

Analýza komunikačního protokolu RFC 2225 – IP a ARP nad ATM

Michal Špondr (xspond00)

29. dubna 2005

Obsah

1	Úvod	2
2	Nastavení podsítě IP	2
3	Formát IP paketu a jeho základní hodnoty pro IP MTU nad ATM	3
3.1	Trvalé virtuální okruhy	3
3.2	Přepínané virtuální okruhy	3
3.3	Vyhledávání cesty pro největší MTU	4
4	Služby pro rozpoznávání LIS adres	4
4.1	Trvalé virtuální okruhy	4
4.2	Přepínané virtuální okruhy	5
4.3	ATMARP server	5
4.4	ATMARP klient	6
4.5	Výběr serveru pro přidělování adres	7
4.6	Formáty ATMARP paketu	7
4.6.1	ATMARP/InATMARP Request a Reply paket	7
4.6.2	Typ a délka, ATM číslo, ATM podadresa	8
4.7	Zapouzdřování ATMARP/InATMARP paketů	8
4.8	Příklad jednotky PDU	9
5	Obecné použití protokolu	9
5.1	Budoucnost ATM	10
6	Příklad komunikace	10

1 Úvod

Tento dokument obsahuje výtah z RFC¹ č. 2225, který popisuje přenos IP datagramů a ARP požadavků v sítích či podsítích s ATM². ATM nabízí náhradu za lokální síť (LAN), lokální páteřní síť (backbones) mezi existujícími LAN, vyhrazené okruhy nebo privátní virtuální okruhy (PVC; virtuální okruhy jsou pevně sestavené administrátorem) založené na frame relay mezi směrovači.

ATM nabízí virtuální okruhy, ať již pevné (PVC) nebo přepínané (SVC). Data na virtuálním okruhu jsou segmentována do 53 jednotek zvaných buňky. Mapovací funkce PDU³ do informačního pole buňky a naopak je prováděna v ATM adaptační vrstvě (ATM Adaptation Layer – AAL). Existuje více typů AAL, my se budeme věnovat typu AAL5. Tento typ specifikuje velikost paketu s maximální velikostí (64K – 1) oktětů uživatelských dat. Poslední buňka indikuje konec PDU.

Tento článek se věnuje náhradou LAN a IP linek spojujících směrovače za „klasický“ IP nad ATM. Charakteristiky klasického modelu jsou:

1. Pro všechny virtuální okruhy v logické podsíti IP (LIS – Logical IP Sub-network) platí stejná velikost maximální přenosové jednotky (MTU – maximum transmission unit)
2. IP pakety jsou obaleny v LLC/SNAP
3. IP adresy jsou převedeny na ATM adresy přes ATMARP v rámci LIS
4. Jedna IP podsíť je používána několika uživateli a směrovači. Každý virtuální okruh spojuje dva IP členy uvnitř stejné LIS.

Vývoj ATM ještě není u konce, očekávají se některé změny související s požadavky po bezpečnosti, směrováním apod.

2 Nastavení podsítě IP

Platí, že každá administrátorská entita v síti si nastavuje své hostitele a směrovače uvnitř LIS; LIS pracuje nezávisle na ostatních LIS ve stejné síti. Počítače mezi sebou komunikují protokolem ATMARP (zjišťování IP adresy v rámci LIS). Platí několik pravidel v konfiguraci LIS:

Všechny prvky LIS mají stejné číslo IP pro síť/podsíť a adresovou masku, jsou připojeny přímo k síti ATM a musí umět získat ATM adresu z IP adresy přes ATMARP (a naopak) při používání SVC. A také obráceně: všechny prvky musí umět převést virtuální okruh na IP adresu skrze InATMARP, když používají PVC. Samozřejmě musí všechny prvky ve stejném umět komunikovat přímo nad ATM.

¹Request for Comments

²Asynchronous Transfer Mode – asynchronní přenosový mód

³Protocol Data Unit – logické uskupení dat pro komunikaci na dané vrstvě komunikačního modelu

Dále musí v každé IP stanici být naimplementován následující seznam specifických parametrů: ATM hardwarová adresa (`atm$ha`) a seznam ATM serverů v LIS (aspoň jeden) (`atm$arp-req-list`), díky tomu je možno získávat IP adresy přes ATMARP.

