Protokol IPv6, část 2

Obsah přednášky

Průzkum okolí
- Objevování sousedů
- Detekce dosažitelnosti
- Objevování směrovačů
- Autokonfigurace

Podpora mobility
- Domácí agent
- Komunikace přes domácího agenta
- Optimalizace cesty

Závěrečné poznámky

Průzkum okolí

- angl. Neighborhood discovery (ND)
- RFC 2461
- Překlady mezi L2 a L3 adresami, autokonfigurace, apod.
- Ekvivalenty službám ARP, RARP, DHCP v IPv4.
- Složky ND
  - Zjišťování L2 adres uzlů v lokální síti a udržování překladových tabulek
  - Kontrola dosažitelnosti sousedů.
  - Detekce duplicitních adres.
  - Hledání směrovačů.
  - Autokonfigurace – stavová a bezstavová

Typu ICMP paketů pro ND

- Neighbor solicitation (NS – výzva sousedovi)
- Neighbor advertisment (NA – ohlášení souseda)
- Router solicitation (RS – výzva směrovači)
- Router advertisment (RA – ohlášení směrovače)
- Redirect (přesměrování)
  - V případě, že směrovač zná kraší cestu než přes sebe.
  - Podobné přesměrování v IPv4.

Hledání linkových adres z IPv6 adres (ND)

- Řešeno pomocí vysílání do multicastové skupiny.
  - Vyčleněn prefix `FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104`.
  - Multicastová skupina pro danou IPv6 adresu: prefix + posledních 24 b z IPv6 adresy.

Příklad

`FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104 +`
`28BC:FA3D:21:AA37:1:66FE:9AA4:D678 =`
`FF02:0:0:0:0:1:FFA4:D678`

Hledání linkových adres z IPv6 adres (ND)

- Řešeno pomocí vysílání do multicastové skupiny.
  - Vyčleněn prefix `FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104`.
  - Multicastová skupina pro danou IPv6 adresu: prefix + posledních 24 b z IPv6 adresy.
  - Každý uzel musí poslouchat v multicastové skupině (skupinách) odpovídající jeho IPv6 adrese (adresám).
  - 24 bitů z IPv6 adresy zaručuje, že v dané skupině bude poslouchat velmi málo (typicky 0 nebo 1) uzel.

- ~~Hledající zkonstruuje adresu skupiny z prefixu a~~ IPv6 adresy a do ní pošle neighborhood solicitation.
  - Obsahuje hledanou adresu.
  - Vysílající připojí svoji L2 adresu.
- Naslouchající s hledanou IPv6 adresou reaguje pomocí neighbor advertisment.
  - Obsahuje hledané IPv6 a L2 adresy.
  - Možné příznaky:
    - R (Router) . . . odesílatel je směrovač,
    - S (Solicited) . . . ohlášení je vyžádanou reakcí (záznamy je možno aktualizovat bez vyžádání!),
    - O (Override) . . . nová informace má přepsat eventuální staré záznamy (měl by být nastaven u nevyžádaných NA a vyžádaných NA, které nebyly poslány na anycastovou adresu).

