論文2003-40TC-11-4

ATM 교환기에서 연결 정보에 대한 감사 기능 제공 방안 및 성능 평가

(Audit Method Design and Performance Evaluation for Connection Information in ATM Switch)

柳 泳 一 *, 田 炳 實 **

(Young-Eel You and Byoung-Sil Chon)

요 약

데이터 감사(AUDIT) 기능이란 분산 실장 되어 있는 데이터들을 대상으로 데이터 이상을 진단하고 불일치 데이터를 검출하여 이를 일치시키는 일련의 작업을 말하는 것으로 데이터 불일치로 인해 유발되는 시스템 문제를 최소화시키는데 목적을 둔다. 본 논문에서는 ATM 교환기의 연결 데이터의 대부분을 차지하고 있는 PVC(Permanent Virtual Circuit) 데이터에 대한 감사 기능 지원 방안을 제안하였다. 즉 고속/저속 가입자 링크에 대해 일정 시간마다 감사 기능의 주기적 수행과 운용자 명령어에 의한 즉각적인 감사 기능을 제안하여 PVC 정보의 불일치로 인한 데이터의 손실 및 시스템 장애를 최소화 할 수 있게 하였다. 또한 감사 기능으로 인해 연결 제어 프로세서와 DC(Device Controller) 사이에 송수신하는 많은 IPC(Inter Processor Communication) 메시지가 연결 제어 프로세서의 부하에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였는데, 시스템 부하와 거의 무관하게 연결 제어 프로세서의 부하가 일정함을 확인하였다.

Abstract

This paper proposes the efficient audit method for the distributed connection information in ATM switch. Based on this method, we design the periodic audit function by a system and immediate audit function by a operator's order. We evaluate the performance about the proposed Audit method. At the result of evaluation, We figure out that the load of call control processor is almost independent of a system load regardless of audit function operation. Therefore, we confirm that the proposed audit method nearly have an effect on the load of call control processor. The proposed audit method can reestablish a Mismatched connection information with a little load.

Keywords : ATM Switch, Audit, PVC

I. 서 론

PVC 커넥션을 설정하는 경우 고속의 커넥션 정보 및 저속의 커넥션 정보는 DB에 저장이 되지만, 고속 및 저속 디바이스에서는

IPC를 통하여 메모리 버퍼에 PVC 연결 정보를 저장하고 있다. 즉, 운용자에 의해 PVC 커넥션 정보가 입력되면 상위에서 디바이스의 하위로 연결 정보를 전송하고 디바이스에서는 연결 설정이 이루어진 후 이의 결과를 메모리 버퍼에 저장하고 상위로 연결 정보의 결과를 전송한다. 이를 수신한 상위에서는 DB로 연결 정보를 DB

* 正會員, 서울通信技術(주), 通信시스템硏究所
(SEOUL COMMTECH CO., LTD.)
** 正會員, 全北大學校 工科大學 電子情報工學部
(Division of Electronic and Information Eng., Chonbuk Nat'l Univ.)
接受日字:2003年6月2日, 수정완료일:2003年11月1日

에 저장한다[1].

운용자에 의해 연결정보를 설정하여 운용 중에 하위단의 디바이스에서 PVC 커넥션의 유실 및 변경이 발생되는 경우, 확인을 하거나 변경을 할 수가 없어 디바이스를 Reset하거나 PVC 커넥션을 삭제한 후 재설정을 해야만 하는 경우가 발생한다. 비정상적으로 연결 정보가 내려오거나 설정상에 오류가 발생하는 경우 또는 잘못된 정보를 가지고 있는 경우 이를 복구하거나 재설정을 할 수가 없다. 연결 정보 불일치가 발생하거나 민원이 발생하는 경우, 즉각적인 데이터 진단 및 복구작업이 용이하지 못하다. 즉 분산 실장되어 있는 PVC 커넥션에서 연결정보의 불일치로 인한 시스템의 문제를 발생시킨다.

