TINA/CORBA – SNMP 연동을 위한 SNMP Trap Server 설계 및 구현

(Design and Implementation of a SNMP Trap Server for TINA/CORBA – SNMP interworking)

이계환, 장재준, 서승호, 김호철, 김영탁
영남대학교 대학원 정보통신공학과
{ cruise, jjjun, shseo, gun6man }@infocom.ice.yeungnam.ac.kr
ytkim@ynucc.yeungnam.ac.kr

요 약

현재 통신망관리 기술로 제안된 구조들은 TMN, SNMP, CORBA, WEB기반등 다양한 기술로 구현되고 있다. 이렇게 다양한 망관리 기술들은 개별 망단위장비(Network Element)를 개별적으로 관리하기에는 쉽지만, 통신망관리 측면에서의 통합망관리 서비스 개발과 서로 다른 관리 기술간의 연동기능 개발에 소요되는 시간과 비용이 크게 된다. 네트워크 환경이 복잡해짐에 따라서 서로 다른 관리체계의 통신망요소 장치를 통합하는 관리체계로 구현하는 것이 필요하게되는데, TINA 컴포넌트간 통신 기반을 제공하는 분산환경은 OMG(Object Management Group)에서 표준화하는 CORBA (Common Object Request Broker Architecture)를 기반으로 하고 있다. CORBA는 이기종 망관리기술들을 상호연동함에 있어 복잡성을 줄이고 분산처리의 장점을 가질 수 있게 한다. 그러나 기존에 설치된 망 장비들은 분산환경을 제공하지 못하고 있다. 따라서 TINA 분산환경으로 NE들을 통합관리하기 위해서는TINA와 기존 망관리 프로토콜 (CMIP, SNMP 등)간의 연동기능이 필요하다.
본 논문에서는 TINA분산환경에서 SNMP 장비들의 효과적인 장애관리를 위해서 TINA체계와 연동기능을 가지는 Trap Server를 설계하고 그 기능을 구현한다.

1. TINA / SNMP Trap Server 개요

현재 다양한 정보통신망을 관리하는데 제안된 망관리 기능들은 TMN, SNMP, CORBA, WEB 기반 등 다양한 기술로 구현되고 있다. 이러한 망관리 기술들은 개별 망단위장비를 개별적으로 관리하기에는 쉽지만, 통합망의 통신망관리 측면에서 종합관리서비스 개발과 서로 다른 관리 기술간의 연동기능 개발에 소요되는 시간과 비용이 크게 된다. 네트워크 환경이 복잡해짐에 따라서 서로 다른 관리체계의 통신망요소 장치들을 통합하는 관리체계로 구현하는 것이 필요하다. TINA-C 는 이기종 망관리 기술을 통합하기 위해서 분산환경기반의 TINA 체계를 제안하고 그 표준화 작업과 prototype 기능개발을 진행하고 있다[1]. TINA 분산환경은 OMG 에서 표준화하는 CORBA 를 기반으로 하고 있다. CORBA 는 이기종 망관리 기술들의 상호연동기능 구현의 복잡성을 줄이고 분산처리의 장점을 가질 수 있게 한다. 그러나 기존에 설치된 망 장비들은 대부분 분산환경을 제공하지 못하고 있다. 따라서 TINA 분산환경으로 NE 들을 통합관리하기 위해서는 TINA 와 기존 망관리 프로토콜 (CMIP, SNMP)간의 연동기능이 필요하게 된다[3-6].

TINA분산체계로 구현된 EML(Element Management Layer)은 분산처리기능이 제공되지 않는 NEL(Network Element Layer)과의 연동에 있어서 게이트웨이기능이 필요하게 된다. 예를 들어, SNMP장비와 TINA체계의 EML기능을 연동하기 위해서는 기존의 SNMP 장비에서 발생하는 NE trap 메세지를 TINA IIOP메세지로 변환시키

는 기능이 필요하다. 즉, TINA체계에서 SNMP기반의 NE들과 연동하기 위해서는 SNMP 메세지들을 TINA의 IIOP의 체계로 바꿔주는 translation 기능을 포함하는 게이트웨이가 요구된다.

(그림 1)은 TINA가 관리하는 분산환경과 SNMP장비들로 이루어진 네트워크에 대한 관리 체계를 나타내고 있다. 여기서 SNMP Adaptor는 TINA의 연결관리 컴포넌트에서 SNMP agent 를 지원하는 망 구성장치를 제어하기 위해서 TINA 연결관리 컴포넌트 명령을 SNMP 관리 명령으로 변환하는 게이트웨이 모듈의 역할을 한다. TS(Trap Server)는 SNMP Adaptor와는 별도로 장애관리부분에서 NE로부터 발생되는 SNMP trap 메세지를 수신, IIOP 메세지로 변환하여 EML-AM(Alarm Manager)으로 전달하는 기능을 담당하게 된다.

