

ATM망에서 클래스별 QoS 보장을 위한 Multi Case Self-healing방법

정희원 이 동 욱*, 홍 충 선**, 이 대 영**

The Multi-Case Self-Healing Algorithm with QoS Guarantee in ATM Networks

Dong-Wook Lee*, Choong-Seon Hong**, Dae-Young Lee** *Regular Members*

요 약

ATM 네트워크에서 오류가 발생한 VP를 복원하기 위한 자가치료(Self-healing) 알고리즘을 제안한다. 자가 복구 알고리즘 중 가장 많이 사용되고 있는 백업 VP 방법을 응용하였다. 기존 알고리즘의 문제점으로는 백업 VP에 장애가 발생하였을때 장애를 복구 할 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 클래스별로 QoS를 보장하는 백업 VP 설정 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 노드 쌍의 등급에 대한 분리 경로그룹인 알고리즘-1과 CASE별 별도의 백업 VP를 적용한 알고리즘-2로 나누어 제안하였으며 이 들을 모의 통신망을 통해 적용, 서비스의 복구 성능을 비교,분석,고찰 하였다.

ABSTRACT

It is Proposed that the Algorithm for Self healing to restoration the backup VP Occurrence Error in ATM Network . This study focuses on self-healing algorithm to restore failed VP. and backup-VP algorithm, one of the popular self-healing algorithm, is applied in this study. The problem with the existing algorithm is that when backup-VP is failed, there is no solution. This study proposes backup-VP algorithm to guarantee QoS in accordance with class. This study evaluates the effect of failure and proposes two algorithms. One is a disjointed path group to node pair class. and the other is one that applied different backup-VP case by case. Through simulation network restoring ability is compared, analyzed and synthesized.

I. 서 론

통신망의 생존은 통신시스템과의 사회적 의존의 증가와 정보의 중요성의 증가로 인해 중요한 이슈가 되고 있다. 네트워크 장애로부터의 빠른 복구(Fast restoration)는 빠른 속도의 네트워크 환경에서 필수 불가결한 시스템의 중요한 구성 요소이다. 자가 복구(Self-Healing) 알고리즘은 원 거리의 메시형이나 메트로폴리탄 네트워크의 VP를 이용한 복원방법이 ATM망에 적용하여 광범위하게 연구 되어왔다. 알고리즘의 두 가지 중요한 기능은 용량 확보

(Capacity Hunting)와 네트워크 장애가 발생했을 때 실시간으로 경로 재설정(Rerouting)을 위해 필요한 여분 경로를 설정하는 것이다. B-ISDN의 장애 관리 기능은 각 계층에서의 장애 발생을 지속적으로 감시하여야 하며, 특정 계층에서 장애가 발생되었을 때 상위 계층으로 장애의 영향이 파급되는 것을 최소화하고, 신속하게 대체 경로를 사용하여 장애가 발생된 경로를 통과하던 서비스 트래픽을 이관시켜 서비스에 차질이 없도록 하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 통신망 장애에 대하여 신속하게 복구하고, 통신망의 서비스 품질에서 안정성(Reliability)을 향

* 중소기업진흥공단 중소기업연수원 컴퓨터 정보산업과
논문번호: 010301-1023, 접수일자: 2001년 10월 23일

** 경희대학교 전자정보학부

상시하기 위하여 VP 전송망에서의 QoS별 자가 복구 기법으로 ATM 초고속망의 장애 시 QoS를 고려하여 복구하는 알고리즘을 제시한다.

II. ATM-서비스 종류 및 특성

ATM 포럼의 TM(Traffic Management) 규격 4.1에서는 ATM 서비스를 크게 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 및 UBR(Unspecified Bit Rate) 및 GFR(Guaranteed Frame Rate)로 분류한다. 그리고 VBR 서비스는 실시간인지는 아닌지에 따라rt(real-time)-VBR과 nrt(nonreal-time)-VBR로 구분하고 있다. 그림-1에서는 이러한 ATM 서비스가 링크의 어떤 부분을 사용하는지 나타내고 있다. 그리고 이들 서비스는 연결설정 요구 시 명시되는 트래픽 파라미터와 서비스 품질 파라미터 면에서 서로 다른 특징을 가지고 있다. 현재 ATM 서비스 클래스에 따라 고려되고 있는 트래픽 파라미터로는 PCR(Peak Cell Rate), SCR(Sustainable Bit Rate), BT(Burst Tolerance), MCR(Minimum Cell Rate)등이 있고, 서비스 품질 파라미터로는 CLR(Cell Loss Ratio), CTD(Cell Transfer Delay), CDV(Cell Delay Variation),GFR(Guaranteed Frame Rate)등이 있다. ATM 서비스 클래스에 따라 요구되는 서비스 품질이 서로 다르므로 적용할 수 있는 트래픽 관리 기능에도 차이가 있다. 실시간 서비스를 위한 CBR이나 rt-VBR은 피드백에 의한 폭주제어를 적용할 수가 없으므로 연결 수락 제어, 사용 파라미터에 의해 서비스 품질이 보장되어야 한다. 반면에 ABR 서비스는 최소 셀 전송률에 대한 보장만하고 링크의 상태에 따라 최대 셀 전송률까지 동적으로 가용 대역폭을 활용하여 트래픽을 전송하는 방식으로 셀 손실방지를 위해서는 피드백에 의한 폭주제어가 필수적으로 요구된다.

