

## МЕРЕЊА У МРЕЖАМА БАЗИРАНИМ НА АТМ ТЕХНОЛОГИЈИ

Никола Лазић, *Технички факултет у Чачку*  
Милић Ђекић, *Технички факултет у Чачку*

**Садржај** – Циљ овог рада је представљање најважнијих тест и мерних принципа који се користе при инсталацији, одржавању и проналажењу проблема у функционисању АТМ мрежних уређаја.

### 1. УВОД

Осамдесетих година прошлог века јавила се идеја о формирању јединствене мреже за пренос гласа и података. Дакле, настала је *ISDN мрежа* (Integrated Services Data Network) и она је користила постојеће телефонске системе. Успех таквих мрежа је био велики, али половином деведесетих година долази до потребе за већим битским брзинама при преносу података. ISDN технологија није могла задовољити такве захтеве јер је крајњем кориснику пружала битску брзину од само 128 kb/s. Према томе, јавила се потреба за *широкопојасним мрежама интегрисаних сервиса* или *B-ISDN мрежама* (Broadband ISDN). АТМ (Asynchronous Transfer Mode) је прихваћени метод преноса података у таквим мрежама. Уз помоћ АТМ-а телефонске мреже и мреже података се комбинују у јединствену структуру, али при великим битским брзинама тако да су подржане и старе и евентуалне будуће апликације.

Иако је АТМ само начин преноса података у B-ISDN-у, појмови АТМ и B-ISDN мреже се обично узимају као исти.

АТМ се може користити у свим деловима мреже. За сада, највише се користи у јавном сектору, а остаје да се види колики ће продор имати у приватном, у коме још увек доминирају постојеће LAN технологије (Local Area Networks).

Тест и мерна техника и инструменти имају важну улогу у свим типовима мрежа, па и у области широкопојасних мрежа интегрисаних сервиса. Цена одржавања и функционисања мрежа је, посматрано у дужем временском интервалу, значајно већа од инвестиција потребних за набавку неопходног хардвера и софтвера. Због тога, са добро осмишљеним тест и мерним концептом у спрези са добром администрацијом мреже може се постићи значајна уштеда финансијских средстава.

Уопштено речено, уз помоћ мерних инструмената за било који тип мрежа може се урадити следеће [2]:

1. проверавање да ли мрежа ради према одговарајућим ИТУ-Т спецификацијама (International Telecommunications Union),
2. надгледање квалитета пружених сервиса,
3. олакшавање поступка инсталације нове мрежне опреме,

4. проналажење кварова на линковима и опреми,
5. мерење перформанси при нормалном и вршном оптерећењу,
6. анализа протокола,
7. вештачко генерисање грешака у комуникацији и проверавање понашања система у таквим ситуацијама,
8. олакшавање поступка мрежног планирања и проширивања капацитета,
9. дијагностика, тј. откривање недостатака,
10. проверавање и решавање проблема компатибилности мрежне опреме.

Упркос очигледним предностима које пружа, АТМ технологија није имала велики пробој на телекомуникационом тржишту. Разлози су у постојању конкурентних технологија и високој цени АТМ опреме.

Тест и мерна техника која се примењује за одређену мрежну технологију је увек на истом степену развоја као и сама технологија, што важи и у АТМ случају. Према томе, док АТМ мреже не почну масовно да се користе неће се масовно користити ни АТМ мерни инструменти нити одговарајућа мерна техника. Без обзира на то, "чисти" АТМ мерни инструменти већ одавно постоје (један такав је коришћен за израду рада – *Trend Communications Aurora Forte*), а одговарајуће мерне методе су стандардизоване у релевантним ИТУ-Т спецификацијама.