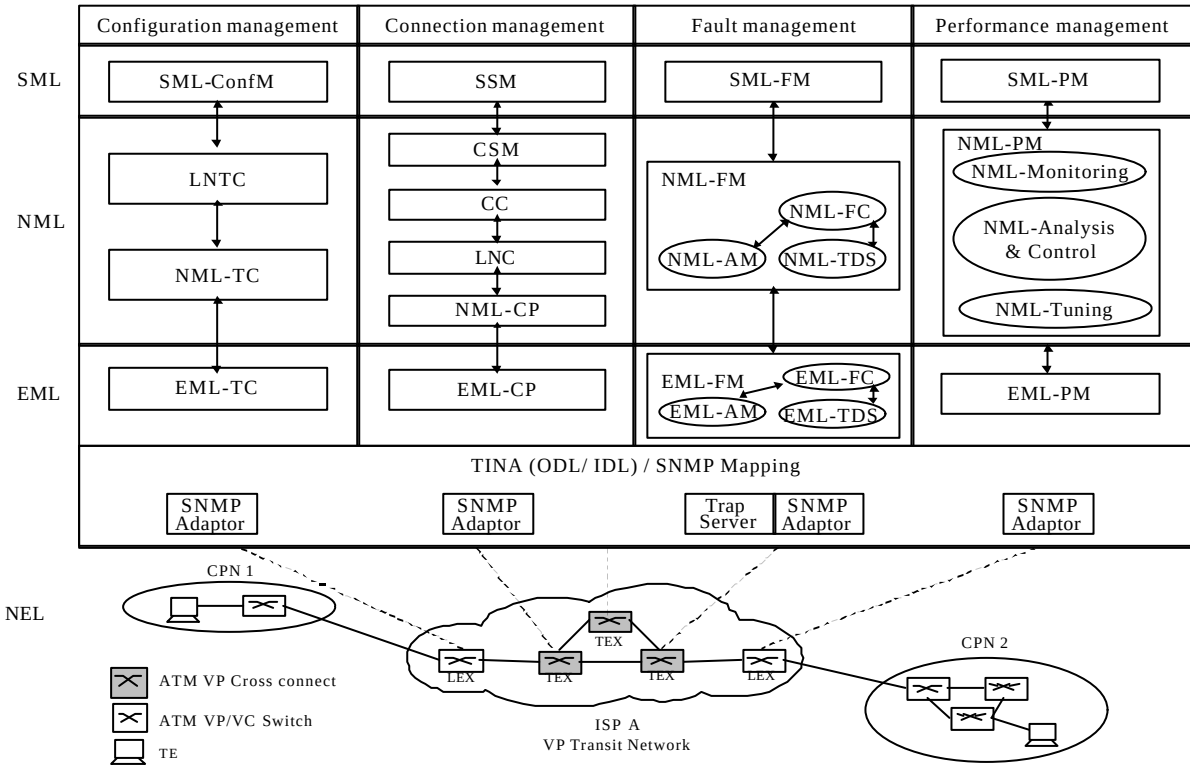
본 논문에서는 TINA분산환경에서 SNMP 장비들의 효과적인 장애관리와 TINA체계와의 연동을 위한 TS를 설계하고 그 기능을 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 SNMP TS는 SNMP 장비에서 발생한 trap을 수신하여, 수신된 trap을 분석하고, SNMP trap 메세지를 TINA / CORBA의 IIOP 메세지로 매핑하여 EML-AM으로 통보하는 기능을 가진다.

본 논문의 2장에서는 현재 사용되고 있는 SNMP 장비와 TINA관리체계로의 호환성을 유지시키면서 SNMP 장비들의 trap을 효과적으로 수용할 수 있는 방안을 제시하고, 이에따라 TS에대한 기능 구조를 설계 및 구현하였다. 그리고 3장에서는 TS구현에 대해서 설명하고, 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

2. TINA/SNMP Trap Server 구조설계

2.1 TINA /SNMP Trap Server 구조

TINA의 분산환경에서 SNMP 장비들로 구성된 네트워크를 관리하기 위해서는 SNMP기반의NEL agent기능과 TINA체계의EML기능을 연계시키는 게이트웨이기능이 필요하다. 따라서 본 논문에서 제안하는 TINA / SNMP TS는 SNMP장비에서 발생하는 trap 메세지를 메세지매핑과 변환과정을 통해 생성된 alarm을 EML로 올려 보내주는 역할을 담당한다. SNMP TS 서비스를 위한 SNMP object를 생성시키고 NE에서 발생된 Trap을 분석하는 기능은 SNMP TS object가 담당한다. 또 SNMP TS는 EML-AM으로 발생한 사건의 정보를 보내기위해 연결을 요청한다. 연결요청을 수신한 EML-AM trap정보를 수신하는 인터페이스와



(그림 1) TINA 체계의 망관리 기능 구조

바인딩 과정을 거치게 되고, 모든 초기화 작업이 끝나면 NE에서 전달되는 사건을 지속적으로 모니터링할 수 있게 설계하였다.