Formáty packetů NS a NA

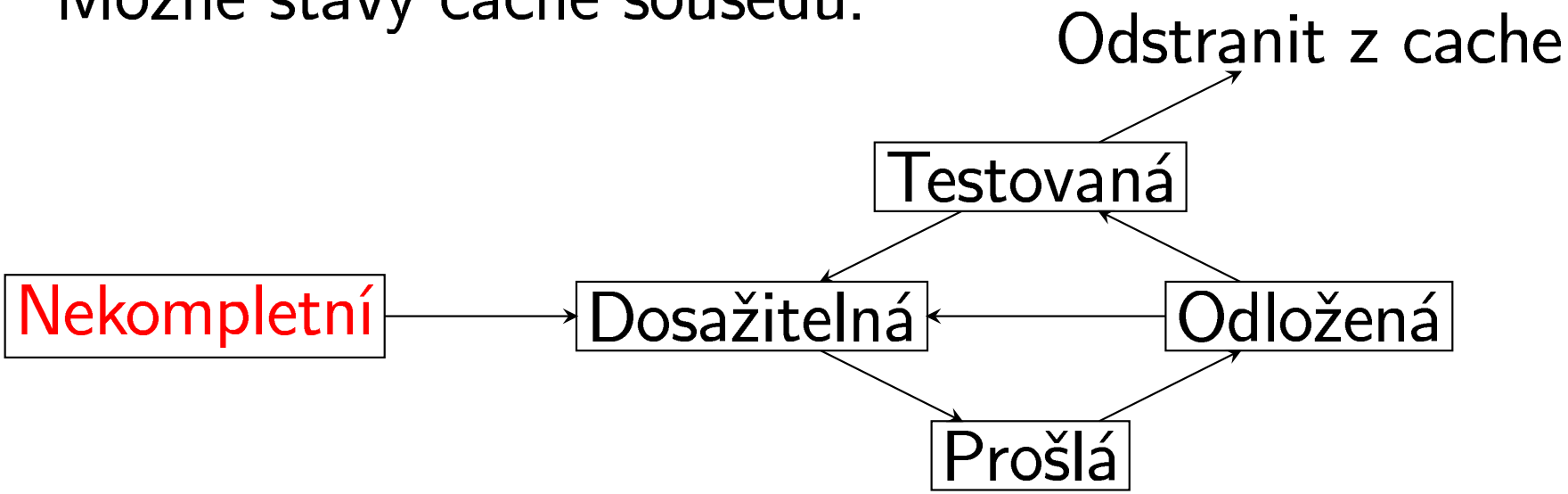
- Neighbor Solicitation
  - IPv6 hlavička
    - Zdrojová adresa: IP adresa odesílajícího rozhraní (ev. nespecifická :: v případě hledání duplicit)
    - Cílová adresa: multicastová nebo unicastová adresa cíle
    - Max. počet hopů: 255
    - Priorita: 15
  - ICMP hlavička
    - Type: 135
    - Code: 0
    - Zdrojová L2 adresa odesílatele, je-li známa (pokud existuje, tak povinně v multicastových a doporučeně v unicastových zprávách)

Neighbor Advertisment

- IPv6 hlavička
  - Zdrojová adresa: IP adresa odesílajícího rozhraní
  - Cílová adresa: jedna z následujících možností
    a) adresa uzlu, který zaslal NS zprávu
    b) mutlicastová adresa všech lokálních uzlů pro nespecifickou původní zdrojovou adresu a pro nevyžádané NA
  - Max. počet hopů: 255
  - Priorita: 15
- ICMP hlavička
  - Type: 136
  - Code: 0
  - Příznaky: R, S, O.
  - "Cílová adresa": u vyžádanách NA je to zdroj NS, u nevyžádaných adresa uzlu, jehož L2 adresa se změnila (nikdy ne multicastová adresa!)
  - Volby: pokud má uzel přidělenou L2 adresu, musí být zahrnuta

Detekce dosažitelnosti

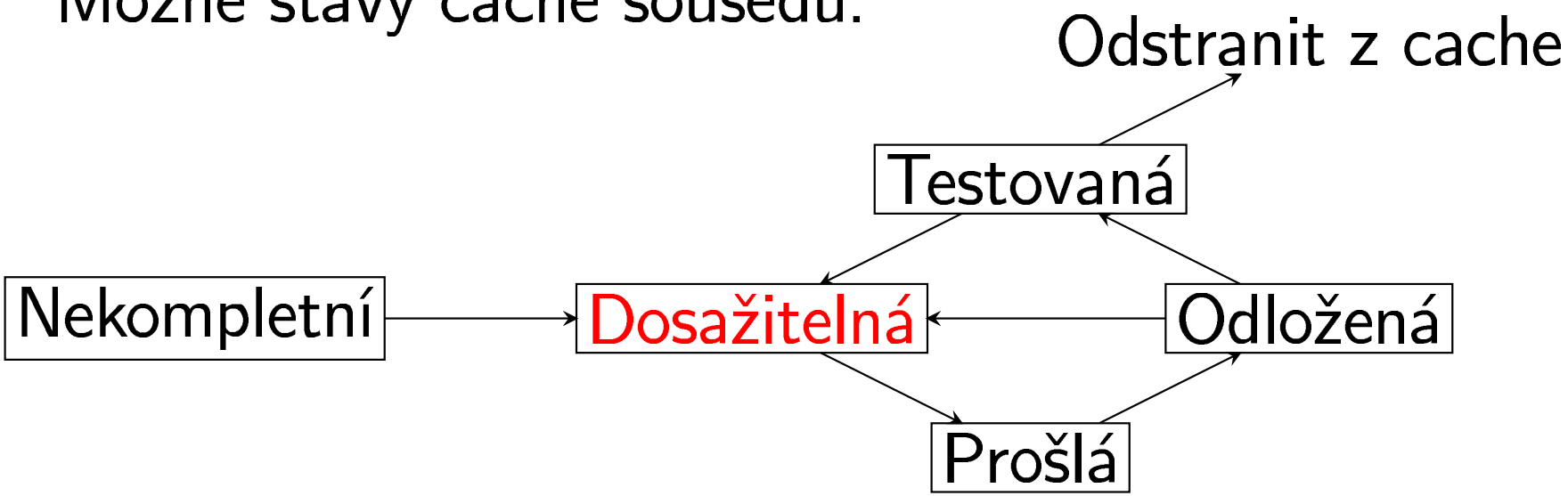
Možné stavy cache sousedů:



L2 adresa není známa. Spouští se proces hledání L2 adresy. Odesílání NS probíhá multicastem.

Detekce dosažitelnosti

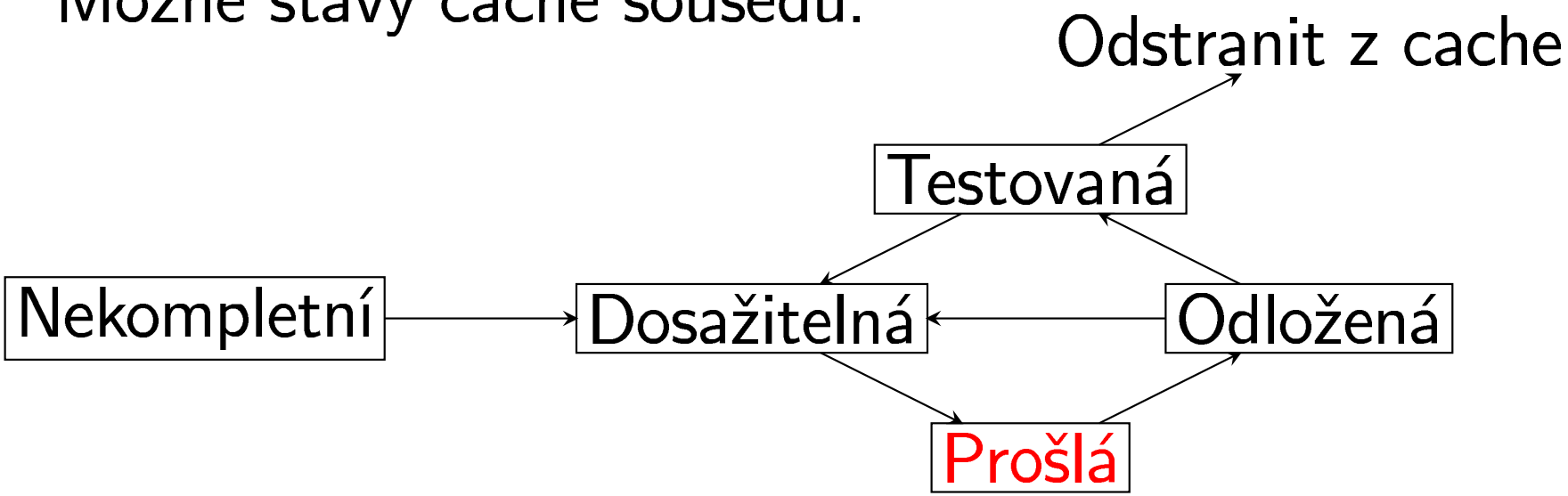
Možné stavy cache sousedů:



Soused žije, „normální“ stav, t.j. záznam v cache není expirovaný.