ATM 교환기의 PVC 커넥션은 운용자에 의한 요구로부터 설정이 시작되는데, PVC 커넥션의 설정은 시스템 내부적으로 여러 소프트웨어 블록과 고속/저속 가입자 보드의 DC가 연계되어 이루어진다. 즉 운용자에 의해 PVC 커넥션 설정이 요구되면 먼저 PVC 설정 블록은 운용자에 의해 입력된 정보(Port, VP, VC, 대역, Service Group, 전송률, 트래픽 파라미터 등)를 수집하여 자신의 마스터 DB에 입력된 정보를 비교하여 기존에 PVC 커넥션이 이미 설정되어 있는지를 검사한다. 마스터 DB에 이러한 정보를 가진 커넥션이 존재하지 않는다면 호 설정에 필요한 자원을 관리하는 블록으로 포트 정보, 레이블 정보, 트래픽 특성 정보를 넘겨준다. 자원 관리 블록으로부터 자원 할당이 허락되면 호 처리 상위 블록과 인터페이스하여 스위치 연결 기능을 전담하는 스위치 제어 블록으로 PVC 커넥션 설정을 요구하고 스위치로부터 커넥션 성공 여부에 대한 응답을 받는다. 이 응답이 성공이면 해당 포트를 제어하는 DC로 PVC 커넥션 설정이 완료되었음을 나타낸다. 이러한 여러 소프트웨어 블록과 가입자 보드의 DC들과의 일련의 과정은 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.

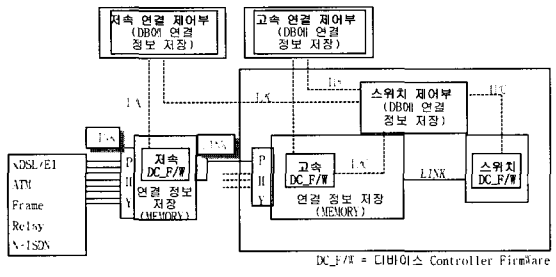


그림 1. PVC 커넥션 연결 설정 과정
Fig. 1. PVC Connection Setup Process.

PVC 관련 기능들은 시스템 내부적으로 여러 소프트웨어 블록과 DC가 연계되어 이루어짐으로 시스템 이상이 발생할 경우 비정상 종료에 의해 블록이나 DC 간 데이터 불일치가 발생할 수 있다. 이 경우 시스템에 의한 자동 복구가 요구되지만 연계된 블록이 많고 각 블록의 PVC 정보 관리 방식이 다른 관계로 기능 구현에 어려움이 따를 뿐만 아니라 커넥션이 다량 존재할 경우 감사 기능에 의해 시스템 오버로드가 유발될 수 있다.

본 논문에서는 불일치 되는 소량의 커넥션 정보를 검출하기 위해 시스템에 존재하는 모든 커넥션에 대해 시스템 Self-Test의 하나인 주기적 감사 기능과 운용자 명령어에 의한 즉각적인 감사 기능을 제안하여 PVC 정보의 불일치로 인한 데이터의 손실 및 시스템 장애를 최소화 할 수 있게 하였다[2].

II. PVC 커넥션에 대한 감사 기능 제공 방안 및 설계

ATM 교환기 시스템의 경우 예외 상황은 무수히 존재하며 대부분의 경우 소프트웨어 블록 자체로 대처한다는 것이 불가능하다. 특히 PVC 기능처럼 여러 블록이 연계되어 각각의 데이터를 관리하고 있는 경우 시스템 이상 상황이나 비정상 종료 시 데이터 일치성을 보장할 수 없는 것이 사실이다. 이에 PVC 기능은 상위 DB 및 데이터, DC 커넥션 정보가 불일치 될 경우 복구 방안의 하나로 시스템 Self-Test인 주기적 감사 기능과 운용자 명령에 의한 감사 기능을 제안한다.