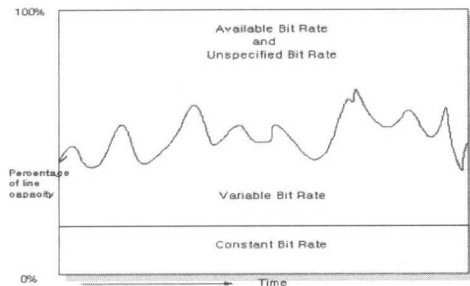


그림 1. 서비스의 링크 이용

III. 본 논문에서 제안하는 QoS클래스 별 망 구성

기존의 자동 복구 기법은 서비스 종류나 QoS와는 무관하게 동적 복구 (Dynamic Restoration) 또는 백업-VP 복구를 사용하여 자동 복구 기법이 제안되었다. 본 논문에서는 동일 물리 매체에 서로 다른 QoS를 요구하는 복수 개의 VP 통신망이 논리적으로 구성되어 있는 것으로 가정한다. ATM Forum에서는 QoS 클래스별로 다양한 서비스를 정의하고 있으며 이를 살펴보면 각각의 서비스들은 매우 다양한 트래픽 특성들을 가지고 있는 것을 알 수 있다.이 들을 QoS에 따라서 분리된 VP 망을 구성한다. 또한 각각의VP망에 대한 자동 복구 기능을 개별적으로 제공한다. 그림2는 서로 다른 QoS 클래스별로 구성된 4가지의 VP망을 나타낸다.

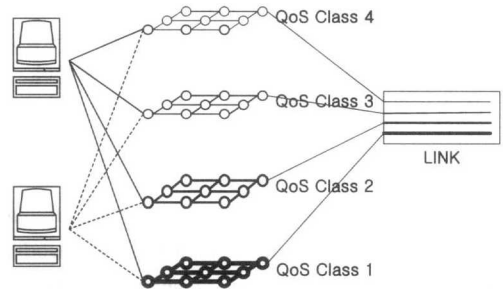


그림 2. QoS에 따른 개별적 VP망 구성

IV. ATM망의 VP 특징

ATM 및 B-ISDN에서 발생 가능한 물리적 전송 링크의 장애를 효과적으로 복구하기 위해서는 ATM 망의 기본적인 유지보수 특성과, 트래픽 전달의 기본이 되는 VP 및 VC의 특성을 충분히 고려하여 복구 알고리즘을 설계하여야 한다. 그림3은 ATM 링크의 VP 및 VC 개념을 보여주고 있다. VC 및 VP링크는 각각의 VCI(Virtual Channel Identifier)/VPI(Virtual Path Identifier) 값이 할당되는 지점(ATM 교환기 혹은 Cross-Connect) 부터 그 값이 바뀌거나 제거되는 지점까지의 논리적 링크를 의미하며, 각 링크의 연결(Concatenation)을 VCC(Virtual Channel Connection) 및 VPC(Virtual Path Connection)라고 한다. VP교환기 혹은 크로스 커넥터(Cross-Connect)에서 VP 링크가 중단되고, VCI

및 VPI 값이 변경된다. VC 교환기에서는 VC 및 VP교환기능을 함께 가지고 있다. VPC는 망 자원의 관리를 효율 적이고 간단하게 하기 위하여 두 지점 간에 정적이고 반영구적으로 할당 될 수 있다. 이러한 VP 및 VC의 특성은 링크 혹은 노드에 장애가 발생하였을 경우 어느 지점을 중심으로 복구 절차를 개시 할 것인가의 중요한 판단 기준이 된다. VPC의 용량은 해당 VP내의 VCC용량의 단순 합이나 통계적 다중 회를 이용한 방법 등을 이용하여 결정되는데, 장애에 대비한 예비 VP 와 용량을 사전 설정해 놓음으로써 복구를 간단하고 빠르게 수행할 수 있다. 장애 링크의 논리적 복구는 VP 및 VC 단위의 복구가 적용 가능한 ATM계층에서 이루어진다. VP의 경로는 경로표(RT : Routing Table)에서 배정받고, 용량은 VP 종단(Terminator)이나 크로스 커넥터에서 논리적으로 할당되므로 VP의 라우팅과 대역폭(Bandwidth) 할당은 독립적으로 행해질 수 있다. 따라서 대역폭이 "0"인 예비 VP를 설정하고 다수 VP가 예비 VP를 공유할 수 있다. ATM에서는 VP 및 VC의 관리를 위하여 대용량의 대역폭을 확보할 수 있는 OAM 셀을 이용함으로써 자가 복구(self-healing) 기능을 빠르고 효과적으로 수행할 수 있다.