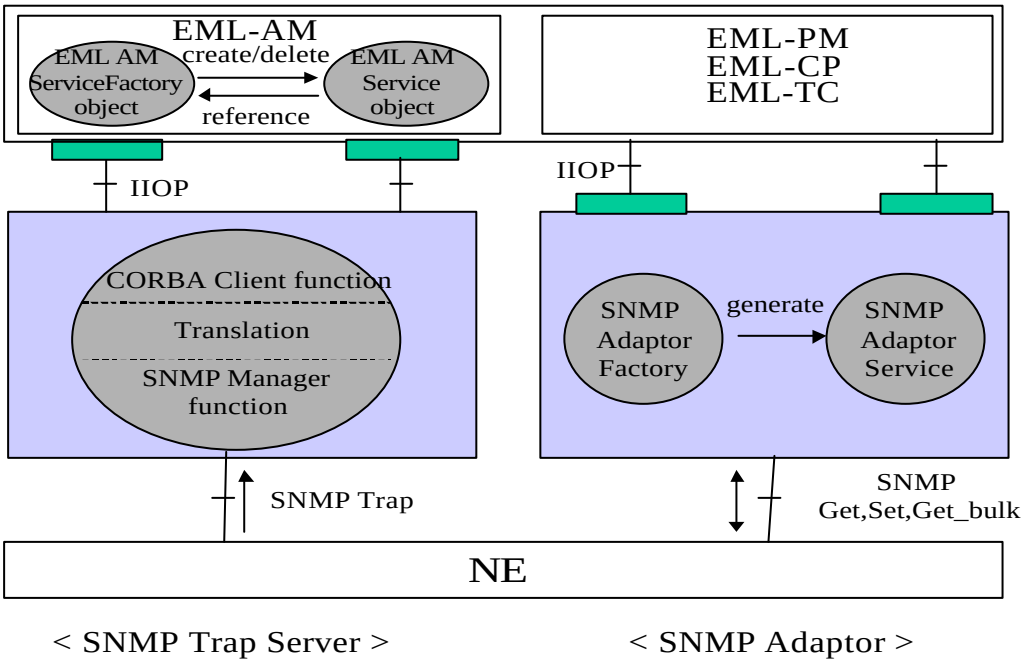
(그림2)는 TS 와 SNMP Adaptor의 전체적인 구조를 나타내고 있다. 먼저 SNMP Adaptor 는 EML의 연결요청에 따라 Adaptor Service object를 생성하고 그 레퍼런스를 EML로 반환한다. EML에서는 SNMP Adaptor Servive object를 이용하여NE로 get, set, get_bulk 등의 SNMP명령을 내린다. 이 과정에서 SNMP Adaptor는 IIOP에서 SNMP로, SNMP에서 IIOP으로 프로토콜 메세지를 변환한다. TS도 마찬가지로 EML-AM으로 연결요청을 하며, NE에서 발생한 trap을 SNMP TS object가 받아들인다. 메세지가 EML-AM으로 전달될때 TS object에서 프로토콜 메세지변환을 한다.

NE에서 전달되는 trap 메세지를 수신하려면 TS에서 생성된 SNMP TS object가 이를 받아들여 분석, 처리하는 과정을 거쳐야 한다. 여기서 SNMP++ 라이브러리를 이용하여 SNMP session을 만들 수 있으며, 생성된 session을 통해 NMP TS object를 생성하고, 발생된 trap을 분석, 저장하게 된다. SNMP TS object는 EML-AM에 정의한 IDL에 맞추어 translation하고, notification을 위해 receiveAlarm()을 호출하여 trap 메세지를 IIOP의 형식을 통해 EML-AM으로 전한다.