주기적 감사 기능은 일정한 주기를 갖고 해당 시간이 되었을 때 시스템 자체적으로 자신의 모든 링크의 PVC 연결 정보에 대한 감사를 수행하도록 하는 기능으로, 운용자는 사전에 얼마의 주기로 언제 시작할 것이며 연결 정보에 대한 감사 수준(COUNT, DETECTION, RECOVERY) 등을 설정함으로써 그 후 시스템 자체적인 감사 기능이 수행될 수 있다. 반면에 운용자 명령에 의한 감사 기능은 특정한 링크에 대한 감사를 하고자 할 때 또는 주기적 감사 수행으로 PVC 연결 정보에 대한 불일치 상황이 발생하였거나, 해당 지역에서 민원이 야기된 경우, 또는 망 상황이 원활하지 않다고 의심되는 지역에 대해 즉각적인 대처와 정확한 정보 수집을 위한 PVC 연결 정보에 대한 감사 기능이다.

1. 시스템에 의한 주기적 감사 기능

시스템 Self-Test의 하나인 주기적 감사 기능을 위해 사전에 운용자에 의해서 감사 허용/금지, 감사 시작 시간, 레벨 등이 설정된다.

운용자에 의한 사전 설정 파라미터 중 감사 허용/금지는 감사 기능을 허용할 것인지 금지할 것인지를 결정하는 부분이고, 감사 시작 시간은 PVC 커넥션에 대한 감사가 수행되어야 하는 시작 시간을 설정하는 부분이며, 감사의 레벨은 COUNT, DETECTION, RECOVERY의 세 단계로 분류된다.

첫째, LEVEL이 COUNT인 경우 연결 설정이 이루어진 COUNT를 통해 감사를 수행한다. 감사가 허용된 해당 상위 제어 블록은 LINK 또는 DC_F/W 단위로 커넥션 COUNT를 스위치 제어 블록에서 가지고 있는 개수와 DC_F/W에서 가지고 있는 개수를 통해 불일치 여부를 판단하여 운용자 화면에 출력한다. 둘째, LEVEL이 DETECTION인 경우 연결 설정이 이루어진 커넥션 정보 별로 감사를 수행한다. 즉 LINK, VPI, VCI별로 연결 정보 등을 비교하여 불일치 여부를 판단한다. 셋째, LEVEL이 RECOVERY인 경우 불일치 정보를 일치시키도록 복구한다.

주기적 감사 기능은 운용자에 의해서 사전에 감사 시작 시간이 등록되면 OS Timer 관련 Primitive에 의해 등록된 감사 Start_Time에 감사 프로세스가 구동된다. 감사가 시작되면 감사 중임을 표시하고 주기적 감사의 시작을 알리는 메시지를 운용자 화면에 출력한다. 감사의 수행 단위는 DC의 각 Link별로 이루어진다.

<그림 2>와 같이 감사 프로세스가 구동되면 우선 DC의 상태를 검사한다. DC의 상태가 정상적인 경우에 해당 DC로 IPC 메시지를 통해 PVC 연결 정보를 요구하기 위하여 DC_no, Link_no, LEVEL, Seq 파라미터를 사용하였다. DC_no와 Link_no는 각각 DC와 해당 DC에 대한 Link 번호이고, Seq는 현재 보내는 IPC의 순번이다. 이 Seq 파라미터는 IPC를 통해 한번에 주고 받을 수 있는 하나의 링크에 대한 연결 정보 양의 제한으로 사용하였으며, DC에서는 수신한 IPC에 저장된 Seq 값을 그대로 사용하여 감사 프로세스로 재 전송하면 된다. 그런데 더 이상 전송할 연결 정보가 없을 경우, DC에서 Seq 값을 0(영)으로 셋팅하여 감사 프로세스로 보내면 감사 프로세스에서는 다음 Link 또는 다음 DC로 IPC를 보내게 된다.

하나의 링크에 대한 감사가 종료되고 불일치 연결 정보가 존재하면 이에 대한 결과를 운용자 창에 POP-UP 하여 운용자가 즉각적인 조치를 취하도록 한다. 전체 링크에 대한 감사가 종료되면 감사 종료를 알리는 메시지를 운용자의 화면에 출력한다.