### 2. ПОДЕЛА МЕРЕЊА

АТМ технологија је, условно речено, нова технологија само за други слој OSI референтног модела (Open System Interchange). Каже се "условно речено" због тога што је АТМ на првом слоју у спрези са постојећим PDH и SDH (Plesiochronous/Synchronous Digital Hierarchy) системима у јавном и нпр., са xDSL (x Digital Subscriber Line) системима у приступном делу мреже. Такође, АТМ је у спрези и са најзаступљенијим протоколом на трећем слоју – IP-om (Internet Protocol). То значи да се мерења у АТМ технологији не могу ефикасно анализирати, а да се при томе не узме у обзир шта је "испод и изнад" другог слоја OSI референтног модела. Због тога су у овом раду мерни принципи разматрани на тај начин, па се основна АТМ мерења деле на:

1. Мерења на првом (физичком) слоју OSI-а: за њих се могу користити постојећи PDH/SDH анализатори са одговарајућим електричним и оптичким интерфејсима или специјални АТМ инструменти. Иако

постоји велики број могућих мерења, овде ће бити речи само о онима за проверавање основних PDH/SDH функционалности.

2. Други слој OSI-а се за потребе ATM-а дели на два дела – *ATM слој* и *AAL слој* (ATM Adaptation Layer):
  - Мерења на ATM слоју: у њих спадају мерење вероватноће појављивања грешке на ATM слоју, мерење QoS-а (Quality of Service) и проверавање OAM (Operation And Maintenance) функционалности.
  - Мерења на AAL слоју: у овом раду ће сва мерења на AAL слоју бити везана за AAL 5 процес мапирања IP пакета у ATM ћелије.
3. Мерења на трећем слоју OSI-а: у раду су ова мерења названа мерења на IP слоју, без обзира што поред њега на трећем слоју OSI-а постоји још велики број других протокола. Разлог за то је у масовном коришћењу IP-а. Иако постоји велики број параметара који се могу мерити, овде ће бити речи о тзв. IP пинг тесту.

Претходно наведена мерења су основна ATM мерења. Поред њих, постоје и друга о којима се може више прочитати у [2].

### 3. МЕРЕЊА НА ФИЗИЧКОМ СЛОЈУ

На тржишту Србије у Црне Горе користи се пренос ATM ћелија преко PDH и SDH система на физичком слоју. Мерне технике на PDH и SDH системима су изузетно комплексне и представљају велику област, па ће се у овом раду говорити само о основним принципима, тј. о проверавању основних функционалности.

Дакле, мерења основних функционалности PDH и SDH система подразумевају проверу постојања аларма на физичком слоју и мерење *вероватноће појављивања грешке* или *BER-а* (Bit Error Rate).

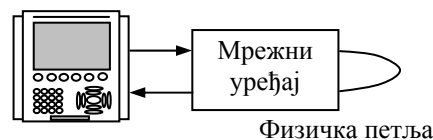
Генерисање аларма је посебна метода на физичком слоју којом се указује на постојање неког дефекта (губитак напајања, губитак синхронизације, појава грешака *overhead-а* итд.). Листа могућих аларма у PDH системима је велика, а у SDH системима још већа. Поступак провере аларма је у инструменту потпуно аутоматизован па због тога за ово мерење није потребно давати неке додатне коментаре.

BER тест на физичком слоју подразумева одређивање вредности вероватноће појављивања грешке. Овим мерењем се одређује да ли је квалитет посматраног линка довољно добар за поуздани пренос ATM ћелија. BER тест је веома важан јер појава грешака на физичком слоју утиче на исправан пренос на ATM слоју. Иначе, ATM пренос је веома осетљив на грешке јер је код њега, у циљу што брже комутације ћелија, направљена "уштеда" на функцијама корекције грешака (корекција грешака у

комутаторима захтева извесно време процесирања заглавља ћелије).

Основни метод за одређивање вредности BER-а је слање познатог битског шаблона кроз посматрани линк или мрежни уређај и бројање грешака које се појављују у примљеном сигналу. Уобичајено је да се за битске шаблоне користе *псеудослучајне* или *PRBS секвенце* (Pseudo Random Bit Sequence). PRBS су дигитални токови фиксне дужине којима се симулирају реални дигитални сигнали у устаљеном режиму (са случајном расподелом нула и јединица). Дакле, PRBS секвенца се шаље кроз уређај или линк након чега долази до пријемника мерног инструмента. У инструменту се локално генерише иста секвенца па се врши њено поређење, бит по бит, са примљеном секвенцом. Тако се могу избројати евентуалне грешке и када се њихов број подели са укупним бројем примљених бита може се добити вредност BER-а.