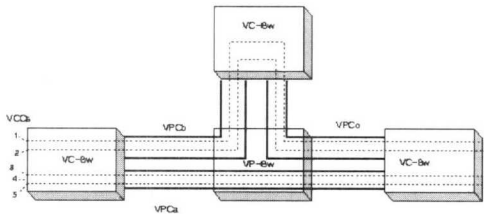


그림 3. ATM링크의 VP 및 VC개념

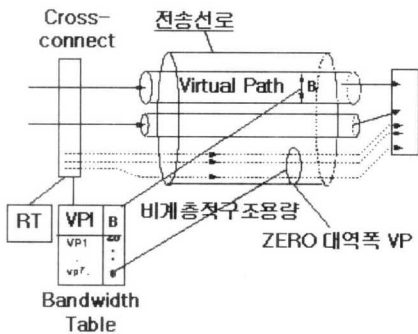


그림 4. ATM에서의 VP

그림4는 Virtual Path의 개략도이다. VP는 VPI와 RT(Routing Table)에 의하여 결정된다. VPI는 셀에 할당된 경로를 식별하여 셀 헤더에 포함된 번호이며, RT는 각각의 Crossconnect System에 있다. ATM망에서 VP의 경로와 대역폭은 VP의 대역폭이 그림4처럼VP 터미네이터 또는 Crossconnect의 데이터베이스에 논리적으로 정의되어 있고, 경로는 Crossconnect의 RT에 정의되어 있기 때문에 독립적으로 정의된다. 즉,VP경로는 대역폭을 할당하지 않고도 정할 수 있으므로 대역폭을 Zero로 할당할 수 있다. ATM망은 이러한 유연한 전송 경로가 실현 가능하지만, 장애 경로를복구하는데 있어서 링크 당 복구되는 VP의 수가 최대 4096개라는 것과(=2^12 ; VPI : 12비트)대역폭을 Zero로 할당하였을 경우, 장애가 발생한 VP를 다른 경로로 대처하고자 할 때, 각 백업 경로와 각 VP 대역폭을 동시에 고려할 필요가 있다. 즉, 장애가 발생하기 전에 모든 VP에 대하여 장애가 발생하면 복구를 위하여 사용할 대체경로를 미리 설계하고 각각의 VP에 대해 백업 VP를 미리 할당하여, 복구 경로를 찾기 위한 과정이 생략됨으로써 바른 복구 과정을 실현하게 된다.

V. 자가 복구(Self-healing)의 기본 개념

광대역망은 다중 링크 장애로부터 빠른 복구가 가능하도록 하여 사용자에게 보다 더 높은 신뢰성을 제공할 필요가 있다. 그림5에서 Self-Healing의 개념 도를 나타냈다. 그림에서와 같이 분산제어복구 알고리즘을 전송망(transport network)에 적용하여 장애를 복구하는 것을 자가 복구 라고 한다. 하나의 노드는 VPHM(VP Handling Module)과 OAM 모듈을 포함한다. VPHM은 VP크로스커넥트(cross-connect)를 담당하고 OAM 모듈은 모드에서의 자가 복구 처리를 담당한다. 임의의 링크에서 장애가 발

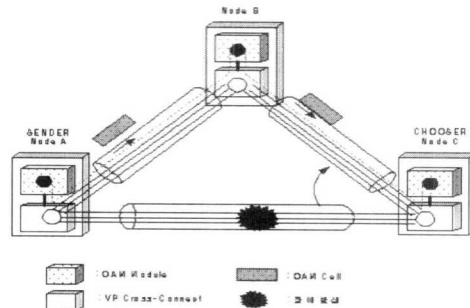


그림 5. 자가복구의 개념도

생하면, 장애가 발생한 링크에 있는 VP를 복구하기 위하여 인접한 노드들 사이에서 SHC 메시지가 교환된다. 일반적인 자가 복구 알고리즘에서는 SHC (Self-Healing Control) 메시지에 대체 경로를 찾기 위한 정보를 가지고 송신(sender)노드에서 수신(chooser)노드로 전송된다. 수신노드가 SHC 메시지를 받은 후 적절한 경로를 선택하여 대체경로를 할당하여 장애를 복구한다.

VI. VP 전송망에서 QoS별 자기복구방법

본 논문에서는 QoS별 복구 알고리즘을 제안하기 위해서 분리 경로 그룹의 개념을 도입한 알고리즘과 QoS 클래스 별 서로 다른 예약 여유 경로 할당 방법을 제시한다. 제안한 알고리즘에서, 복구 망이라는 것은 상대적으로 고가의 서비스, 또는 신뢰성 높은 통신을 요하는 파라미터를 갖는 트래픽에 대한 복구 경로를 사전 할당하여 다른 새로운 호 설정 및 복구 경로 설정을 차단하여 통신망의 장애에 대하여 효율적으로 대처 할 수 있게 된다. 분리 경로 그룹 망의 설계는 복구 방법과 같이 연구되었다. 링크(구간) 복구(Link Restoration)를 이용하는 방식에 대한 설계 방법이 있고, 경로 복구를 위한 설계(Backup-VP Restoration), 그리고 세그먼트를 이용하는 복구 방식(Segment Restoration)등, 그 응용에 따라 다른 결과가 나올 수 있다.

6.1. 알고리즘-1: 분리 경로 그룹을 이용한 복구 알고리즘

망의 모든 VP 연결은 1~|Q|의 종류로 분류된 자기 자신의 QoS를 갖고 있다. ATM 망에서의 QoS 파라미터는 대역폭, 셀 지연 변이(CDV : Cell Delay Variation), 최대 셀 전송 지연(maxCTD : Maximum Cell Transfer Delay), 셀 손실률(CLR : Cell Loss Rate), 셀 에러율(CER : Cell Error Ratio), 최대 셀 전송률(maxCR : Maximum Cell Rate), 가용 셀 전송률(AvCR)등과 같은 것들이 있다. 하나의 VP 안에 있는 모든 VC는 모두 같은 QoS 클래스를 갖는 것으로 가정한다. 각 VP는 이 QoS 클래스에 맞는 대체 복구 경로를 할당 시켜줘야 한다. 망은 $G=(V, A, C)$ 로 표현한다. V는 망 내 노드의 집합, A는 망 내 모든 링크의 집합, C는 링크의 비용이다. Q를 1부터 |Q|까지의 레벨을 갖는 QoS 집합이라 하자. 그리고 P를 망 내 모든 VP의 집합이라 하면, 이집합 P는 QoS의 클래스에 따라 $P = (P^Q)$