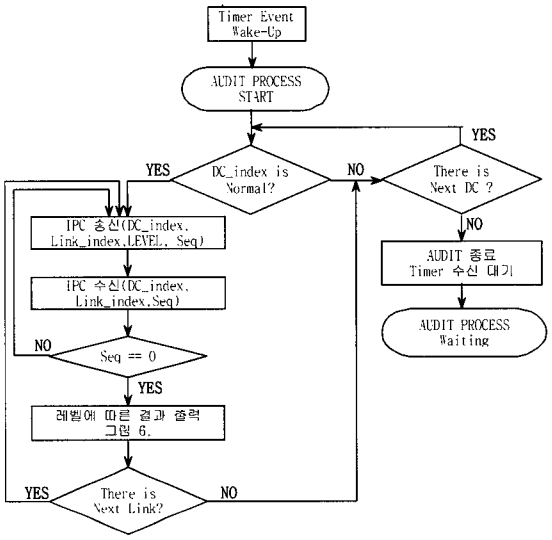


그림 2. 시스템에 의한 주기적 감사 흐름도
Fig. 2. Periodic Audit Flow by System.

1.1 기능 수행 절차

① OS 타이머 관련 프리미티브를 이용하여 특정 시간에 Wake-Up 될 수 있도록 한다.

② MP(Main Processor)별 동시 수행을 제어하기 위해 프로세서가 Master인 경우만 구동되도록 한다.

③ 감사 관련 정보를 저장하고 있는 DB의 감사 수행 상태 및 시작 시간을 확인하여 감사 수행 여부를 결정한다.

④ DB에 감사 진행 플래그를 셋팅하여 주기적 감사 진행 중임을 표시한 후 감사 수행 시작을 운용자 창으로 출력한다.

⑤ MP 단위 순차적 감사 수행을 위해 프로세서들을 스케줄링한다.

⑥ 스케줄링된 프로세서를 참조하여 해당 MP로 감사 수행을 요구한다.

⑦ 해당 MP의 작업이 완료되면 결과를 운용자 창으로 출력한 후 다음 MP에 대한 감사를 수행한다.

⑧ 스케줄링된 모든 MP의 감사 작업이 완료되면 감사 진행 플래그를 셋팅하여 감사 완료 또는 대기 상태

임을 표시한다.

⑨ 시스템에 의한 주기적 감사가 종료했음을 운용자 창으로 출력한다.

1.2 관련 Software Block Interface

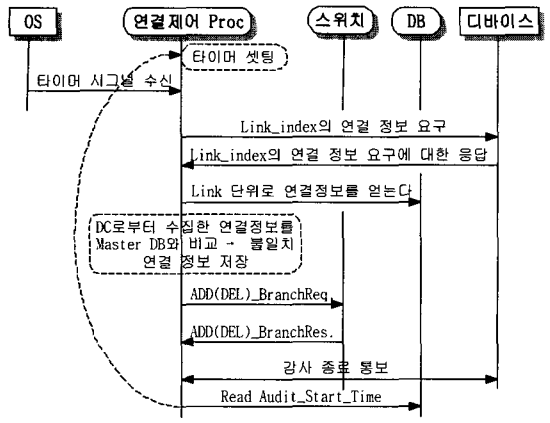


그림 3. 시스템에 의한 주기적 감사 기능도
Fig. 3. Periodic Audit Function Diagram by System.

2. 운용자 명령어에 의한 감사 기능

운용자 요구에 의해 구동되는 감사 기능으로서 특정 단위(MP, DC, Link, One 커넥션)의 PVC 커넥션을 대상으로 한다. 이는 특정한 링크에 대한 감사를 하고자 할 때 또는 주기적 감사 수행으로 PVC 연결 정보에 대한 불일치 상황이 발생하였거나, 해당 지역에서 민원이 야기된 경우, 또는 망 상황이 원활하지 않다고 의심되는 지역에 대해 즉각적인 대처와 정확한 정보 수집을 위해 PVC 연결 정보에 대한 감사 기능이 필요하다.