LIS musí mít jeden služební ATMARP vstup pro všechny jeho prvky. Pokud existuje jen jeden ATMARP server, pak musí být všichni klienti nastaveny tak, aby měli nenulový vstup v `atm$arp-req-list` nastavený na adresu tohoto serveru. Směrovače v LIS by měly podporovat komunikaci mezi různými LIS. Proto v sobě musí udržovat vícero výše zmíněných parametrů (`atm$ha` a `atm$arp-req-list`) pro každou síť.

3 Formát IP paketu a jeho základní hodnoty pro IP MTU nad ATM

Implementace musí podporovat zapouzdření do IEEE 802.2 LLC/SNAP. LLC/SNAP je základním formátem pro IP datagramy.

Zkušenosti ukazují, že je výhodné používat u TCP datagramů velké MTU a co nejvíce omezit fragmentaci IP datagramu. V dnešní době je navíc náročnější režie zpracovávání více paketů než starání se o menší počet paketů, které zabírají více paměti. Proto je IP MTU velké, konkrétně 9180 oktetů.

3.1 Trvalé virtuální okruhy

PVC nepodporují žádný ATM signálový protokol. Proto by takové implementace měly používat základní délku MTU 9180 oktetů, pokud se obě dvě strany nedomluví jinak.

3.2 Přepínané virtuální okruhy

SVC se musí pokusit získat velikost CPCS-SDU⁴ za použití signálového protokolu. Ten používá 2 rozdílné části informačního prvku (Information Element) pojmenované „AAL parametry” k výměně informací v rámci přes sestavený ATM okruh. Pole Forward Maximum CPCS-SDU obsahuje hodnotu cesty volající strany volané straně. Backward Maximum CPCS-SDU obsahuje hodnotu cesty opačným směrem – od volaného k volajícímu. Tyto hodnoty jsou v rozmezí 1–65535 a mohou být obě jiné (cesta k volanému nemusí být stejná jako cesta od volaného). V obou případech by měl odesílatel předat maximální velikost CPCS-SDU jako část SETUP zprávy signálovému protokolu ATM, příjemce pak tuto velikost potvrdí ve zprávě CONNECT.

Pokud volaný obdrží SETUP zprávu s maximální velikostí CPCS-SDU, může udělat následující akce:

⁴Common Protocol Convergence Sublayer – Service Data Unit

1. Může přijmout hodnoty MTU navržené v SETUP zprávě – vloží tedy do odpovědi AAL parametry, Forward a Backward velikosti jsou nastaveny dle odpovídajících hodnot v SETUP zprávě.
2. Přeje si menší velikost MTU – nastaví maximální velikost CPCS-SDU v AAL parametrech na požadovanou hodnotu a pošle zpět CONNECT zprávu s touto hodnotou.
3. Volající obdrží CONNECT zprávu bez pole s AAL parametry, ale odpovídající SETUP zpráva je obsahuje – vyčistí spojení se zprávou, že AAL parametry nemohou být podpořeny.
4. Koncový bod obdrží STATUS zprávu, že informace neexistuje nebo není implementována, popř. že byla odložena přístupová informace, pak vyčistí spojení se zprávou, že AAL parametry nemohou být podpořeny.
5. Koncový bod obdrží CPCS-SDU větší než je sjednaná velikost, pak se použije IP fragmentace nebo se je vyčistí spojení se zprávou, že AAL parametry nemohou být podpořeny. V takové případě se ale vyskytla chyba v koncovém systému nebo v síti ATM.

Pokud koncový bod špatně vyplní Forward a Backward Maximum, volající může vyčistit spojení s tím, že zpráva má neplatný informační prvek.

3.3 Vyhledávání cesty pro největší MTU

Vyhledávání cesty pro největší MTU je standard (RFC 1191 a 1435) sloužící k redukci IP fragmentace. U ATM sítí jde o důležitou vlastnost kvůli rozdílné velikosti MTU oproti Ethernetu či FDDI. Proto musí všechny ATM směrovače tento standard podporovat.