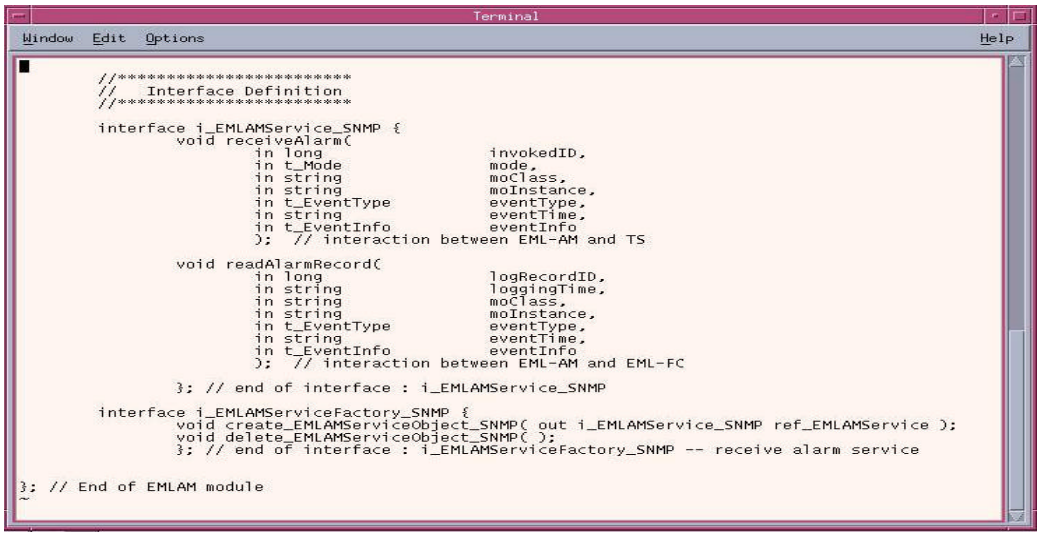
2.2 Protocol Message Mapping

SNMP 장비에서 발생된 trap 메세지가 alarm 메세지로 변환되어 EML-AM으로 전달될때, 먼저 SNMP TS object가 생성 되고, NEL로부터 SNMP trap을 수신한다. 그리고 SNMP agent가 SNMP TS object로 보낸 trap 메세지 내부의 정보를 분석하여 translation과정을 거친다. translation된 메세지는 notification과정을 거쳐 EML-AM으로 전달된다. 이를 통해서 SNMP trap 메세지의 분석을 가능하게 한다. SNMP 장비에서 발생하는 trap 을 처리하기 위해서 SNMP 장비들이 발생시키는 trap 메세지와 TINA분산처리 환경에서 사용되는 IIOP의 메세지간에 매핑 과정이 필요하다. (그림3)은 EML-AM의 접속을 위한 IDL을 나타내었다.

i_EMLAMServiceFactory_SNMP를 통해서 EML-AM Service object를 생성 또는 삭제(create/delete)시키고, 생성된 EML-AM Service object는 레퍼런스를 되돌려 주며, 생성된 SNMP Service object는 EML-AM과 TS의 연동기능을 담당한다. EML-AM Service object는 (그림 3)에 정의한 receiveAlarm() 함수를 통해서 <표1>에서 매핑된 alarm 메세지를 수신한다. (그림3) interface i_EMLAMService_SNMP에 있는 receiveAlarm()은 trap 메세지를 EML-AM으로 전달하는 형식을 지정해주고 있다.



(그림 2) The Architecture of SNMP Trap Server , SNMP Adaptor



(그림 3) EML_AM.IDL 의 Interface

그리고 (그림4)는 EML_AM.IDL 에서 정의한 eventInfo자료구조 변수들을 나타내고 있으며, 이 변수들과 SNMP Trap PDU value들의 매핑되는 상태는 <표1>에 나타내었다.

이렇게 설계하면 하부 네트워크 구조가 달라지더라도 (그림 3)에서 정의된 IDL은 변경되지 않고 그대로 사용할 수 있으며, 하부 통신망 장비의 관리기능 구현기술이 TMN/GDMO, CMIP 또는 CORBA , WEB 등과 같은 망관리기능 종류변경으로 인해 새롭게 구현될 필요는 없다.

다음 <표 1>은 trap 메세지에 사용하는 변수들과 EML-AM에서 사용되는 변수들간의 매핑을 나타내었다. invokeID는 alarm식별자로 메세지가 전달될 때 마다 1씩 증가하게 되며 TS에서 EML-AM으로 메세지를 구분해 줄 수 있으며, mode는 confirmed와 non-confirmed로 구분되어서 alarm에 대한 응답을 요구할 수 있으나 본 연구에서는 SNMP trap을 변환하기 때문에 non-confirmed로 고정하였다. 그리고 moClass는 mo를 특성에 따라 Class형태로 분류해 놓은 것을 말한다. invokeID, mode 및 moClass가 trap에서 특별히 지정되어져 있지 않기때문에 여기서는 NULL값을 넣어서 parameter 매핑을 시켰다. <표 2>는 <표 1>의 Event Information의 세부항목을 나타낸 것이다.