<그림 4>의 운용자 명령어에 의한 감사 기능의 흐름도와 같이 먼저 운용자에 의해서 하나의 링크에 대한 감사 요구가 발생하면, RPC(Remote Process Call)을 통해 해당 MP의 함수를 호출한다. 해당 함수는 입력된 파라미터를 검사한 후, 해당 링크를 관할하는 DC의 상태가 정상적인 경우 IPC 메시지를 송신하여 LEVEL에 따른 정보를 요구한다. 이 요구를 받은 DC가 요청한 정보를 IPC 메시지에 실어 응답하면, DB의 정보와 DC로부터 수신된 정보를 비교 분석하여 LEVEL에 따른 결과를 출력한다. 첫째, LEVEL이 COUNT인 경우, 해당 링크의 PVC 커넥션의 전체 개수만을 DB와 DC에 대해 출력한다. 둘째, LEVEL이 DETECTION인 경우, 해당 링크의 DB와 DC의 연결 정보를 상호 비교하여 불일치가 발생한 경우 DB에만 존재하는 연결 정보와 DC에만 존재하는 연결 정보로 구분하여 출력한다. 셋째, LEVEL이 RECOVERY인 경우, 연결 정보에 대한 DETECTION을 수행한 결과 불일치가 발생한 경우에만 수행이 되고 그렇지 않은 경우에는 수행되지 않는다. 레벨 DETECTION으로 감사를 수행한 결과, 불일치 정보 중 상위에만 존재하는 연결 정보를 가지고 하위(DC)단으로 커넥션 재설정을 요구하여 불일치 연결에 대한 원상 회복을 수행한다. 또한 DC에만 존재하는 PVC 커넥션 정보는 상위 DB에 존재하지 않기 때문에 이러한 연결은 강제로 삭제해야만 한다.

이와 같이 LEVEL에 따른 감사 기능이 수행된 후, 해당 결과를 출력하고 감사 기능은 종료된다.

시스템에 의한 주기적 감사가 수행될 수 없는 상황에서 민원 처리와 같이 특정 커넥션을 긴급하게 복구해야 하는 경우 사용이 용이하다. 작업 상세 결과를 운용자 창으로 출력한다.

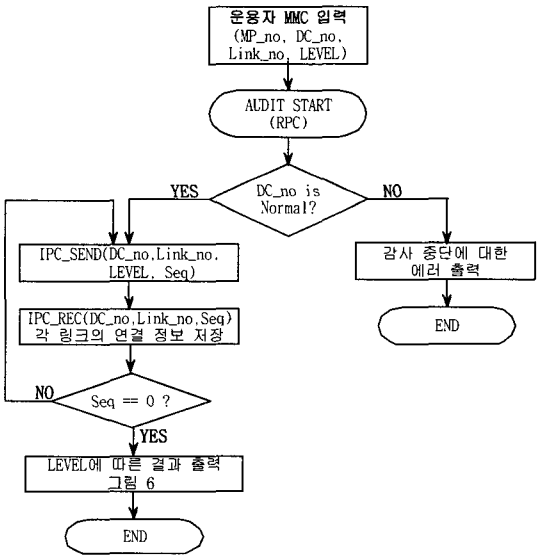


그림 4. 운용자 명령어에 의한 감사 흐름도
Fig. 4. Audit Flow Chart by Operator.

2.1 기능 수행 절차

① 운용자 명령어를 수신한 Workstation이 감사 기능 수행을 위해 해당 MP의 RPC를 호출한다.

② 시스템에 의한 주기적 감사 상태를 확인하여 주기적 감사가 수행 중이지 않거나 금지되어 있을 때 구동한다.

③ 해당 DC로 IPC 메시지를 보내 운용자가 요구한 링크에 대한 연결 정보를 얻는다.

④ 레벨에 따른 결과를 운용자 창에 출력한 후 종료한다.