Detekce dosažitelnosti

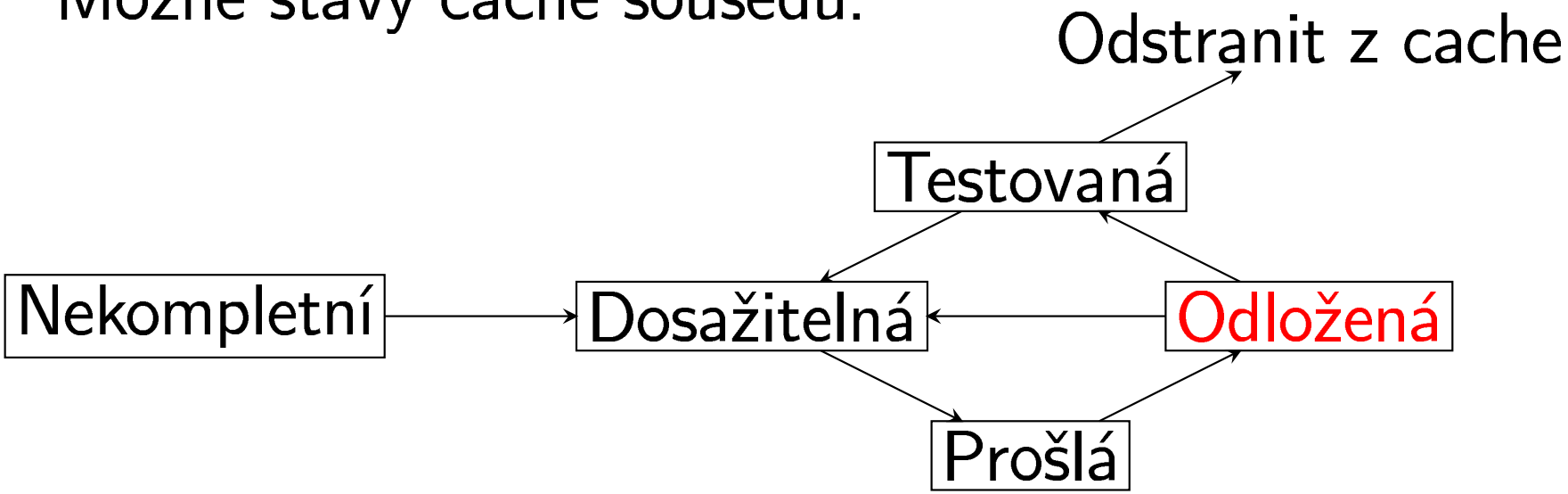
Možné stavy cache sousedů:



Vypršela expirační doba záznamu v cache.
Pokud se se sousedem nekomunikuje, nic se neděje.

Detekce dosažitelnosti

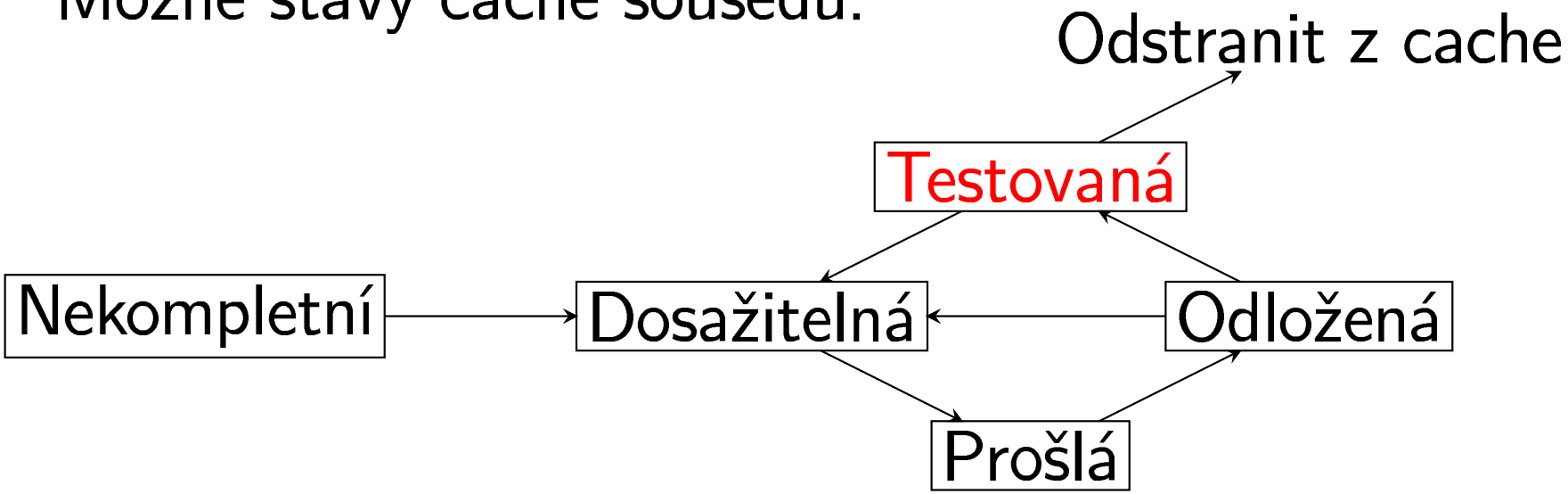
Možné stavy cache sousedů:



Čeká se na potvrzení živosti vyšší komunikující vrstvou (např. TCP). Pokud není potvrzeno, přejde se na proaktivní testování.

Detekce dosažitelnosti

Možné stavy cache sousedů:



Proaktivní testování dosažitelnosti pomocí NS odesílaných unicastem. Po neúspěšných opakováních je záznam vyřazen z cache.