로 분류 할 수 있다. 집합 P^Q 내의 하나의 경로 P_1 은 집합 P^Q 의 링크 혹은 노드 분리된 다른 경로에 의해서 복구된다. 각 클래스의 경로는 또다시 분리된 VP 그룹으로 분류하여 트래픽을 할당한다. 모든 VP의 경로는 양 종단 노드가 있고, 한 가지 QoS 클래스 안에서 한 그룹 내의 몇 번째 경로에 해당하는가에 따라 인덱스가 붙여진다. 예를 들어 한 경로 $P_{w,k}^{q,a}$ 는 노드 쌍 $w = (s,d)$ 를 위한 QoS 클래스 q의 경로로서, 이 경로는 분리 VP 그룹 중에서 a 그룹에 속하고, 그 그룹 내에서 k번째 경로이다. 그림6은 하나의 노드 쌍 $w = (s,d)$ 의 클래스 1과 트래픽 요구량을 위한 운용 경로와 복구 경로를 위한 트래픽을 할당한 예이다. 이 예에서 클래스 1을 위한 VP 경로 그룹 P_w^1 을 $P_w^{1,1}$ 과 $P_w^{1,2}$ 등 2개의 분리 VP 그룹으로 분류한다. 이 두개의 그룹 중에서 하나의 그룹 내의 경로를 운용 트래픽을 위한 경로로 이용하고, 나머지 그룹내의 경로로 복구 경로를 할당한다. 즉, VP 그룹 1의 링크 장애가 발생하였을 경우 그룹 1의 VP 들은 예비경로를 할당하여야 하고, 그 경로는 VP 그룹 2의 경로들이 된다. 동시에 두개의 링크 고장에 대비하기 위해서는 분리 VP 그룹의 수를 3개로 두고 보호 경로를 할당하면 된다. 이 경우 동시에 두 개 이상의 링크 고장시 링크 1로 점유하는 예비 용량들을 계산해서 그들 중 큰 값으로 예비 용량을 결정한다. 망내의 모든 링크 중에서 동시에 2개의 링크 고장에 대비한 용량을 만족하기 위해서는 이들 값들 중에서 가장 큰 값을 예약해 두어야 한다. 알고리즘1은 실시간성이 요구되는 트래픽에 대하여 장애 발생시 빠르고 효율적인 복구를 수행하기 위하여 호가 설정된 경로 그룹과 복구 경로로 사용할 경로 그룹으로 분리하는 것이다. 알고리즘의 기본적인 수행은 소스를 기반으로 수행한다. 송신 노드에 모든 그룹 분류 정보 데이터베이스를 저장한다.

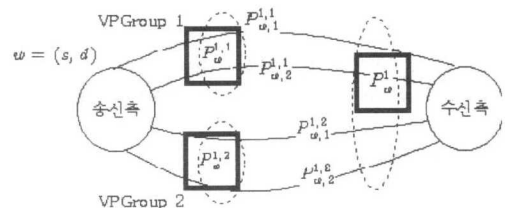


그림 6. 노드쌍의 한 클래스에 대한 분리 경로 그룹

기본적인 알고리즘의 흐름은 그림7과 같다.

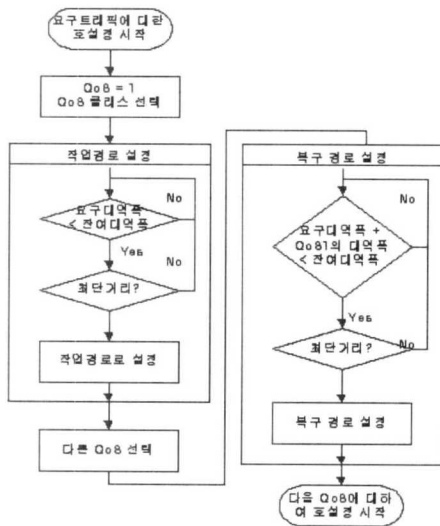


그림 7. 분리경로 그룹 알고리즘 흐름도

그림7의 흐름도는 현재 QoS클래스 1번에 대하여 요구대역폭과 최단거리를 만족하는 경로로 작업 경로를 설정하고, 복구 경로 설정을 위해서는 QoS 클래스 1번의 대역폭을 만족하고 현재 호의 요구 대역폭도 만족하는 경로를 설정하는 제안 알고리즘1이다. 클래스 1번뿐 만 아니라 모든 QoS 클래스에 대하여 수행하여야 한다. 그림8은 시퀀스 다이어그램을 나타낸다.데이터 전송부터 장애 복구 단계는 위의 그림8과 같이 3단계로 구분할 수 있다. 각 단계별 동작은 다음과 같다.

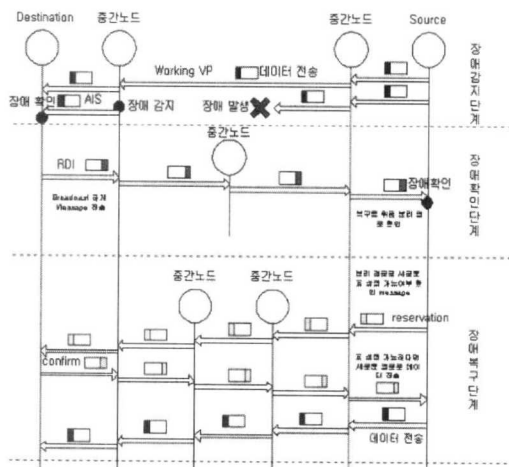


그림 8. 알고리즘1의 시퀀스 다이어그램

장애 감지 단계 : 송신측으로부터 수신측으로 데이터를 전송 중 장애 발생에 대하여 다운 스트림 방향으로 다음 노드가 장애를 감지하게 된다. 장애 감지 후 다운 스트림 방향으로 AIS 셀을 발생시켜 장애 발생 위치를 수신측에 알리게 된다. AIS 셀은 즉 수신측에 장애 발생을 알리는데 사용된다. 장애 확인 단계 : 수신측은 송신측에 장애를 알리기 위해 RDI 셀을 이용하여 송신측에 장애를 알리고 확인한다. 메시지의 전송은 Broadcast하게 송신측 노드로 전송한다. 장애 복구 단계 : 송신측은 장애 발생을 RDI 셀을 받음으로서 확인하게 되고, 다음으로 기 설정된 분리 경로로 새로운 경로 설정 가능 여부를 확인한다. 수신측인 확인 메시지를 받고 호설정 가능하다면 확인 메시지를 송신측에 전송한다. 송신측은 메시지 확인 후 데이터를 전송한다.