2.3 TINA – EML , SNMP TS 및 SNMP Agent 의 연동 시나리오

translation 기능모듈에 의해 SNMP 메세지가 IIOP 메세지로 변환된 후, CORBA Client기능을

(그림 4) EML_AM.IDL 의 eventInfo 자료구조 Interface

<표 1> SNMP PDU-value와 EML_AM IDL parameter mapping

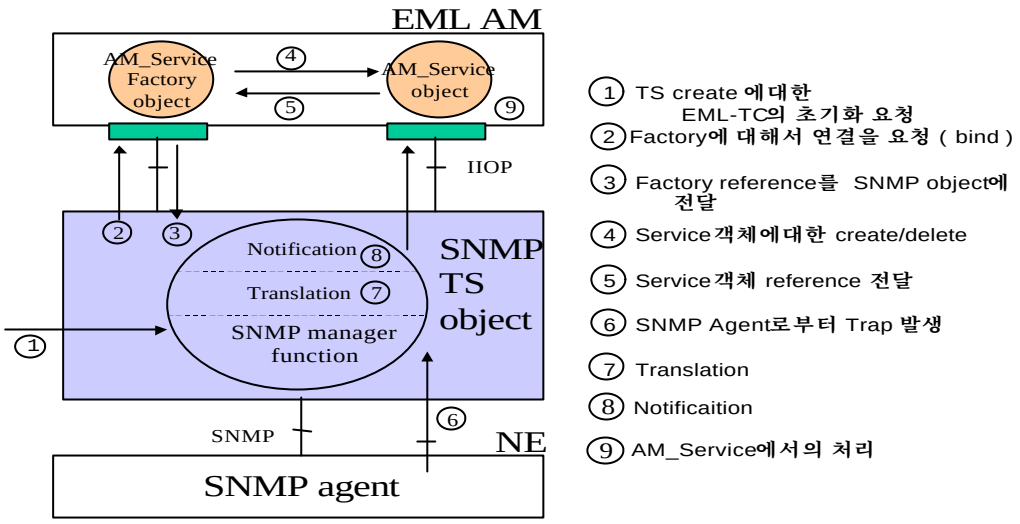
TINA-notification	Description	SNMP-Trap
Invoked ID	notification을 구분하는데 사용	-1
Mode	notification의 mode	NULL
MO Class	alarm을 발생시킨 MO Class	NULL
MO Instance	alarm을 발생시킨 MO Instance	Object ID
Event Type	발생한 alarm의 type	specific trap에서 분류
Event time	alarm이 발생한 시간	Time Stamp
Event information	alarm의 세부 정보	specific / generic trap 내용에서 분류

<표 2> Event Information 의 세부항목

Event information		Description	SNMP-Trap
	Probable cause	발생한 alarm의 예상되는 원인	specific Trap (generic trap)
	Specific problems	Probable cause에 대한 좀더 상세한 원인을 기술	specific Trap(Trap ID)
	Perceived severity	alarm의 정도에 따라 등급을 나눔	specific Trap에서 분류
	Backed-up status	alarm 발생한 object가 back up 되었는지를 나타냄	
	Back-up object	Backup service를 제공하는 object	
	Trend indication	alarm severity 의 trend를 나타냄	
	Threshold Information	Threshold와 관련된 alarm의 경우 threshold 정보.	
	Notification ID	notification에 대한 identifier	
	Correlated notifications	관련이 있는 notification	
	State change definition	상태 변화에 대한 정보.	
	Monitored attributes	monitor된 attribute	
	Propose repair actions	복구 방안을 제안	
	Additional Text	alarm정보를 추가적인 text형태	agent-address
	Additional information	추가적인 정보를 제공	variable bindings

이용하여 상위 EML-AM로 전달된다. EML-AM에는 미리 정의된 EML-AM 의 IDL을 통해서 하부에서 올라오는 메세지를 IIOP형태로 받아들여서 TINA 체계에 적용시키게 된다. 상위 EML이 SNMP TS를 동작시키기 위한 초기화 절차는 2.5절에서 기술하였다. SNMP TS와 상위 EML과의 연동은 (그림 5)에서 보는 것과 같이 수행되며, 세부 기능 절차는 다음과 같다

① TS 기동을 위해서 구성관리의 EML-TC가 TS를 기동시키고 SNMP object를 생성 시킨다. create 요청을 받아 SNMP TS object가



(그림 5) Trap Server 전체 연동 시나리오 구성

생성되면 NE에서 올라오는 trap 메세지를 수신할 수 있다.

② SNMP TS object가 생성된 후에 EML-AM과의 연결을 위해서 SNMP TS object는 i_EMLAMServiceFactory_SNMP를 통해서 연결요청(bind)한다.

③ EML-AM은 연결 요청을 받아서 연결을 설정하고, 생성된 연결에 대한 레퍼런스를 TS로 전달한다.

④ TS는 factory에 대한 레퍼런스를 가지고 있게 되고, 이 레퍼런스를 통하여 Service 객체의 생성(create)을 요청한다. 일단, SNMP에서 관리되는 장비에서 trap이 발생하면, SNMP object는 이를 통지(notify)받고 protocol 변환을 수행하여, EML-AM에 정의된 receiveAlarm() 함수에 필요한 parameter들을 실어서 EML-AM으로 통보한다.

⑤ Factory는 요청된 Service 객체에 대한 EML-AM-Service instance를 생성하고, Service 객체에 대한 레퍼런스를 factory로 전달하며, 이 정보는 SNMP-TS object로 전달된다.

⑥ NE로부터 장애가 발생하면 trap 메세지가 TS로 통보된다.

⑦ SNMP-TS object에 의해 수신, 처리된 SNMP trap은 IIOP 메세지로 translation되어서 전달된다.

⑧ trap 정보를 포함하는 IIOP 메세지는 CORBA Client기능을 통해서 EML-AM으로 통보된다.