2.2 관련 Software Block Interface

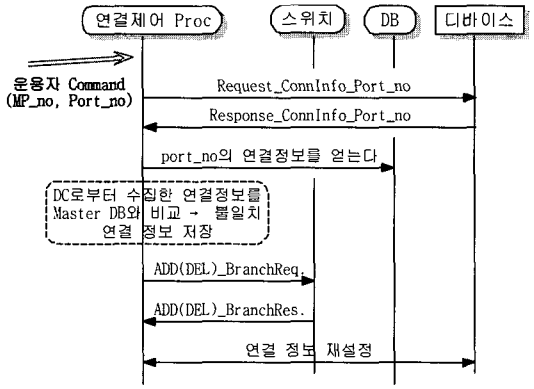


그림 5. 운용자 명령어에 의한 감사 기능도
Fig. 5. Audit Function Diagram by Operator.

3. 레벨에 따른 감사 기능

시스템에 의한 주기적 감사와 운용자 명령에 의한 주기적 감사가 이루어질 때, LEVEL에 따른 출력 기능과 수행 절차가 <그림 6>과 같이 달라진다.

첫째, LEVEL이 COUNT인 경우, 해당 링크의 PVC 커넥션의 전체 개수만을 DB와 DC에 대해 출력한다. 그런데 LEVEL이 COUNT인 경우 DB와 DC의 카운트 값이 같다고 해서 시스템의 연결 상태가 정상적이라고 판단할 수 없다. 왜냐하면 DB와 DC에서 동일한 수의 연결 정보가 불일치 될 때에도 DB와 DC의 카운트 값은 같게 되기 때문이다. 이러한 이유로 해서 감사 기능에서 LEVEL이 존재하게 된다.

둘째, LEVEL이 DETECTION인 경우, 해당 링크의 DB와 DC의 연결 정보를 상호 비교하면 DB에만 존재하는 연결 정보와 DC에만 존재하는 연결 정보를 찾아낼 수 있다. 이렇게 불일치 정보가 존재하는 경우 DB에만 존재하는 연결 정보와 DC에만 존재하는 연결 정보로 구분하여 운용자 창에 출력한다.

셋째, LEVEL이 RECOVERY인 경우, 연결 정보에 대한 DETECTION을 수행한 결과 불일치가 발생한 경우에만 수행이 되고 그렇지 않은 경우에는 수행되지 않는다. DETECTION LEVEL로 감사를 수행한 결과, 불일치 정보가 존재하면 불일치 정보 중 상위에만 존재하는 연결 정보를 가지고 하위(DC)단으로 커넥션 재설정을 요구하여 불일치 연결에 대한 원상 회복을 수행한다. 또한 DC에만 존재하는 PVC 커넥션 정보는 상위 DB에 존재하지 않기 때문에 이러한 연결은 연결 제어 프로세서에 의해서 삭제할 수 없기 때문에 운용자에 의해서 강제로 삭제되어야만 한다.

이와 같이 LEVEL에 따른 감사 기능이 수행된 후, 해당 결과를 출력하고 감사 기능은 종료된다.

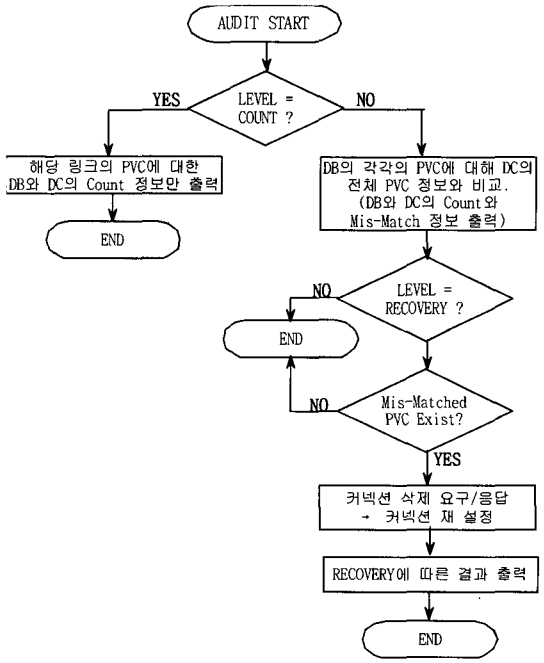


그림 6. LEVEL에 따른 감사 기능 흐름도
Fig. 6. Audit Flow Chart for Level.

