidelně posílaná informace o směrovači
 - řada specifické informace, zejména
 - * MTU
 - * Prefixy
 - * Spojová adresa rozhraní
- Uzly zpracovávají tuto informaci a staví si interní cache
- Může jít i o vyžádanou reakci na Router Solicitation
 - V tomto případě obsahuje veškerou volitelnou informaci (zejména všechny validní prefixy)

Router Advertisement – formát

- IPv6 hlavička
 - Max počet kroků je 255
 - Priorita je 15
 - Zdrojová adresa je spojová adresa odesílajícího rozhraní
 - Cílová adresa buď multicast pro všechny uzly nebo unicast toho, kdo poslal router solicitation

Router Advertisement – ICMP hlavička

- Typ je 134
- Code je 0
- Počet kroků: doporučená hodnota pro odcházející pakety (0 znamená nespecifikováno)
- M bit: 1 znamená použití stavového algoritmu autokonfigurace adresy
- O bit: 1 znamená použití stavového algoritmu autokonfigurace ostatních parametrů (Other)
- Router Lifetime: pro default směrovač, jinak 0 (udává se v sekundách)

Router Advertisement – ICMP hlavička II

- Reachable Time: Počet milisekund po něž je soused dostupný (0 znamená nespecifikováno)
- Retrans Timer: počet milisekund mezi retransmisemi Neighbor Solicitation paketů (0 znamená nespecifikováno)
- Dodatečné hodnoty: např. MTU, spojová adresa odesilatele, informace o prefixech platných pro daný spoj (obsluhovaných směrovačem)

Router Advertisement – podmínky přijetí

- Zdrojová IP adresa je link-local adresa
- Max počet kroků je 255
- ICMP kód je 0
- Délka ICMP paketu je 16 bytů
- Všechny použité volby mají nenulovou hodnotu

Neighbor Solicitation

■ Použití

- Zjištění spojové adresy souseda nebo cílového uzlu
- Poskytnutí vlastní linkové adresy cílovému uzlu
- Zjištění dosažitelnosti (reachability) cílového uzlu
- Zjištění spojové adresy multicastem
 - * Zasíláno na nabízenou (solicited) multicastovou adresu
 - * Cílový uzel vrací svou spojovou adresu unicastem (Neighbor Advertisement)
- Zjištění duplicitních adres (RFC 1971)

Unicast versus multicast

- Uzel posílá Neighbor Solicitation multicastem pokud potřebuje zjistit adresu
- Uzel posílá Neighbor Solicitation unicastem pokud potřebuje ověřit dostupnost

Neighbor Solicitation – formát

- IPv6 hlavička
 - Max počet kroků je 255
 - Priorita je 15
 - Zdrojová adresa je IP adresa odesílajícího rozhraní
 - * Nespecifická adresa (:::), pokud se jedná o detekci duplicit
 - Cílová adresa: buď nabízená multicast adresa cíle nebo přímo adresa cíle

Neighbor Solicitation – ICMP formát

- Type 135
- Code 0
- Zdrojová spojová adresa odesílatele, je-li známa
 - Povinné (pokud existuje) v multicastových zprávách
 - Doporučené v unicastových zprávách

Neighbor Solicitation – podmínky přijetí

- Max počet kroků je 255
- ICMP kód je 0
- Délka ICMP paketu je 24 a více bytů
- Cílová adresa není multicastová adresa
- Všechny použité volby mají nenulovou hodnotu

Neighbor Advertisement

- Uzel tak reaguje na Neighbor Solicitation zprávu
- Je možno zasílat i nevyžádané zprávy – oznamují změnu linkové adresy uzlu

Neighbor Advertisement – formát

- IPv6 hlavička

- Max počet kroků je 255
- Priorita je 15
- Zdrojová adresa je IP adresa odesílajícího rozhraní
- Cílová adresa pro vyžádané oznámení může být
 - * Adresa uzlu, který zaslal původní Neighbor Solicitation zprávu
 - * Multicastová adresa všech (lokálních) uzlů pokud původní adresa byla „nespecifikována“
- Cílová adresa nevyžádaného oznámení je multicastová adresa všech uzlů

Neighbor Advertisement – ICMP formát

- Type 136
- Code 0
- R bit: je-li nastaven indikuje, že odesilatelem je spěrovač
- S bit: je-li nastaven indikuje, že se jedná o vyžádanou zprávu (odpověď na Neighbor Solicitation)
- O bit: Override bit (přepsání). Je-li nastaven, zasláná informace má přepsat linkovou adresu v lokální vyrovnávací paměti (jinak se tato informace nepřepisuje). Měl by být nastaven u všech nevyžádaných zpráv a u těch vyžádaných, které nejsou zasílány na anycastovou adresu.