Један од начина за повезивање инструмента при мерењу BER-а приказан је на слици 1:



Сл.1. Мерење вредности BER-а

PDH сигнали се преносе искључиво преко електричних линкова (упредене парице или коаксијални проводници), а SDH сигнали се највише преносе преко оптичких каблова. Електрични линкови су подложни разним интерференцијама, а оптички нису. Због овога, а и због тога што у SDH рамовима постоје индикатори који указују на постојање грешака, мерење BER-а на физичком слоју врши се само у случају ATM преноса преко PDH система. Наравно, SDH BER методе постоје, али оне спадају у специјализована SDH мерења о којима у овом раду неће бити речи.

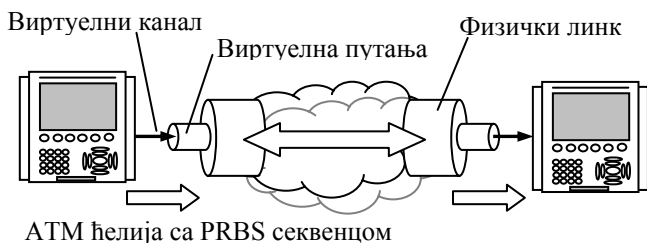
### 4. МЕРЕЊА НА ATM СЛОЈУ

ATM ћелије су основне јединице за пренос на ATM слоју. Састоје се од *заглавља* (5 бајтова) и *корисничког дела* или *payload-а* (48 бајтова), а кроз ATM мрежу се преносе *виртуелним каналима*.

Мерењем вероватноће појављивања грешке на физичком слоју се врши процењивање укупног квалитета дигиталног преноса. Али, да би се одредиле грешке које су "погодиле" кориснички део ћелије на специфичном виртуелном каналу мора се применити посебан тест за мерење *вероватноће појављивања грешке на ATM слоју* или *ATM BER* тест. Таквим мерењем се даје одговор на то у којој мери одређени ћелијски ток добро преноси корисничке податке са виших слојева.

Принцип мерења ATM BER вредности је сличан мерењу BER-а на физичком слоју па се и код њега користе псеудослучајне секвенце. PRBS секвенце се директно мапирају у кориснички део ћелије, а за прихватање таквих секвенци са виших слојева се на AAL слоју користи AAL типа 0.

Један од начина за мерење вредности ATM BER-a је приказан на слици 2. У том примеру мерење се врши уз помоћ два инструмента која су повезана преко ATM мреже, а синхронизовани су и комуницирају на виртуелном каналу за који корисник жели да одреди вредност ATM BER-a. Један инструмент ради као генератор, а други као пријемник ћелија са PRBS секвенцама.



Сл.2. Мерење ATM BER-a са два инструмента

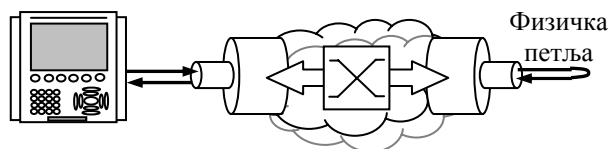
Мерење ATM BER-a је могуће и са једним инструментом и тада он и генерише и прима тест секвенце.

QoS или квалитет сервиса је група параметара и њихових вредности којима су одређене перформансе виртуелног канала преко кога се преноси одређен сервис. Најважнији параметри који описују квалитет сервиса су: CER (Cell Error Ratio), CLR (Cell Loss Ratio), CMR (Cell Misinsertion Ratio), CTD (Cell Transfer Delay) и CDV (Cell Delay Variation).

Мерење квалитета сервиса врши се помоћу O.191 тест ћелија. Оне се састоје од уобичајеног заглавља и поља која се налазе у корисничком делу: SN (Sequence Number), TS (Time Stamp) и CRC (Cyclic Redundancy Check).

На основу SN и CRC поља могуће је регистровати губитке ћелија (CLR), погрешно убачене ћелије (CMR) и ћелије са грешком (CER), а уз помоћ TS поља могуће је одредити кашњење трансфера ћелије (CTD) и варијација CTD-a (CDV).