Ⅳ. 성 능 평.가

1. 성능 평가를 위한 모델링

ATM 교환기에서 하나의 링크에 설정할 수 있는 최대 커넥션의 개수는 시스템에 의존적이지만 본 논문에서 성능 평가를 위해 사용한 ACE-2000 시스템에서는 수만 개의 PVC 커넥션을 설정할 수 있다. <그림 7>과 같이 STM-1 링크에 10000개의 PVC 커넥션을 설정한

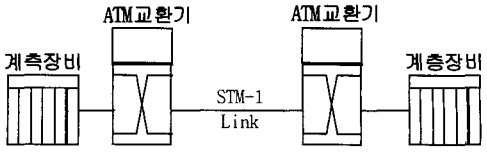


그림 7. 성능 평가를 위한 네트워크 모델링
Fig. 7. Network modeling for performance evaluation.

후, 셀 전송률을 나타내는 Throughput(P)이 0.4 ≤ P ≤ 1의 범위를 가질 때 감사 기능에 따른 연결 제어 프로세서의 부하를 측정하였다.

2. 성능 분석 및 검토

본 논문에서는 감사 기능이 시스템 부하에 미치는 영향을 평가하기 위하여 <그림 7>과 같은 환경을 구축하였다. <그림 7>에서 ATM 교환기는 ACE2000 SYSTEM이고, 셀 전송을 위해 ADTEC사의 AX-4000이라는 시험 장비를 사용하였다. AX-4000 시험 장비에서 Throughput을 0.4 ≤ P ≤ 1의 범위까지 변경시키면서 감사 기능이 수행되고 있지 않은 경우와 감사 기능이 수행되고 있는 경우에 연결 제어 프로세서에 대한 부하를 측정하였다.

<그림 8>과 <그림 9>는 P = 0.7인 경우에 감사 기능이 연결 제어 프로세서에 미치는 영향을 나타내고 있다.

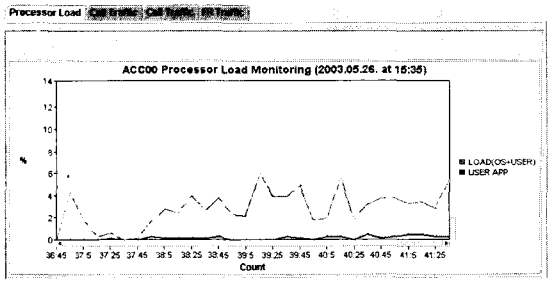


그림 8. 감사 수행에 따른 연결 제어 프로세서의 부하
Fig. 8. Call Control Processor's Load for Audit Process.

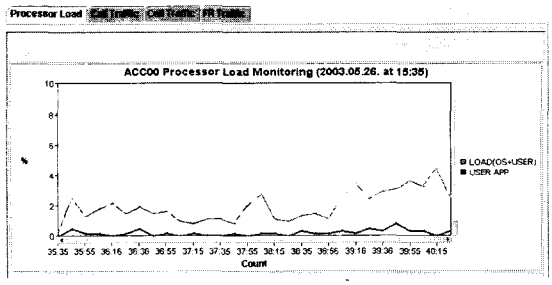


그림 9. 감사 미 수행시 연결 제어 프로세서의 부하
Fig. 9. Call Control Processor's Load for No Audit Process.

<그림 8>와 <그림 9>에서 보는 것과 같이 P = 0.7인 경우 감사 미 수행시 연결 제어 프로세서의 평균 부하는 약 2.15%, 감사 수행시 연결 제어 프로세서의 평균 부하는 약 3.72% 수준이다.

표 1. 시스템 부하와 감사 기능 수행에 따른 연결 제어 프로세서의 부하
Table 1. Call Control Processor's Load for System Load and Audit Function.

부하 / 처리율	프로세서 부하 (감사 미수행)	프로세서 부하 (감사 수행)
0.4	2.13%	3.77%
0.5	2.12%	3.68%
0.6	2.24%	3.71%
0.7	2.15%	3.72%
0.8	2.19%	3.72%
0.9	2.20%	3.94%

<표 1>은 셀 전송률에 따라 감사 기능이 연결 제어 프로세서의 부하에 미치는 결과를 나타낸다. 데이터 전송률의 변화는 연결 제어 프로세서의 부하에 독립적임을 알 수 있다. 왜냐하면 ATM 셀을 스위칭하는 과정에서 연결 제어 프로세서에서는 어떠한 기능도 수행하지 않기 때문이다.