Neighbor Advertisement – ICMP formát II

- Cílová (target) adresa: u vyžádaných je to cílová adresa toho, kdo si zprávu vyžádal, u nevyžádaných zpráv je to adresa uzlu, jehož linková adresa se změnila. Nikdy to nesmí být multicastová adresa.

Pozor: Nejedná se o cílovou adresu paketu (destination address), ale o jeden z parametrů ICMP paketu

- Volby: pokud uzel má přidělenou linkovou adresu, musí být zahrnuta

Neighbor Advertisement – podmínky přijetí

- Max počet kroků je 255
- ICMP kód je 0
- Délka ICMP paketu je 24 a více bytů
- Cílová adresa není multicastová adresa
- Je-li cílová adresa IP hlavičky multicast, pak S bit nesmí být nastaven
- Všechny použité volby mají nenulovou hodnotu

Automatická konfigurace adres

- Dva typy automatické konfigurace adres
 - Stavová – à la DHCP
 - Bezstavová
- Vzájemně se doplňují
 - Uzel může použít bezstavovou autokonfiguraci k určení vlastní adresy
 - Uzel může použít stavovou autokonfiguraci (DHCP) pro zjištění adres sousedních uzlů

Bezstavová autokonfigurace

- Kombinuje
 - Lokálně dostupnou informaci
 - Informaci propagovanou směrovači

Směrovač oznamuje prefix (podsíť), ten je spojen s lokálně generovanou adresou (např. MAC adresa nebo její jedinečný hash)

- RFC 1971 „IPv6 Stateless Address Autoconfiguration“

IPv6 mobilita

- IETF draft „Mobility support in IPv6“ (Únor 2003)
- Problém: *Naivní odpojení se a nové zapojení do sítě nese s sebou potenciální změnu IP adresy, což znemožňuje kontinuální činnost všech vyšších protokolů*
- Principy řešení:
 - Stabilní *Domovská adresa*
 - Uzel komunikuje prostřednictvím této domovské adresy
 - Nezávislá na způsobu připojení
 - Změna umístění uzlu „neviditelná“ pro vyšší transportní vrstvy

Základní pojmy

- Domovská adresa: odpovídá „domácímu“ (výchozímu) umístění uzlu
- care-of adresa: konkrétní IPv6 adresa, kterou uzel získá při pohybu
 - Může mít více care-of adres současně
 - Musí být ustavena *vazba* (binding) mezi každou přidělenou care-of adresou a domovskou adresou uzlu
- Komunikující uzly jsou nazývány *odpovídajícími* (correspondent)
 - Odpovídající uzel se může dovědět aktuální care-of adresu prostřednictvím odpovídající vazby (correspondent binding procedure)

Mobilní směrování – dva přístupy

- Přes domovskou adresu
 - Používá domovského agenta (směrovač)
 - Využívá proxy Neighbor Discovery pro zachycení paketů určených pro mobilní uzel
 - Obousměrné tunelování přes domovský směrovač
 - Využívá IPv6 zapouzdření pro přenos dat (tunelování)
- Pomocí *optimalizace cesty*

Mobilní směrování – optimalizace cesty

- Vyžaduje registraci (vazbu) care-of adresy u odpovídajícího uzlu
- Lokální cache vazeb na každém uzlu
- Použití speciální (care-of) směrovací hlavičky odesílaných paketů
 - Obsahuje domovskou adresu mobilního uzlu
 - Zajišťuje transparentci pro vyšší přenosové vrstvy
- Zabraňuje zahlcení domovského agenta (pro více mobilních uzlů)