Inverzní objevování sousedů

- angl. Inverse Neighbor Discovery (IND)
- V situaci, kdy je známa L2 adresa a není známa IPv6 adresa.
- Na výzvu (solicitation) reaguje uzel oznámením (advertisment), který obsahuje jednu či více jeho IPv6 adres.
- Zasíláno unicastem.

Objevování směrovačů

- Založeno na výzvách a oznamech směrovačů (RS a RA)
  - Základní pilíř bezstavové autokonfigurace.
- Výzva směrovači (RS)
  - Směrovače odpovídají oznamem (RA)
  - Ignorováno normálními uzly (ne-směrovači)
  - Podmínky přijetí směrovačem:
    - Maximální počet hopů $= 255$
    - Korektní autentizace (má-li AH) a kontrolní součet
    - ICMP má délku ≥ 8 a ICMP kód $= 0$
    - Použité volby mají nenulovou délku

- Struktura výzvy RS
  - Pole IPv6 hlavičky
    - Max. počet skoků je 255
    - Priorita je 15
    - Zdrojová adresa je buď unicastová nebo nespecifikovaná adresa
    - Cílová adresa je zpravidla multicastová adresa směrovačů
  - Pole ICMP hlavičky
    - Type 133
    - Code 0
    - Může obsahovat adresu odesílatele, je-li známa

- Oznam směrovače (RA)
  - Posílány v náhodných intervalech každým směrovačem do přímo připojených sítí nebo jako reakce na výzvu směrovači (RS).
  - Obsahuje specifické informace o směrovači, zejména
    - MTU,
    - prefixy,
    - L2 adresa rozhraní.
  - V případě, že se jedná o reakci na RS, RA obsahuje veškerou volitelnou informaci (zejména všechny validní prefixy).
  - Uzly si tyto informace cachují.

- Struktura oznamu RA
  - Pole IPv6 hlavičky
    - Max. počet hopů je 255
    - Priorita 15
    - Volitelně obsahuje také L2 adresu odesílajícího rozhraní.
    - Cílová adresa je buď multicast nebo unicast (podle toho, jestli se jedná o reakci na RS).

- Struktura oznamu RA (pokračování)
  - Pole ICMP hlavičky
    - Type 134
    - Code 0
    - Příznaky
      M . . . Managed address configuration (použití stavové konfigurace pro IP adresu)
      O . . . Other stateful configuration (použití stavové konfigurace pro ostatní parametry)
  - Router lifetime . . . udává, jak dlouho je ještě ochoten směrovač fungovat jako implicitní v sekundách, jinak 0.
  - Trvání dosažitelnosti a interval opakování.
  - Další volitelné informace důležité pro autokonfiguraci budou diskutovány dále.

Autokonfigurace

- Dva typy
  - Stavová (DHCPv6, podobné DHCP pro IPv4)
  - Bezstavová (RFC 1971, nemá ekvivalent v IPv4)
    - Kombinuje lokálně dostupnou informaci s informacemi propagovanými směrovači. Směrovač oznamuje v RA reagujících na RS všechny prefixy dostupné v dané síti, které jsou spojeny s lokálně generovanou adresou (např. MAC nebo její jedinečný hash).
- Vzájemně se mohou doplňovat
  - Získání IPv6 adresy bezstavovou autokonfigurací, ostatní parametry stavovou.

Bezstavová autokonfigurace

- Informace v RA důležité pro autokonfiguraci
  - Směrovač poskytne informaci o tom, jestli je ochoten fungovat jako implicitní.
  - Seznam prefixů.
  - U každého prefixu je uvedena jeho délka, doba platnosti a doba preferování (`0xffffffff` znamená nekonečnou trvanlivost).

Životní cyklus prefixu

Preferovaný → Odmítaný (deprecated) → Neplatný

- Adresa je ve stavu předběžná (tentative)
- Provede se detekce duplicitních adres
  - mandatorní, přístup „důvěřuj ale prověřuj“
  - použije se NS s nespecifickou zdrojovou adresou (::) pro cílovou adresu, kterou chci použít
  - pokud dostanu NA, nesmím adresu rozhraní přiřadit
  - není 100% spolehlivé (např. při přerušení spoje po vyslání NS)
- Pokud vše prošlo, adresa se nastaví jako platná.

Podpora mobility

- IETF draft "Mobility support in IPv6" (Únor 2003)

Problém

Naivní odpojení se a nové zapojení do sítě s sebou nese potenciální změnu IP adresy, což znemožňuje spojitou činnost všech vyšších protokolů.