4 Služby pro rozpoznávání LIS adres

Rozpoznávání adres na ATM používá ATMARP a inverzní ATMARP (InATMARP). ATMARP pracuje stejně jako ARP s některými rozšířeními pro unicastové prostředí ATM. InATMARP je obdobné jako InARP. Všechny stanice musí tyto protokoly podporovat. Použití se liší podle toho, zda se používá PVC nebo SVC.

4.1 Trvalé virtuální okruhy

Všechny prvky PVC musí používat InATMARP s LLC/SNAP zapouzdřováním. Příjemce by měl zjistit virtuální okruh z okruhů, z kterých obdržel

InATMARP_Request (požadavek) nebo InATMARP_Reply (odpověď). Pokud je zdroj či cíl neznámý, délky adresy je nastavena na 0.

4.2 Přepínané virtuální okruhy

SVC potřebuje ke svému běhu ATMARP. Uvnitř okruhu běží autoritativní server, k němuž se přes LLC/SNAP připojují klienti a zasílají mu žádosti. Server z každého ATMARP_Request paketu zjistí protokol a hardwarovou adresu zdroje a tuto informaci uloží do cache (tabulky), toho pak využívá při generování odpovědí. InATMARP_Request paket obsahuje ATM číslo zdroje, ATM číslo cíle, port zdroje.

4.3 ATMARP server

Server přijme ATMARP_Request, zjistí zdrojovou a cílovou adresu a poznačí si do tabulky, z kterého virtuálního okruhu požadavek došel. Poté:

1. Jestliže je zdrojový IP protokol shodný s cílovým IP protokolem a existuje o něm záznam v tabulce a jestliže ATM hardwarová adresa zdroje neodpovídá záznamu v tabulce a přitom je otevřen okruh pro tento záznam, který není stejný s okruhem, po kterém přišel ATMARP_Request, server musí vložit informaci o existujícím záznamu v tabulce v ATMARP_Reply a dát vědět řízení serveru, že byla detekována dvojí IP adresa. S tabulkou záznamů se nic nic neděje.
2. Jinak pokud se shoduje zdrojový IP protokol s cílovým, ale není záznam v tabulce pro tuto IP adresu nebo záznam existuje, ale není s ním asociován žádný virtuální okruh, nebo pokud je okruh asociovaný se záznamem shodný s okruhem ATM_Requestu, pak musí server buď vytvořit nový záznam nebo aktualizovat ten starý a vrátit informaci o záznamu v tabulce v ATMARP_Reply.
3. Jinak pokud se zdrojový IP protokol s cílovým neshoduje, ATMARP server vygeneruje odpovídající ATMARP_Reply, pokud má záznam o cílovém počítači ve své ATMARP tabulce. Pokud ne, tak vygeneruje negativní odpověď (ATMARP_NAK).
4. I pokud zdrojový IP protokol neodpovídá cílovému a server obdrží ATMARP_Request, kde zdrojová ani cílová adresa není nalezena v tabulce, musí server uložit záznam o zdrojovém počítači.
5. Pokud zdrojový IP protokol neodpovídá cílovému, ale v tabulce záznamů již je IP a ATM adresa zdroje a ATM adresa je asociována s virtuálním okruhem, server musí obnovit záznam o vypršení časového limitu pro zdrojový počítač, ten musí být nejméně 10 minut od poslední aktualizace.
6. Dodatečně – pokud zdrojový IP protokol neodpovídá cílovému a kde IP a ATM adresa zdroje nejsou v ATMARP tabulce, server nemusí aktualizovat záznam v tabulce.

Server musí vědět o všech otevřených okruzích a mít v tabulce jejich záznam, dále který okruh podporuje zapouzdření do LLC/SNAP. Záznamy v tabulce jsou platné po dobu 20 minut. Pokud záznam není během této doby aktualizován klientem, je vymazán z tabulky bez ohledu na to, jestli je s ním asociován nějaký virtuální okruh.