<그림 8>과 <그림 9>, 그리고 <표 1>에서 보는 바와 같이 감사 수행으로 인하여 연결 제어 프로세서의 부하가 크게 증가되지 않음을 알 수 있다. 또한 시스템 부하가 증가하여도 감사 수행으로 인한 연결 제어 프로세서의 부하가 거의 일정함을 볼 수 있는데, 이는 감사 기능이 연결 제어 프로세서에 큰 부하를 주지 않으면서 시스템 연결 정보를 복원할 수 있음을 보여 주고, 감사 기능으로 인한 호 처리 관련 기능에 거의 영향을 미치지 않음을 유추할 수 있다.

V. 결론 및 향후 과제

데이터 감사란 분산 실장되어 있는 데이터들을 대상으로 이상을 진단하고 불일치 데이터를 검출하여 이를 일치시키는 일련의 기능이다. 본 논문에서는 ATM 교환기에서 분산되어 있는 연결 정보 중 대부분을 차지하고 있는 PVC 커넥션에 대한 정보를 시스템에 의한 Self-Test인 주기적 감사 기능과 운용자의 MMC에 의한 감사 기능을 제안하고 감사 기능이 연결 제어 프로세서의 부하에 미치는 영향을 분석하였다.

본 논문에서 제안한 연결 정보 감사 기능에 대해 시험 장비(AX-4000)와 ACE-2000 교환기로 모델링하여

감사 기능이 연결 제어 프로세서에 미치는 영향을 평가하였는데, 시스템의 데이터 전송률이 증가하여도 이에 대한 연결 제어 프로세서의 부하는 작은 비율로 일정하게 유지되었다. 이는 감사 기능이 연결 제어 프로세서에 큰 부하를 주지 않으면서도 시스템 연결 정보를 복원하고, 감사 기능으로 인한 호 처리 관련 기능에 거의 영향을 미치지 않음을 유추 할 수 있다.

본 논문에서 설계 및 제안한 연결 정보 감사 기능으로 최적의 시스템 상태를 유지하고, 데이터의 진단 및 복구 작업을 신속하게 처리할 수 있어 현재 진행 중인 초고속 국가 망에 대한 신뢰성을 한층 더 높일 수 있을 것이다. 또한 향후 과제로 PVC 연결 정보뿐만 아니라 SVC 연결 정보 등 다양한 연결정보에 대한 좀 더 구체적인 감사 기능의 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Wolfgang Fischer. "A Scalable ATM Switching System Architecture" IEEE JSAC vol.9, no.8, Oct.1991.

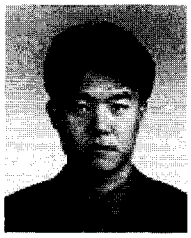
[2] 한치문, 김영부, "완전 분산형 구조를 갖는 ATM 교환 시스템" JCCI-'93 Proc., 1993

[3] 고광호, 김봉수, 김한경, "광대역 통신망의 OAM 기능을 위한 개념 정립." 한국전자통신 연구소 전자통신동향 분석 제 8권 제 2호, 1993. 7

[4] H.Satio, "Teletraffic Technologies in ATM Networks" Artech House, 1994.

[5] 松本有三 외, <<ATM 통신 시스템>>, FUJITSU, Vol.15, No.1, pp52~58, 후지쯔, 1994

저 자 소 개



柳 泳 一(正會員)

1993년~1999년 : 전북대학교 전자공학과 졸업(공학학사). 1999년~2001년 : 전북대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 2001년 4월~현재 : 서울통신기술(주) 통신연구소 연구원. <주관심분야 : ATM PVC/중계호처리/트래픽 제어, MPLS LDP/VPN>

田 炳 實(正會員) 第39卷 TC編 第7號 參照