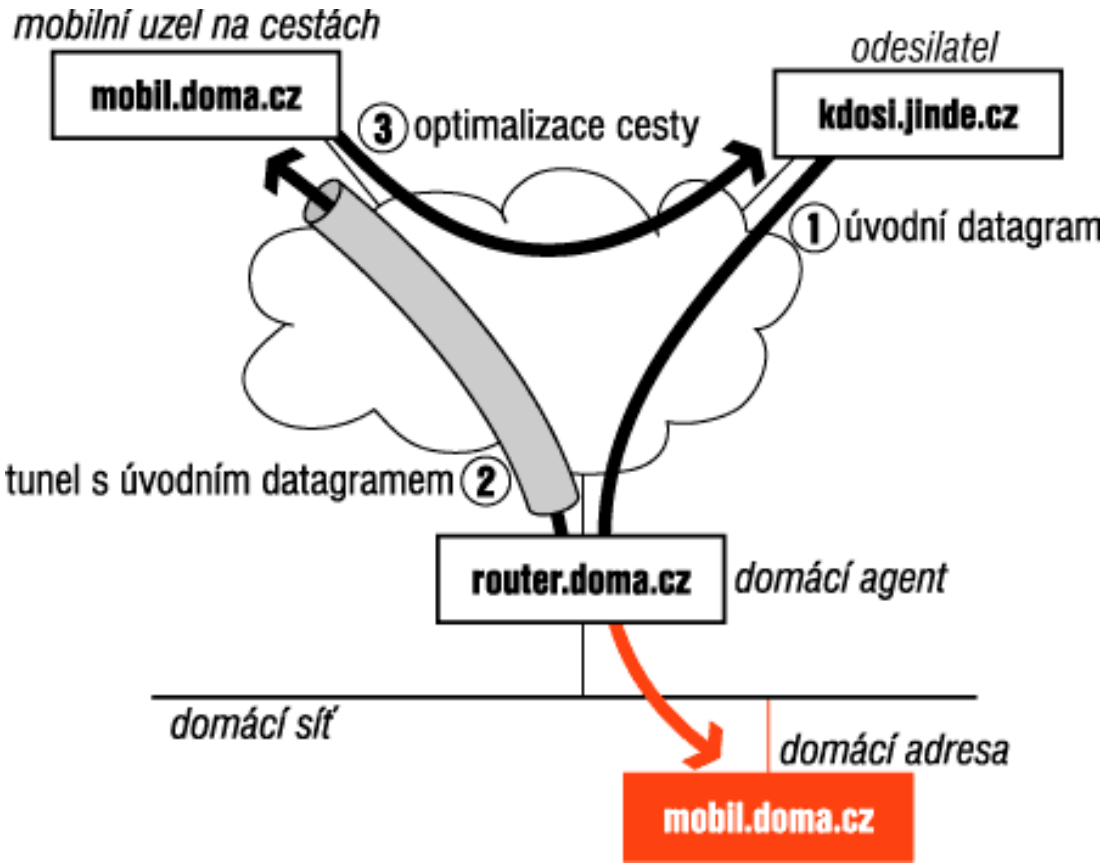
- Princip řešení
  - Stabilní domovská adresa, nezávislá na způsobu připojení
  - Uzel komunikuje prostřednictvím této domovské adresy
  - Změna umístění uzlu transparentní pro vyšší vrstvy

Základní pojmy

- Domovská adresa – odpovídá „domácímu“ (výchozímu) umístění uzlu
- Care-of adresa – konkrétní IPv6 adresa, kterou uzel získá při pohybu
  - Uzel může mít současně více care-of adres
  - Mezi domovskou a každou care-of adresou se musí ustavit vazba (binding)
- Korespondující uzly – spolu komunikující uzly
  - Korespondující uzel se může dozvědět aktuální care-of adresu prostřednictvím odpovídající vazby (correspondent binding procedure)