Rozšíření

- Podpora pro
 - Vícenásobné domovské agenty
 - Rekonfiguraci domovské sítě
- Umožňuje
 - Zjištění adresy domovského agenta
 - Zjištění stavu, kdy se změní domovský prefix

Zabezpečení

- Nebezpečí podvržení vazby mezi domovskou a care-of adresou
- Return routability procedure
 - Ověří, že nabídnutá care-of adresa patří deklarovanému uzlu
 - Využívá dvojici zpráv Home test Init a Care-of test Init zasílaných mobilním uzlem
 - * První jde přes domovského agenta
 - * Druhá jde přímo odpovídajícímu uzlu
 - Uzel odpoví dvěma zprávami Home test a Care-o test
 - * Opět každá jde jinou cestou

Return routability procedure

- Struktura Home test Init zprávy:
 - Domovská adresa jako zdrojová
 - Adresa odpovídajícího uzlu jako cílová
 - Home test init cookie (64 bitová hodnota)

Tunelována před domovského agenta

- Struktura Care-of test Init zprávy:
 - Care-of adresa jako zdrojová
 - Adresa odpovídajícího uzlu jako cílová
 - Care-of test init cookie (64 bitová hodnota)

Jde přímou cestou

Reakce odpovídajícího uzlu

- **Struktura Home test zprávy:**

- Zdrojová adresa je adresou odpovídajícího uzlu
- Cílová adresa je domovská adresa mobilního uzlu
- Home init cookie, home keygen value, home nonce index

Tunelována před domovského agenta

- **Struktura Care-of test zprávy:**

- Zdrojová adresa je adresou odpovídajícího uzlu
- Cílová adresa je care-of adresa mobilního uzlu
- Care-of init cookie, care-of keygen value, care-of nonce index

Generování kryptografických dat

- home keygen token (80 bitů):=
First (64, HMAC_SHA1 (Kcn, (home address | nonce | 0)))
- care-of keygen token (80 bitů):=
First (64, HMAC_SHA1 (Kcn, (care-of address | nonce | 1)))
- Kcn je interní klíč odpovídajícího uzlu
- Mobilní uzel pak spojí oba keygen tokeny a vytvoří vlastní klíč:
 $K_{bm} = \text{SHA1}(\text{home keygen token} \mid \text{care-of keygen token})$
- Klíč pro odpojení (zrušené existující vazby) je:
 $K_{bm} = \text{SHA1}(\text{home keygen token})$

Autorizace vazby

- Mobilní uzel zašle Binding Update (BU) zprávu:
 - care-of adresa jako zdrojová
 - adresa odpovídajícího uzlu jako cílová
 - Parametry:
 - * Domovská adresa
 - * Pořadové číslo (BU) zprávy
 - * home nonce index
 - * care-of nonce index
 - * HMAC_SHA1 (Kbm, (care-of address | CN address | BU))
- Odpovídající uzel si spočte Kbm (z nonce indexů) a ověří platnost vazby; tu následně zanesse do své vyrovnávací paměti

Binding Acknowledgment (BA)

- Zasílá odpovídající uzel
- Není povinné
- Používá se pro indikaci chyby (např. po rebootu)
- Struktura:
 - Zdrojová a cílová adresa je zřejmá
 - HMAC_SHA1 (Kbm, (care-of address | CN address | BA))

Činnost domovského agenta

- Udržuje vazebnou cache a seznam domovských agentů
- Zpracovává vazby
 - Primární care-of adresa
 - Změna (přeregistrace) care-of adresy
 - Smazání care-of adresy
- Zpracování paketů
- Podpora nalezení adresy domovského agenta
- Rekonfigurace (změna prefixu) domovské sítě

Domovský uzel – zpracování paketů

- Zachytávání paketů pro mobilní uzly
 - Neighbor advertisement jménem mobilního uzlu
- Zpracování zachycených paketů
 - Tunelování paketů na care-of adresu
 - Nepřeposílá pakety pro link-local adresu mobilního uzlu
 - Pouze multicastové pakety s globálním rozsahem jsou přeposílány
- Podpora zápisu do multicastových skupin
- DHCPv6 pro mobilní uzly
- Přeposílání paketů z mobilních uzlů (obrácený tunel)
- Ochrana Return Routability paketů