Један од начина за мерење квалитета сервиса приказан је на слици 3:



Сл.3. Мерење QoS-a са формираном петљом на удаљеном крају

ATM мерни инструмент са претходне слике у директном смеру емитује O.191 тест ћелије које се крећу по дефинисаном виртуелном каналу и при уобичајеној ћелијској брзини за сервис који се преноси преко те конекције. На удаљеном крају мреже постоји физичка петља, тако да се емитоване ћелије враћају по истом виртуелном каналу и примају у истом инструменту. Након тога врши се израчунавање свих QoS параметара о којима је било речи.

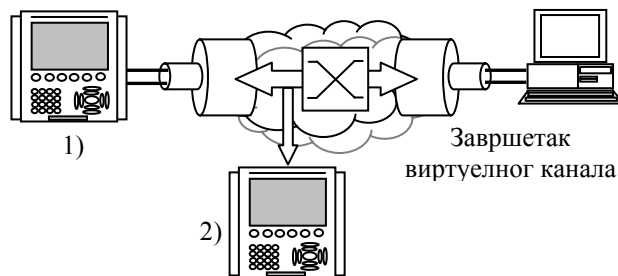
Због лакшег управљања и одржавања ATM мрежа ITU-T је дефинисала специјалне OAM ћелије. Оне се преносе истим токовима као и кориснички подаци. Уз помоћ OAM ћелија реализују се OAM функције, којима се врши следеће:

1. надгледање квалитета специфичних ATM конекција,
2. детекција дефеката и кварова у конекцијама,
3. генерисање аларма и обавештења о постојању кварова и дефеката,
4. локализација кварова у мрежи,
5. конфигурисање мрежних елемената са удаљене локације.

Уз помоћ ATM мерног инструмента могуће је вршити велики број тестова који су везани за OAM функционалности ATM мрежа:

1. емитовање и пријем CC (Continuity Check) OAM ћелија или ћелија за проверу континуитета,
2. убацивање AIS (Alarm Indication Signal) и RDI (Remote Defect Indication) аларма на ATM слоју, чиме се проверава да ли тестирани мрежни уређај исправно реагује на њих,
3. емитовање повратних OAM ћелија у циљу проверавања конекције од краја до краја или на сегменту,
4. емитовање ћелија за активацију и деактивацију PM (Performance Management) и CC OAM функција,
5. надгледање OAM саобраћаја.

OAM мерења су могућа када инструмент емитује и прима OAM ћелије по једном виртуелном каналу и када надгледа конекцију. Оба начина су приказана на слици 4:



Сл.4. OAM мерења: 1) емитовање и примање OAM ћелија по једном виртуелном каналу; 2) надгледање OAM саобраћаја

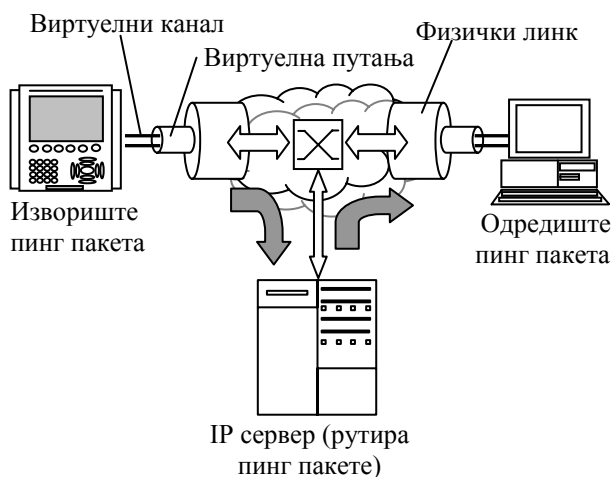
Интересантно је да се ATM мерни инструмент, када емитује и прима ћелије, понаша као прави ATM мрежни елемент јер и генерише и одговара на AIS, CC и повратне OAM ћелије.

## 5. МЕРЕЊА НА IP СЛОЈУ

Пренос IP пакета је веома комплексна област, као и њени принципи мерења. Зато је за овај рад одабрано само једно од могућих мерења – *IP пинг тест*.