6.2. 알고리즘 2 : 클래스별 별도의 백업 VP를 적용한 복구 알고리즘

B-ISDN 프로토콜 참조모델에서 사용자 정보의 전송을 위한 사용자 평면(User Plane)은 망을 통하여 사용자들 간의 정보를 전달하기 위한 경로 설정이 이루어진 후, 망에서는 사용자 정보를 주고받는다. 사용자 정보를 전송하는 단계에서 전송 시 사용되는 클래스의 신호가 이루어지고, 이 과정에서 서비스 클래스에 따라 복구CASE가 선택 되도록 하였다.

6.2.1. 서비스 범위별 복구CASE의 선택

사용자 평면은 망을 통하여 사용자들 간의 정보를 전달하기 위한 프로토콜을 표현한다. 즉 경로 설정이 이루어진 후, 망에서는 사용자 정보를 주고받는다. 사용자 정보를 전송하는 단계에서 전송 시 사용되는 클래스의 신호가 이루어지고, 이 과정에서 서비스 클래스에 따라서 CASE를 선택한다. 그림9의 (a)와(b)는 서비스 클래스별 CASE의 흐름도와 선택을 나타낸다.

장애 감지 단계 (Failure Watch Phase)에서 OAM 기능들을 통하여 장애의 발생을 감지하게 되고 망에 장애가 발생하였을 때는 현재 사용 중인 서비스가 어떠한 종류의 자가 복구 기법을 사용하는가를 확인한 후 자가 복구 기능을 수행하게 된다. 자가 복구 기능이 성공적으로 수행이 된 후에는 백업 VP 재설정 (Reconstruction Phase) 단계로 넘어가게 된다. 여기에서 수행되는 기능은 자가 복구로 인해서 새롭게 생성된 경로에 대한 백업 경로를 결정하게 된다.

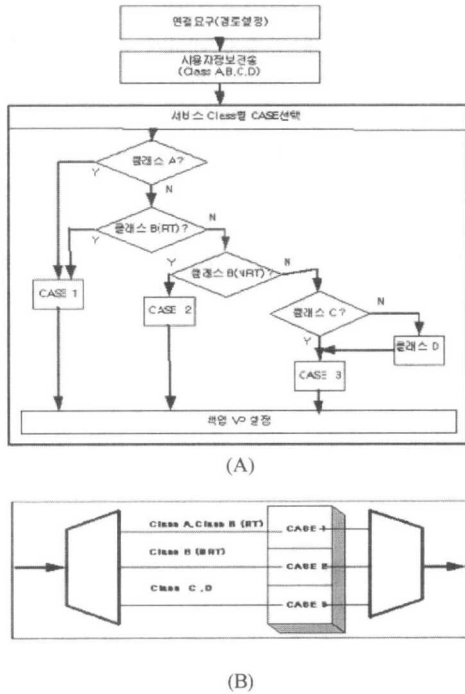


그림 9. 서비스 클래스별 CASE의 흐름도와 선택 개념도

각각의 복구방법은 ATM 포럼에서 정의하는 서비스에 대해서 개별적으로 적용이 가능하다. 즉 트래픽 특성을 고려하여 트래픽의 특성에 따라 그림10의 (a,b,c)와 같이 Case-1, Case-2, Case-3 을 적용하여 백업 VP를 설정하게된다.

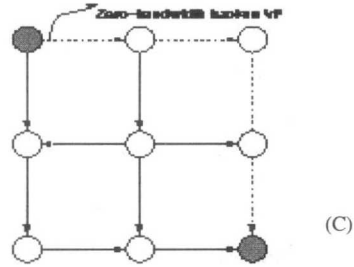
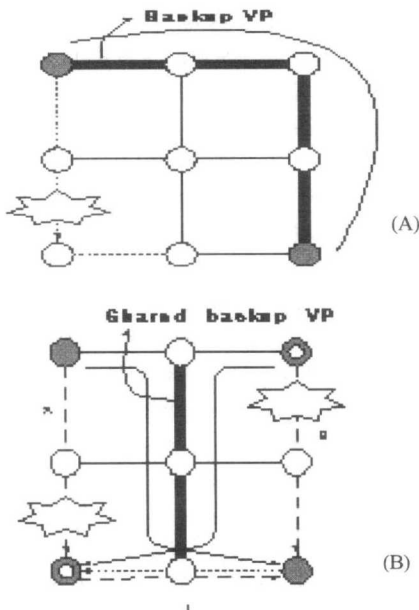


그림 10. 복구 CASE별 백업VP

6.2.1.1 복구 Case-1

복구 Case-1은 높은 신뢰도가 요구되는 서비스를 위해 제공되고 대역폭의 할당은 최초 연결설정의 대역폭과 동일하게 제공한다. 이때 사전에 규정된 PCR(peak cell rate)을 보장해준다. 그림-10의 (a)에서 보는 바와 같이 서비스를 위한 연결이 설정된 후 링크에서 장애가 발생했을 때 모든 트래픽을 미리 지정된 백업 VP경로를 재 설정한다. 복구 Case-1의 단점은 오류가 발생하지 않을 때도 사용하지 않는 대역폭을 할당해 둔다는 측면에서 단점이 있다. 그러나 신뢰도 측면에서는 대역폭이 사전 예약되어 오류에 대하여 완벽하게 복구할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 백업 VP 설정 방법은 실시간 트래픽 특성을 갖는 파라미터에 적합하다.