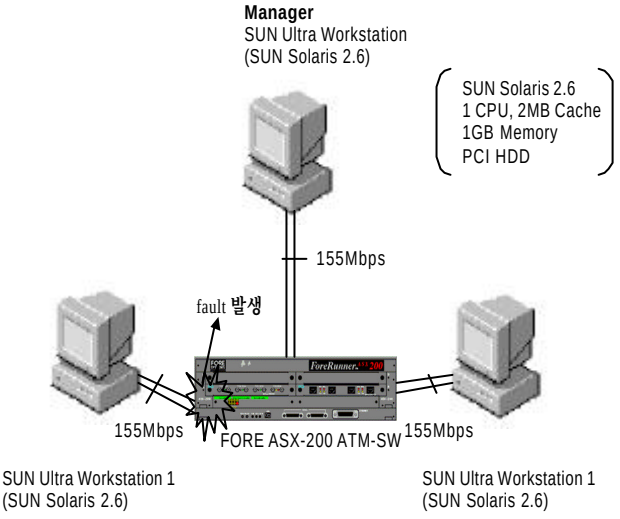
⑨ AM_Service 내부에서 받은 Trap을 처리한다.

3. TINA / SNMP Trap Server 구현

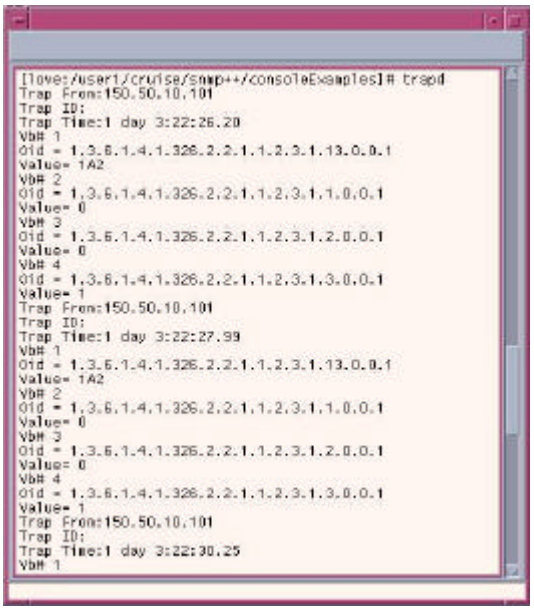
3.1 Trap Server 의 구현

SNMP TS 는 SNMP NE에서 발생한 장애에 대한 trap을 수신하고 그 정보를 EML-AM에서 관리하는 정보형태로 변환해서 전달해 주는 기능을 포함한다. SNMP TS에서 SNMP trap 메세지를 수신하기 위한 부분은 HP SNMP ++ Library를 사용였으며, translation기능모듈과 notification 기능모듈은 CORBA Client기능으로 구현되었다.

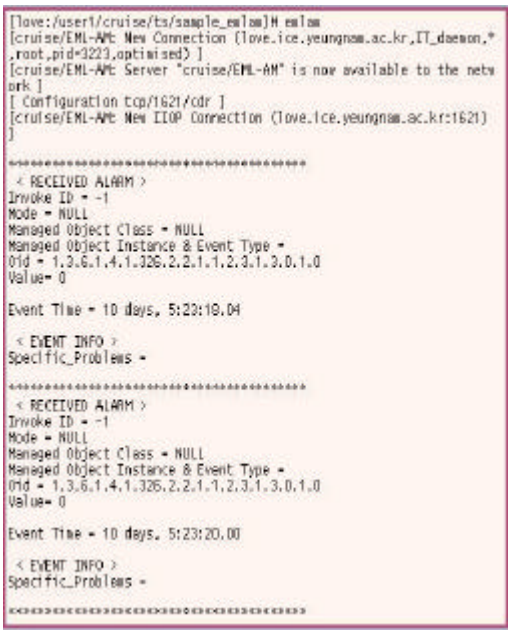
TINA / SNMP TS의 실험을 위해서 사용한 장비는 FORE System ASX-200 ATM Switch를 사용하였고, SUN Solaris 2.6 SUN Ultra