Přístupy k řešení

- Přes domácího agenta
- Pomocí optimalizace cesty



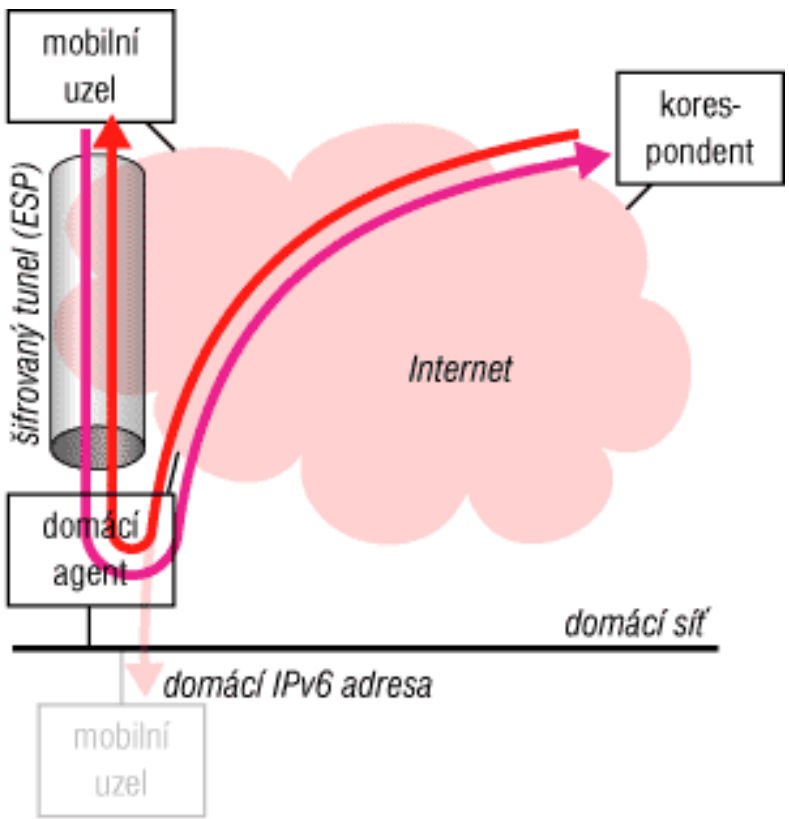
Domácí agent

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

- Zpracování paketů
  - Zachytávání paketů pro mobilní uzly
    - Neighbor Advertisments jménem mobilního uzlu
  - Zpracování zachycených paketů
    - Tunelování paketů na care-of adresu
    - Nepřeposílá pakety pro link-local adresu mobilního uzlu
    - Pouze multicastové adresy s globálním rozsahem přeposílány jsou
  - Podpora přihlášení do multicastových skupin
  - DHCPv6 pro mobilní uzly
  - Přeposílání paketů z mobilních uzlů
  - Ochrana Return routability paketů

Komunikace přes domácího agenta

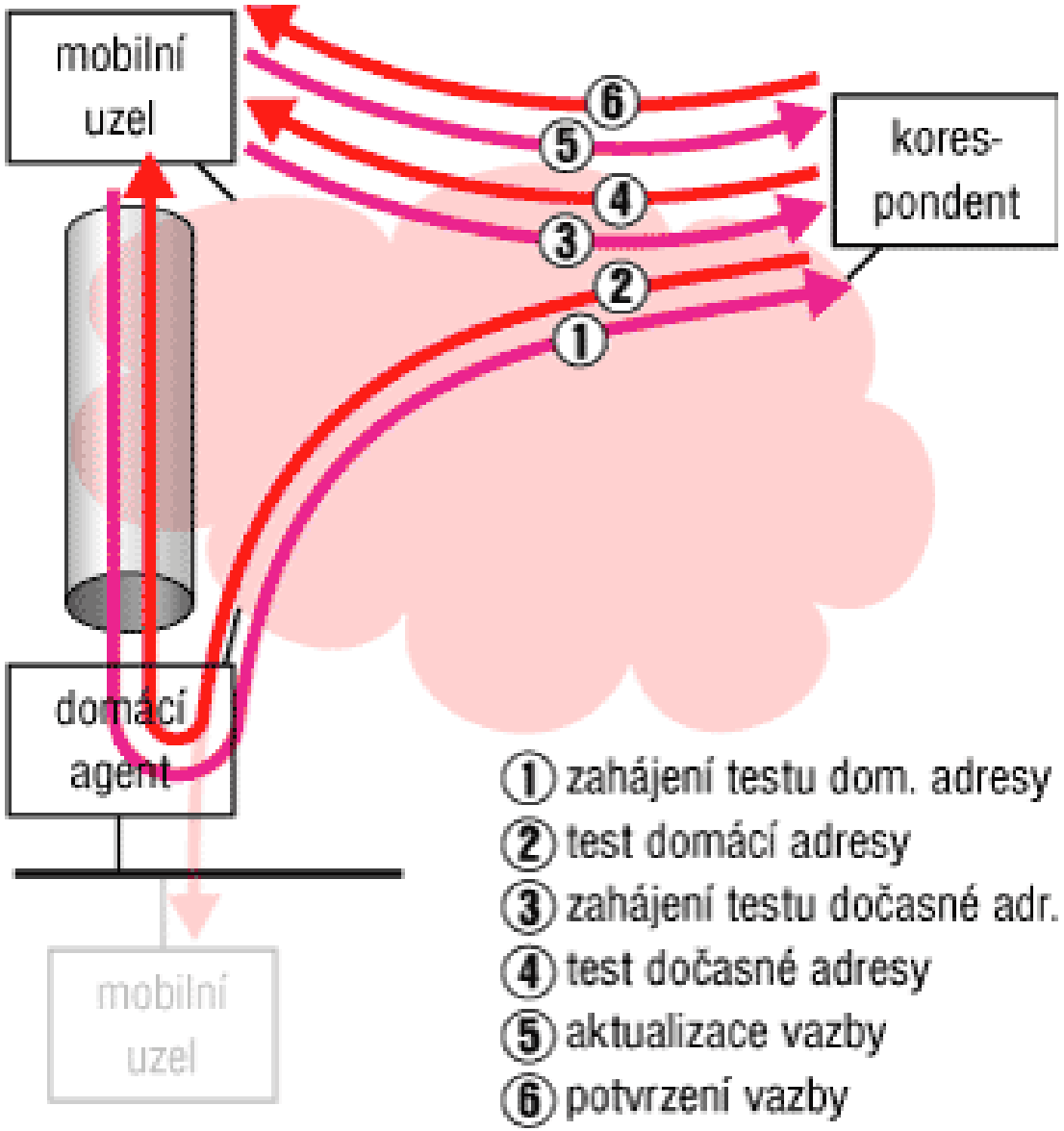
- Používá domovského agenta (směrovač)
- Proxy Neighbor Discovery – zachycení paketů určených pro mobilní uzel
- Oboustranné tunelovaní přes domovský směrovač
- Používá IPv6 zapouzdření a šifrování (ESP) pro přenos dat (tunelování)