6.2.1.2 복구 Case-2

복구 Case-2는 사전에 1개의 백업-VP를 설정해 둔다. 그림-10의 (b)에서 살펴보면 이때 사용하는 백업-VP설정은 복구 Case-1과 같이 하나의 링크를 위한 대체경로가 아니라 여러 개의 링크들이 공유해서 사용할 수 있는 경로이다. 링크에서 장애가 발생했을 경우 미리 지정된 일부 링크를 백업-VP로 사용하여 경로를 재 설정한다. 또한 복구 Case-2는 동일 대역폭에 대해서 서비스에 제공되는 Cell Rate, 즉 SCR(Sustainable Cell Rate)을 제공하는가. 또는 MCR (Minimum Cell Rate)을 제공하는가에 따라 2 가지로 나뉘어진다. SCR 과 MCR의 선택의 사용자가 사용하는 서비스의 특성에 따라 구분하여 정할 수 있다. 본 CASE의 단점은 대역폭 점유율이 높은 트래픽과 공유되는 VP일 경우 오류에 대하여 복구하지 못하게 되며, 장점은 일부 링크를 공유함으로써 자원의 활용성 면에서 우수한 성능을 나타내는 알고리즘이다. 예를 들면, 최대 전송 속도가 155Mbps일 때 A 경로의 사용 대역폭이 100Mbps이고 B 경로의 사용 대역폭이 60Mbps일

경우 공유되어 사용되는 링크의 경우 A, B 경로의 오류에 대하여 복구를 수행하지 못하게 된다. 이와 같은 이유로 공유 백업 VP 설정 시 공유 되는 링크에 대하여 여분의 대역폭을 고려하여야 한다. 모의실험을 수행한 결과 70%-80% 정도까지 대역폭을 점유하도록 경로 설정하는 것이 우수한 복구를 수행하였다. 본 논문에서는 75% 로 설정하여 모의실험 하였다. 아래 식은 설정 가능 대역폭을 나타낸다. SB는 여유 대역폭이며, LS는 최대 대역폭이다. 그리고 사용중인 대역폭은 u1, u2, , un 으로 나타낸다.

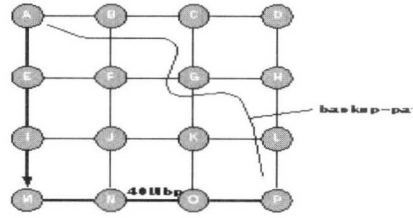
$$S_B \geq L_S - 0.75 \sum_{i=1}^n u_i$$

6.2.1.3 복구 Case-3

복구 Case-3은 사전에 백업-VP를 할당하되 0% 대역폭을 할당해 둔다. 그림-10의 (c)는 복구 case 3에 해당하고 장애가 발생하면 미리 지정된 경로에서 할당된 대역폭이 없기 때문에 사용할 수 있는 만큼의 자원을 할당받아서 사용한다. 이것은 단지 링크 장애시 대체 경로만을 미리 정해 둬으로써 대역폭의 손실을 줄이는 장점이 있다. 하지만 복구 Case-1,2에서 만큼의 신뢰성을 보장받을 수는 없다. 백업 VP 복구 알고리즘 중 가장 복구율이 낮으며, 다중의 장애발생시 복구율이 떨어지게 된다.

6.2.2. 제안 알고리즘의 Self-healing 수행

ATM-VP 전송망에서 백업 VP를 위한 연결설정은 종단간의 연결이 설정되는 단계에서 이루어진다. 그림11의 (a)와 같이 A에서 P로 연결 시에 백업 VP를 위한 경로는 초기의 경로를 유지하지 않는다는 조건하에서 A-B-C-D-H-L-P, A-B-C-G-H-L-P, A-B-C-G-K-L-P, A-B-F-G-H-L-P, A-B-F-G-K-L-P, A-B-F-J-K-L-P, 6가지의 경우가 존재한다. 본 논문에서는 백업-VP를 위한 연결 설정 시 첫째, 일정 시간 내의 링크 점유율, 둘째, 링크의 잔여 대역폭 등을 고려하여 경로를 설정한다.그림11의 (a)와 같은 실험 망은 초기 연결 시 요구하는 대역폭이 40Mbps이고 링크의 점유율은 링크에 대해서는 그림11의 (b)와 같은 잔여 대역폭을 갖는다. 이러한 여러 가지 조건을 고려해 볼 때 최초의 경로 A-E-I-M-N-O-P에 대해서 만족하는백업-VP경로는그림12와같이 A-B-C-G-H-L-P가 적당함을 알 수 있다.