(그림 6) Trap Server 구현 환경



(그림 7) SNMP Trap Server 에서의 trap

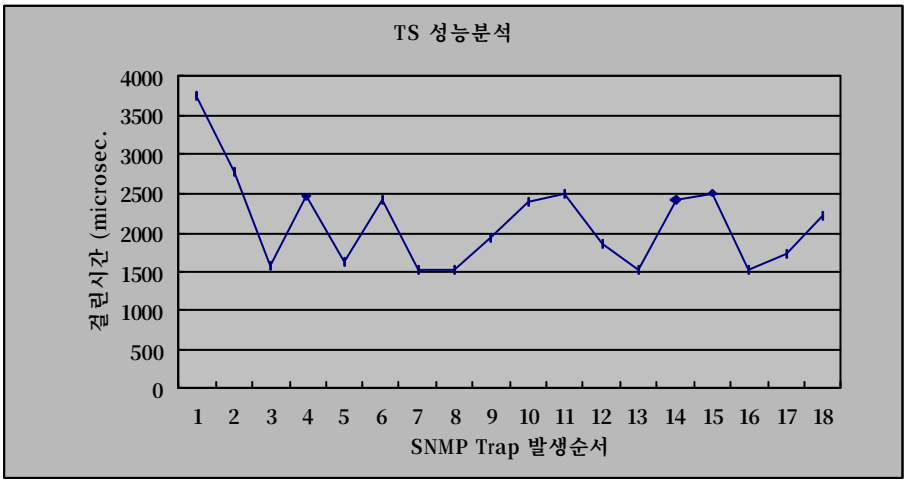


(그림 8) EML AM에서 수신된 Trap

Workstation (1 CPU, 2MB Cache, 1 GB Memory, PCI HDD)을 사용하였다. TS와 EML-AM의 구현을 위해 CORBA 2를 지원하는 IONA Orbix 2.3c 와 SUN SPARC works Pro C++ 4.2 Compiler를 사용하였다. 전체적인 실험환경은 (그림 6)와 같다.

3.2 Trap Server의 기능시험

먼저 장애는 (그림 6)와 같이 FORE ASX-200 ATM-SW에 연결된 하나의 연결을 제거함으로써 발생시켰다. 이렇게 발생한 장애에 대한 trap 메세지는 TS에 전달되고 수신된 trap메세지를 (그림 7)과 같이 화면에 나타내었다. NEL에서 올라오는 정보를 통해 trap 메세지를 전달한 호스트 시스템의 IP Address, trap의 발생 시간을 알 수 있고, trap 종류 및 각 vendor에서 제공하는 상세 trap type을 알 수 있다. 그리고 trap 메세지 내부의 Variablebinding은 name과 value를 이용하여 발생한 trap의 상태정보를 나타낸다. name에는 해당정보를 나타내는 변수명이, value에는 변수의 값이 포함되어 있다. 위와같은 정보를 바탕으로 ATM 교환기에서 발생된 trap의 정보, 발생한 위치, 현재 상태 등을 파악할 수 있다.
(그림 8)은 EML-AM에서 수신한 trap정보를 보여주고 있다. TS가 NEL에서 수신한 trap이 프로토콜 변환후 TINA IIOP을 통하여 EML-AM으로



(그림 9) SNMP Trap Server 에서 EML-AM으로 메시지 전달지연시간

정확하게 전달되었는지 확인할 필요가 있었다. 이를 확인하기 위해서 EML-AM에서 수신한 trap 메세지를 (그림 8)과같이 화면에 나타내었다. (그림 8)은 NE에서 발생한 SNMP trap이 TS를 거쳐 새롭게 생성된 alarm 메세지를 나타내고 있다

그리고 (그림 9)는 SNMP TS object에서 trap 메시지가 발생된 시간에서부터 EML-AM에서 trap을 받아들이는 데까지 걸린 시간의 차를 도표로 나타낸 것이다. 가로축은 trap의 발생순서를 나타내며, 세로축은 걸린 시간의 차이를 microsecond로 나타낸 것이다. SNMP TS object로부터 EML-AM으로 메시지 전달에 걸린 시간은 평균 2 msec가 소요되었다.

4. 결론

본 논문에서는 TINA체계의 분산 망관리 구조를 기반으로 하여 SNMP장비의 장애관리 기능을 수행하기 위한 TINA/SNMP TS를 설계하고 구현하였다. 제안된 TINA / SNMP TS는 기존의 TINA체계에 있어서 하부의 네트워크 구성이 SNMP와 같이 분산환경이 지원되지 않는 망 장비들로 이루어져 있을 때, 효과적인 연동작업을 할 수 있도록 설계 및 구현하였다. TINA 분산환경으로 NE들을 효과적으로 통합 관리할 수 있는 TS가 구동되면 EML컴포넌트로 장애관리 기능에 대한 연동기능이 추가 되고, 프로토콜 변환기능 또한 일어나게 되어 하부의 SNMP기반 통신망 장비들과의 상호 연동이 가능한 구조가 된다.

본 논문에서 구현된 SNMP TS object의 시험결과 생성된 하나의 객체가 trap message를 정확히 받아들이는 것을 확인할 수 있었다. 또한 상위 EML단으로 바인딩 요청을 하기 위하여 CORBA의 client기능을 이용해서 IIOP으로 연결시킬 수 있었으며, 상위 EML-AM service object에 대해서는 그 object 레퍼런스를 받아올 수 있었고, 받아온 object 레퍼런스를 참조해서 trap 메시지를 정확하게 전달할 수 있었다. SNMP TS는 NE에서의 trap 메시지를 EML로 전달할 때 TINA IIOP의 alarm notification 메세지형태로 변경시켜 EML Alarm Manager로 보고하는 기능을 담당하게 된다.