Optimalizace cesty

- Korespondující uzly komunikují přímo (po iniciaci tunelem)
- Původní zabezpečení pomocí IPsec (do r. 2000)
  - Problém s neexistencí všepokrývající PKI infrastruktury (korespondent může být kdokoli)
- Return routability procedure (od draftu z r. 2002, nyní RFC 3775)
  - Ověří, že nabídnutá care-of adresa patří deklarovanému uzlu
  - Dvě dvojice zpráv:
    - `Home Test Init` (HoTI, 1) a `Care-of test Init` (CoTI, 3) (výzvy)
    - `Home test` (HoT, 2) a `Care-of test` (CoT, 4) (odpovědi)

Return routability procedure (RRP)



Zabezpečení RRP

- Mobilní uzel (MN) pošle HoTI pro získání home keygen tokenu.
- MN pošle CoTI pro získání care-of keygen tokenu.
- Korespondující uzel vygeneruje tokeny pomocí svého interního klíče `Kcn`
  - home keygen token := `First(64,HMAC_SHA1(Kcn,(home address, nonce, 0)))`
  - care-of keygen token := `First(64,HMAC_SHA1(Kcn,(care-of address, nonce, 1)))`

- Korespondující uzel odešle tokeny a nonce indexy ve zprávách HoT a CoT.
- Mobilní uzel spojí oba keygen tokeny a vytvoří vlastní klíč

  `Kbm := SHA1(home keygen token, care-of keygen token)`
- Kbm se používá pro autentizaci aktualizace vazeb.
- Klíč pro zrušení vazby je

  `Kbm := SHA1(home keygen token)`

Aktualizace vazeb

- Mobilní uzel pošle Binding Update (BU) zprávu
  - care-of adresa jako zdrojová, adresa korespondujícího uzlu jako cílová
  - parametry: domovská adresa, pořadové číslo BU, home nonce index, care-of nonce index, `HMAC_SHA1(Kbm,(care-of address,CN address,BU))`
- Korespondující uzel si spočte `Kbm` s využitím nonce indexů a ověří platnost vazby.
- Pokud projde, aktualizuje cache.

Literatura

- příslušná RFC: 1886, 1887, 1971, 1981, 2373, 2461, 2874, 3775
- Satrapa P., IPv6, Neocortex, Praha, 2002
- Web IPv6, CESNET, `http://www.ipv6.cz/` a server Lupa
  - ...posloužil jako zdroj obrázků (s poděkováním P. Satrapovi!)