(A)백업VP설정

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | 40 | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | 40 | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | |

(B)잔여 대역폭

그림 11. 알고리즘-2의 모의 실험망의 백업-VP

| 대체 가능 경로 | | | | | | | 링크별 잔여 대역폭 | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|------------|----|----|----|----|----|
| A | B | C | D | H | L | P | 40 | 60 | 50 | 20 | 60 | 50 |
| A | B | C | G | H | L | P | 40 | 60 | 40 | 60 | 60 | 50 |
| A | B | C | G | K | L | P | 40 | 60 | 40 | 30 | 50 | 50 |
| A | B | F | G | H | L | P | 40 | 40 | 30 | 60 | 60 | 50 |
| A | B | F | G | K | L | P | 40 | 40 | 30 | 30 | 50 | 50 |
| A | B | F | J | K | L | P | 40 | 40 | 30 | 70 | 50 | 50 |

■ 요구 대역폭을 만족하지 않는 링크

그림 12. 경로의 설정 가능 경로의 대역폭

Ⅶ. 모의실험

기존의 알고리즘 동적 복구 방법 과 잔여 대역폭 및 홉 카운트를 만족하는 백업 경로 설정 알고리즘을 비교하였다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 시스템의 환경은 펜티엄III 500 컴퓨터, C++를 사용하였으며, 20개의 노드와 42 개의 링크를 갖는 토론토 메트로폴리탄 네트워크인 그림13을 사용하였다. 네트워크 내 VP수는 66 개이고 총 22개의 경로를 가지고 있다. 링크 지연시간은 1msec 로 설정하였다. 그림에 사용된 링크상의 데이터 표기는 다음과 같다. Link number(, S B, usage vp count). 본 논문에서 사용된 파라미터는 메시지 처리시간은 1ms로 하고, 노드지연 시간은 없는 것으로 가정하며, 링크 지연 시간은 1ms로 하고, 홉 카운트의 수는 6으로 가정하고, 메시지 전송 속도는

1Mbps로 가정한다. 따라서 시뮬레이션에서 제한 시간은 절대 시간으로 간주하여 고려하지 않았으며, 상대적인 복구 시간으로 나타내었다. 즉 메시지의 대역폭을 설정하여 대역폭을 만족할 경우 메시지 전송이 되는 것으로 가정하였다. 자원의 변경된 정도의 판단기준은 트래픽 용량으로 하였다.

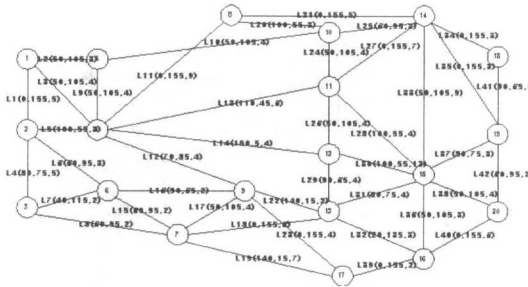


그림 13. 토론토 메트로폴리탄 네트워크

그림14는 여유용량과 홉 카운트수를 만족하는 백업 VP 설정 알고리즘과 제안 알고리즘의 링크별 점유율을 비교하였다. 결과에서 보듯이 기존 백업 VP 설정알고리즘의 경우 어떤 링크에 편중되어 백업 VP가 집중되어있으며, 제안 알고리즘-1과 2의 경우 전체의 링크에 분산되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 트래픽의 집중은 그 링크의 오류가 발생하였을 경우 심각한 망의 장애를 초래하게 된다. 따라서 제안 알고리즘을 사용하여 트래픽 분산을 시킴으로서 링크 장애에 대하여 충분한 신뢰성을 기할 수 있다. 그림14의 결과에서 절대 편차 평균의 결과는 표1과 같이 나타난다. 표의 결과와 같이 기존의 백업 VP 설정 알고리즘에 비해서 제안 알고리즘 1,2가 약 56.45%,44.8% 정도의 작은 값을 가지므로 네트워크 전체에 고르게 트래픽이 분산됨을 알 수 있다.

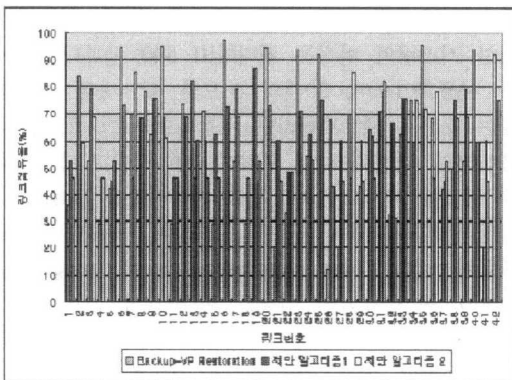


그림 14. 링크점유율

표 1. 각 알고리즘의 표준편차 비교

| | 기존백업 VP | 제안알고리즘1 | 제안알고리즘2 |
|-------|---------|---------|---------|
| 표준 편차 | 22.34 | 12.62 | 10.02 |

표2,3,4는 기존의 백업 VP 설정 알고리즘과 제안 알고리즘-2를 비교하기 위해 표 2와 같이 VP를 1노드-5노드-9노드로 설정 하였으며,서비스 클래스-2(RT)로 비교하고 오류는 1번과 5 번 사이의 링크에 두었다. 표3은 VP를 6노드-7노드-17노드로 하였으며,서비스 클래스-2(NRT)로 비교하고 7번과 17 번 사이의 링크에 오류를 두었다. 표4는 VP를 11노드-15노드-19노드로 설정하고 서비스 클래스-4로 비교하였으며 11번과15번 링크에 오류를 발생시켜 실험하였다. 경로노드는 같은 조건에서의 비교를 위하여 경로 노드가 6개인 결과치 만을 나타 내었다. 실험 결과 표2는 VP 오류에 대해서는 기존 백업-VP 및 제안 알고리즘 모두가 복구에 성공하였으며, 표3은 VP의 경우는 9번 노드를 경유하는 기존 백업-VP 알고리즘의 경우 복구를 수행하지 못하고 오류가 발생하였으며, 표4 VP의 경우는 기존 백업-VP 및 제안 알고리즘 모두 복구에 성공하였다.