4.4 ATMARP klient

Klient se připojuje k serveru, vytváří a udržuje záznam o svém spojení. Také získává informace o ostatních členech LIS. Klient musí být asociován s nějakou ATM adresou. Tu registruje u serveru strukturou ATM adresy odpovídající jeho připojení, tzn. LIS na ATM Forum UNI 3.1 má strukturu 1, LIS na E.164 má strukturu 2, LIS založený na kombinaci veřejných a lokálních ATM sítí má strukturu 3. V případě, že má klient více IP adres v daném LIS, musí registrovat každou takovou adresu.

Registrace a následné obnovování záznamů přes ATMARP klient musí:

1. Uzavřít LLC/SNAP spojení se serverem. Pokud obnovuje informaci o sobě, pak může využít již existujícího spojení.
2. Po ustanovení spojení musí klient přenést `ATMARP_Request` paket, kde se z cílové ATM adresy snaží zjistit IP adresu. Klient zkontroluje `ATMARP_Reply` a pokud souhlasí hardwarová a protokolová adresa zdroje s cílovou, je klient registrován. Tento krok se opakuje pro každou IP adresu.
3. Klienti musí odpovídat na každý `ATMARP_Request` a `ATMARP_Reply` paket.
4. Generovat a přenášet pakety se žádostí o rozlišení adresy. Odpovídat na pakety ze serveru pro uchování záznamu v ATMARP tabulce.
5. Generovat a přenášet `InATMARP_Request` pakety a posílat zpět `InATMARP_Reply` pakety. `InATMARP` pakety slouží k udržování záznamů v ATMARP tabulce. Pokud má daný počítač více IP adres, musí generovat pro každou adresu zvláštní `InATMARP_Reply` paket.

Klient musí vědět o každém svém otevřeném virtuálním okruhu, jejich asociaci se záznamem v tabulce a který virtuální okruh podporuje LLC/SNAP zapouzdřování.

Údaje v ATMARP tabulce na serveru musí být obnovovány do 15 minut. Pokud je starší, musí klient záznam zneplatnit. Pokud je záznam zneplatněn a zároveň je otevřen příslušný virtuální okruh, klient musí upravit předchozí záznam. U PVC probíhá upravování `InATMARP_Request` paketem a následnou aktualizací `InATMARP_Reply` paketem. V případě SVC se upravování záznamu dělá dotazem na rozpoznání adresy. Pokud je obdržena platná odpověď, je záznam obnoven. Pokud není možno zjistit informaci o počítači, SVC je uzavřen a záznam v tabulce vymazán. Pokud nefunguje přidělování adres a SVC je zapouzdřen

v LLC/SNAP, pak musí klient obnovit záznam přenosem InATMARP_Request paketu; pokud i toto selže, pak je záznam o spojení z tabulky vymazán a okruh uzavřen (to platí obecně: při uzavírání okruhu se vždy vymaže záznam o něm z tabulky).

4.5 Výběr serveru pro přidělování adres

V případě PVC je seznam ATM serverů prázdný, klient se nemusí o nic starat kromě zaslání InATMARP dotazů, že je PVC platný.

V případě SVC musí mít klient neprázdný seznam atm\$arp-req-list serverů, které poskytují služby pro LIS. Klient musí být registrován na některém ze serverů ze svého atm\$arp-req-list seznamu. Výběr serverů ze seznamu je implementační záležitost, stejně jako počet pokusů o opětovnou registraci či časové limity.

V případě PVC a SVC v jednom LIS může mít klient PVC k serveru. Pak se chová jakoby šlo o SVC.

4.6 Formáty ATMARP paketu

4.6.1 ATMARP/InATMARP Request a Reply paket

Je podobný obyčejnému ARP/InARP paketu s několika rozšířeními.

0	8	16	31
ar\$hrd = 0x13		ar\$pro = 0x0800	
ar\$shtl	ar\$sstl	ar\$op	
ar\$spln	ar\$thtl	ar\$stsl	ar\$tpln
ar\$sha	ar\$ssa	ar\$spa	ar\$tha
ar\$tsa	ar\$tpa		

Nepopsané hodnoty mají vždy v tabulce vyznačenou hodnotu.

ar\$shtl – typ a délka (TL – type & length) ATM adresy zdroje

ar\$sstl – typ a délka (TL) ATM podadresy zdroje

ar\$op – operační kód:

ATMARP_Request = 0x1

ATMARP_Reply = 0x2

InATMARP_Request = 0x8

InATMARP_Reply = 0x9

ATMARP_NAK = 0xA

ar\$spln – délka adresy zdrojového protokolu. Pro IPv4 je 4

ar\$thtl – typ a délka (TL) ATM adresy cíle

ar\$stsl – typ a délka (TL) ATM podadresy cíle

ar\$tpln – délka adresy cílového protokolu. Pro IPv4 je 4

ar\$sha – ATM číslo zdroje

ar\$ssa – ATM podadresa zdroje

ar\$spa – protokolová adresa zdroje

ar\$tha – ATM číslo cíle

ar\$tsa – ATM podadresa cíle

$ar\$tpa$ – protokolová adresa cíle

V případě, že klient obdrží zprávu s nepodporovaným $ar\$op$ kódem, musí zprávu zahodit a pokračovat normálně dál. Neměl by posílat zpět oznámení, že dostal nepodporovanou zprávu.

4.6.2 Typ a délka, ATM číslo, ATM podadresa

TL pole

8	7	6	5	4	3	2	1
0	1/0	oktet délky adresy					

8. bit – rezervován

7. bit – typ, 0 – formát ATM Forum NSAPA, 1 – formát E.164

6.-1.bit – délka, 6. bit je MSB⁵

ATM adresa obsahuje číslo volajícího účastníka a podadresu volajícího účastníka; tyto se mapují do ATM adresy/podadresy. ATM Forum definuje 3 struktury čísel a podadres:

	ATM číslo	ATM podadresa
Struktura 1	ATM Forum NSAPA	žádná
Struktura 2	E.164	žádná
Struktura 3	E.164	ATM Forum NSAPA

ATMARP požadavky a odpovědi pro struktury 1 a 2 nastavují délku podadresy na nulu ($ar\$s(t)stl.length = 0$). Tyto délky jsou nastavovány na nulu i v případě, že je obdržena nulová nebo neznámá ATM adresa.

ATMARP_NAK paket je stejný jako ATMARP_Request paket. Pakety mohou mít různou velikost, např. když je neznámá nebo nulová protokolová adresa, pak v paketu nesmí být alokováno místo pro odpovídající adresu. Kvůli zpětné kompatibilitě se pro prádnou protokolovou adresu používá adresa 0.0.0.0.

4.7 Zapouzdřování ATMARP/InATMARP paketů

Pakety jsou zapouzdřovány přes LLC/SNAP.

LLC 0xAA-AA-03	= hlavička LLC/SNAP
OUI 0x00-00-00	
EtherType 0x08-06	
ATMARP/InATMARP paket	

LLC hodnota říká, že rámec obsahuje SNAP hlavičku. OUI hodnota říká, že následující 2 byty jsou EtherType. EtherType indikuje ARP.

⁵most significant bit

4.8 Příklad jednotky PDU

0	8	16	31
0x13		0x0800	
0x14	0x00	0x0001	
0x04	0x14	0x14	0x04
0x654AB4BA 0xE65E4F4F 0xFF4F6EC5 0x1430CC1C 0x9800E41A			
0x93E5B013			
0x93E50A0E			

Uvedený paket je ATMARP_Request vyslaný z fiktivní ATM sítě z počítače s ATM adresou 0x654AB4BAE65E4F4FFF4F6EC51430CC1C9800E41A nad sítí IP verze 4. Délka adresy je 0x14 = 20 bytů, přičemž neexistuje podadresa. Hodnota 0x0001 udává, že se jedná o request paket. Po ATM adrese je schématicky mezi dvěma čarami znázorněno volné místo dlouhé 4 byty – tam by přišlo číslo podadresy, to však neexistuje a tudíž pro něj ani není alokováno místo. Následuje zdrojová IP adresa 0x93E5B013, následovaná dvěma 20-bytovými alokovanými místy, kam ATMARP server vloží adresu cíle a podadresu cíle. Na posledních 4 bytech je IPv adresa cíle 0x93E50A0E.