SNMP Trap Server의 기능 구현에서 SNMP 프로토콜 기능은 HP SNMP++ library를 사용하였으며, trap 메세지의 번역 기능과 CORBA client 기능은 C++로 구현하였다. CORBA 분산처리 환경은 IONA Orbix 2.3c를 사용하였다. 현재 구현된 SNMP Trap Server는 SNMP trap 메세지 수신 후 이를 IIOP alarm notification 메세지로 번역한 후 이를 EML-AM 기능 모듈까지 전달하는 데 평균 2 msec이 소요되는 것으로 측정되었다.

본 논문에서 설계 구현한 TINA/SNMP TS는 TINA 분산환경 관리 체계에서 기존의 설치된 분산환경을 제공하지 못하는 통신망 장비들을 통합관리 할 수 있게 하며, 분산네트워크 장비로의 접근과 관리, 모니터링을 용이하게 해줄 수 있는 장점을 제공한다.

[참 고 문 헌]

[1] Yuji Inoue, Deb Guha , and Hendrik Berndt, "TINA Consortium," 1998.

[2] IONA Technologies, "Orbix Programmer's Guide," IONA Technology Ltd, 1997.

[3] Juan Pavon and Jose Tomas, "CORBA for Network and Service Management in the TINA Framework, " IEEE Communication Mag., March 1998.

[4] Subrata Mazumdar, "Inter-Domain Management between CORBA and SNMP : Web-based Management – CORBA/SNMP Gateway Approach, " DSCOM '96, Oct 1996.

[5] OMG Document Number: telcom/98-08-14 , "JIDM Interaction Translation," 1998.

[6] X/Open Document number:P509, "Inter-domain Management : Specification Translation," 1997.

[7] SNMP++, Hewlett Packard co. Ver2.61, 1997 , Peter Erik Mellquist

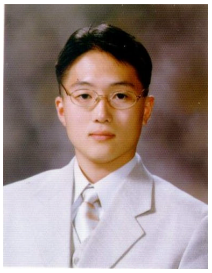
[8] TINA – C Document Label : TB_GN.010_2.0_94, "Management Architecture," 1994.

[9] ITU-T Rec. M.3400, "TMN management functions," 1997.

[10] IONA Technologies, "Orbix Programmer's Reference," IONA Technology Ltd, 1997.

[11] 윤원수, 김호철, 김성우, 이계환, 신해준, 김영탁, "TINA기반의 성능관리를 위한 TINA/SNMP Gateway 연구", 1999년도 한국통신학회 추계 종합 학술발표회, 1999.

[12] William Stallings, “SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2,” Third Edition, Addison Wesley, 1999.
[13] 윤원수, “통합망관리를 위한 TINA/SNMP Adaptor의 설계 및 구현”, 영남대학교 석사 학위논문, 1999.
[14] ATM Forum Document No. AF-NM-0095-001, “ SNMP M4 Network Element View MIB,” July 1998.
[15] 김호철, “TINA/CORBA 분산 망관리 체계에서의 CMIP, SNMP 수용을 위한 Gateway설계및 구현”, 영남대학교 석사학위 논문, 1998.
[16] 서승호, 문해은, “TINA 컴포넌트와 SNMP Adaptor 연동방안”, TR-YNUBISDN-00-TINA-010, 2000.



이 계 환
1999. 2 영남대학교 전자공학과 학사
1999-현재 : 영남대학교 정보통신공학과 석사과정
관심분야 : 네트워크 관리, 장애관리, TINA /CORBA

장 재 준
1998. 2 영남대학교 전자공학과 학사
1999-현재 : 영남대학교 정보통신공학과 석사과정
관심분야 : 네트워크 관리, 장애관리, TINA /CORBA

서 승 호
1998. 2 경일대학교 컴퓨터공학과 학사
2000. 2 영남대학교 멀티미디어 통신공학과 석사
2000-현재 : 영남대학교 멀티미디어 통신공학과 박사과정
관심분야 : 네트워크 관리, 연결 및 구성관리, TINA/CORBA

김 호 철
1989. 2 : 경북대학교 전자공학과 석사
1999. 2 : 영남대학교 멀티미디어 통신공학과 석사
1999-현재: 영남대학교 멀티미디어 통신공학과 박사과정
1989-1995 : 삼성SDI 종합연구소 주임연구원
1995-1996 : 삼성상용차 기술지원팀 근무
관심분야 : TMN, Distributed management, NGI, and ATM/B-ISDN

김 영 탁
1984 영남대학교 전자공학과 학사
1986 한국과학기술원(KAIST)전기 및 전자공학과 석사
1990 한국과학기술원(KAIST)전기 및 전자공학과 박사
1990. 3 – 1994. 8 한국통신 통신망연구소 전송망 구조연구실장
1994. 9 – 현재 영남대학교 공과대학 정보통신공학과 부교수
관심분야 : ATM/B-ISDN 기반의 초고속 정보통신망, GII (Global Information Infra-structure), 차세대 인터넷 (NGI), TMN/TINA 체계의 통신망 운용관리