Сваки мрежни уређај који функционише у јавној или приватној ATM мрежи поред ATM адресе мора имати и IP адресу. Уз помоћ IP пинг теста може се потврдити да се IP пакети могу исправно пренети преко ATM мреже до неког одредишта, тј. даје се одговор на то да ли је специфични уређај функционалан на трећем OSI слоју. Принцип овог теста је једноставан – мрежни уређај (нпр. ATM мерни инструмент) на једном крају посматраног виртуелног канала емитује пинг поруку. IP пинг порука је специјални пакет (тачније, ICMP порука или Internet Control Message Protocol) који је мапиран у низ ATM ћелија и он се шаље према жељеном уређају на удаљеном крају. Уколико се IP адреса тог уређаја поклапа са адресом одредишта која је наведена у пинг поруци тада ће он (уређај на удаљеном крају) аутоматски послати пинг одговор. Слободно речено, претходно описани поступак се назива "пинговање".

Да би се вршио IP пинг тест, у ATM мерни инструмент мора бити унета IP адреса изворишта (крајња тачка која емитује пинг поруку – у овом случају то је инструмент) и IP адреса одредишта (крајња тачка која одговара или IP серверу или уређају на удаљеном крају). Уколико адреса одредишта одговара серверу, пакети које емитује инструмент ће се преносити преко одређеног канала до сервера и он ће емитовати IP пинг одговор. Уколико адреса одредишта одговара мрежном уређају на удаљеном крају, пинг пакети ће преко сервера бити рутирани до њега. Он ће, опет преко сервера, послати пинг одговор до инструмента, што је и приказано на слици 5:



Сл.5. Мерни инструмент шаље IP пинг пакете према уређају на другом крају виртуелне конекције

## 5. ЗАКЉУЧАК

ATM мерних инструмената на тржишту Србије и Црне Горе нема. Али, потребна ATM и IP мерна техника би се могла добити на веома једноставан начин –

надградњом постојећих PDH/SDH инструмената који служе само за мерења на физичком слоју OSI-a. Таквих инструмената у Србији и Црној Гори има и највише су заступљени модели произвођача *Trend Communications* [9], *Acterna* [10], *Agilent* (бивши *Hewlett-Packard*) [11] и *Anritsu* [12]. Сваки од поменутих произвођача нуди проширивање могућности својих PDH/SDH анализатора, чиме се они могу претворити у праве мултисервисне инструменте за мерења на прва три слоја OSI референтног модела. Инвестиције потребне за трансформисање таквих PDH/SDH анализатора у мултисервисне PDH/SDH/ATM/IP инструменте су много мање од инвестиција које би биле потребне за набавку нових ATM/IP инструмената, какав је и коришћени *Trend Communications Aurora Forte*.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. Perlman, "Interconnections second edition", Addison-Wesley Professional Computing Series, 2000.
- [2] R. Kiefer, "Test solutions for digital networks", Hutig GmbH Heidelberg", 1997.
- [3] ATM Forum, "ATM in Europe: the user handbook", Version 1.0, 2004.
- [4] S. Schultz, "Guide for asynchronous transfer mode and ATM testing", Wandel & Goltermann GmbH & Co, 2000.
- [5] Trend Communications, "Aurora forte users manual", Issue 7, 2003.
- [6] Trend Communications, "ATM guide", 2001.
- [7] [www.atmforum.com](http://www.atmforum.com), Интернет сајт
- [8] Центар за телекомуникације, "Свет IP комуникација", Факултет техничких наука у Новом Саду, 2001.
- [9] [www.trendtest.com](http://www.trendtest.com), Интернет сајт
- [10] [www.acterna.com](http://www.acterna.com), Интернет сајт
- [11] [www.agilent.com](http://www.agilent.com), Интернет сајт
- [12] [www.anritsu.com](http://www.anritsu.com), Интернет сајт

**Abstract** – *The purpose of this paper is presenting the most important test and measuring principles which are used during instalation, maintenance and troubleshooting of ATM network devices.*

## MEASUREMENTS IN NETWORKS BASED ON ATM TECHNOLOGY

Nikola Lazić

Milić Đekić