5 Obecné použití protokolu

ATM je využíváno v mnoha telefonních společnostech, DSL sítě využívají též ATM protokol; DSL a kabelové modemy využívají často PPPoA (Point to Point Protocol over ATM). Jako náhrada za LAN se ATM bohužel neuchytil díky své komplexitě a náročnosti. Mnoho nápadů z ATM bylo využito v MLPS⁶.

ATM pokrývá fyzickou vrstvu, linkovou vrstvu a síťovou vrstvu klasického sedmivrstvého OSI modelu, nelze ji zařadit jen do jedné z nich. Mluví se i o tzv. třírozměrném vrstevném modelu, viz [3].

Protože ATM a ARP nad IP je záležitostí síťové, linkové a fyzické vrstvy, neexis-

⁶Multiprotocol Data Switching

tují nějaké aplikace či programy, které by tohoto nějak tohoto využívaly (kromě aplikací na nastavení sítě), o to se stará jádro operačního systému, respektive moduly do něj. Pro Linux je to například projekt *ATM on Linux* (<http://linux-atm.sourceforge.net>).

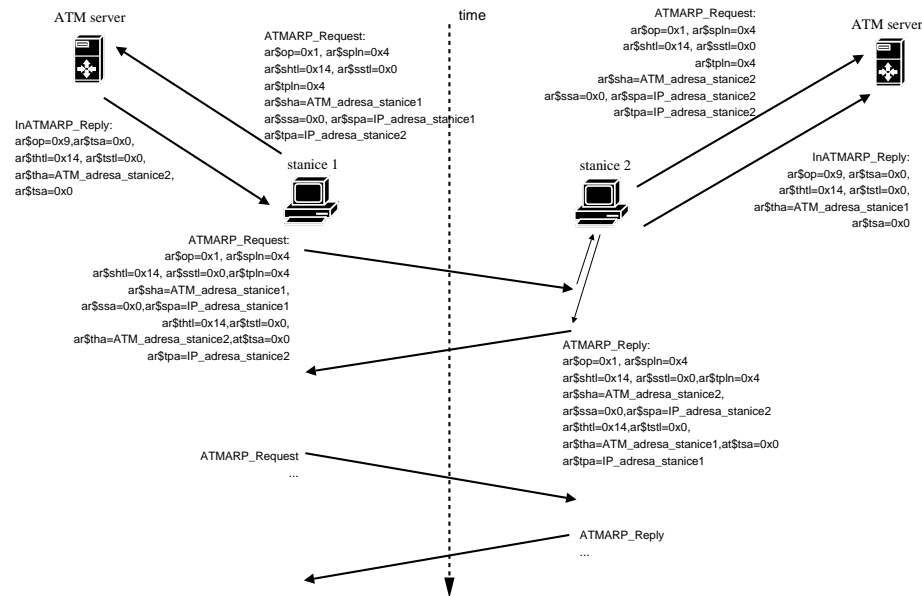
5.1 Budoucnost ATM

ATM sítě nemají implementovanu podporu multicastu a broadcastu, dále nejsou známy všechny bezpečnostní aspekty používání ATM sítí. Vše ukáže vývoj a potřeby uživatelů. Otevřenou otázkou je automatická konfigurace klienta přes DHCP nebo ILMI (Interim Local Management Interface), dále to, že ATMARP pakety nejsou autentifikovány.

Probíhá výzkum, který by měl vést k přenosu streamů videa a hudby přes ATM, protože ATM vrstva garantuje kvalitu služeb.

6 Příklad komunikace

Na následujícím příkladu je ukázáno, jak začíná komunikace mezi dvěma stanicemi ve stejné LIS. Stanice 1 požádá ATM server o zjištění ATM adresy stanice 2, ten tuto adresu pošle zpět. Stanice 1 pak pošle paket stanici 2, která si opět ověří, od koho vlastně zpráva je, ze svého ATM serveru. Pak již probíhá komunikace bez kontaktování ATM serverů.



Obrázek 1: Příklad začátku komunikace

Reference

- [1] Dostálek L., Kabelová A.: *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*, 3, Praha 4, Computer Press, 2002
- [2] *Asynchronous Transfer Mode*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode (20. března 2005)
- [3] *Vrstvový model ATM*, <http://www.earchiv.cz/a97/a738k150.php3>
(25. dubna 2005)