표 2. 서비스 파라메터에 대한 알고리즘 비교(QoS 클래스-2(RT)) < VP: 1node->5node->9node>

| | 경유노드 | | | | | | 상태 |
|--------|------|---|---|---|----|---|----|
| 기존백업VP | 1 | 2 | 6 | 3 | 7 | 9 | 복구 |
| 제안알고리즘 | 1 | 2 | 6 | 7 | 17 | 9 | 복구 |

표 3. 서비스 파라메터에 대한 알고리즘 비교(QoS 클래스-2(NRT)) <VP: 6node->7node->17node>

| | 경유노드 | | | | | | 상태 |
|--------|------|---|----|----|----|----|----|
| 기존백업VP | 6 | 9 | 13 | 15 | 16 | 17 | 장애 |
| 제안알고리즘 | 6 | 7 | 13 | 15 | 16 | 17 | 복구 |

표 4. 서비스 파라메터에 대한 알고리즘 비교(QoS 클래스-4) < VP: 11node->15node->19node>

| | 경유노드 | | | | | | 상태 |
|--------|------|---|----|----|----|----|----|
| 기존백업VP | 11 | 5 | 12 | 13 | 15 | 19 | 복구 |
| 제안알고리즘 | 11 | 5 | 12 | 15 | 20 | 19 | 복구 |

표5는 동적 복구 방법, 백업 VP 설정 방법, 제안 알고리즘-1과 제안 알고리즘-2의 평균 복구 시간을 20회 모의 실험하여 평균값으로 비교하였다. 링

크 지연 시간을 1msec로 하였고 노드에서의 지연은 고려하지 않고 장애검출 메시지를 받은 후부터 새로운 경로가 설정되고 송신노드에서 연결 메시지를 받고 목적지 노드까지 복구 메시지가 도착할 때까지를 복구시간으로 계산하였다. 실험 결과에서와 같이 동적 복구가 가장 많은 복구시간이 걸리고 백업 VP를 이용한 복구방법의 경우 네트워크 자원변화의 변화로 인해 연결 설정이 실패하는 경우가 많으므로 복구 시간이 제안 알고리즘 보다 많이 걸리는 것을 알 수 있다. 제안 알고리즘 1이 빠른 복구가 가능한 것은 클래스별 그룹이 설정되어 있어 해당 그룹 내에서 경로를 설정하게 되므로 가장 빠른 복구 속도를 나타내고 있다.

표 5. 알고리즘의 평균 복구시간

| | 동적 복구 | 백업VP 복구 | 제안 -1 | 제안 -2 |
|---------------|-------|---------|-------|-------|
| 평균복구 시간(msec) | 27.8 | 15.8 | 9.8 | 11.4 |

그림15는 노드 장애 시 평균 복구율을 나타냈다. 전체 자원의 변화는 랜덤하게 30% 변화를 주었으며, 총 10번의 모의 실험 하여 3회 이상 복구에 실패한 경우를 복구 할 수 없는 경우로 하였다. 동적 복구 방법은 망의 변화에도 복구시간은 많이 걸리지만 복구율은 비교적 좋은 결과를 보였고 백업 VP를 이용한 복구의 경우도 RDI신호를 접수한 후 미리 정해 둔 백업 경로로 연결 설정 메시지를 목적 노드로 보내면서 대역폭을 할당 해 나가므로 빠른 복구가 가능하나, 자원의 변화가 자주 일어나는 네트워크의 경우 자원의 변화로 인해 연결 설정이 실패하는 경우가 발생하여 다시 새로운 경로를 찾아

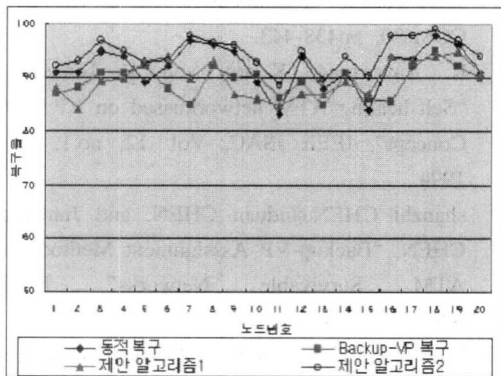


그림 15. 노드장애시복구율

복구과정을 수행하므로 복구시간이 많이 걸리고 복구율이 떨어지는 단점이 있다. 제안 알고리즘 1의 경우는 트래픽 그룹에 포함된 노드의 오류가 발생하게 되면 낮은 복구율을 나타낸다. 따라서 전체적인 복구 속도는 빠르나 복구율은 다른 알고리즘에 비해 낮은 복구율을 나타내고 있다. 반면에 제안 알고리즘 2의 경우 고른 트래픽의 분산을 통해 자원의 변화에도 불구하고 높은 복구율을 나타낸다. 각 알고리즘별 평균 복구율은 표6에 나타내었다.

표 6. 각 알고리즘별 평균 복구율

| | 동적복구 | 백업VP복구 | 제안-1 | 제안-2 |
|-----|-------|--------|------|-------|
| 복구율 | 89.42 | 94.097 | 93.2 | 94.61 |

그림16은 QoS별 평균 복구율을 나타낸다. 노드 장애와 링크 장애를 각 10회 수행하여 평균 복구율을 나타냈다. 전체 자원의 변화는 랜덤하게 10%-40%의 변화를 주었으며, 3회 이상 복구에 실패한 경우를 복구 할 수 없는 경우로 하였다. 전체적인 복구율의 경우 동적 복구 방법이 가장 낮은 복구율을 나타내었으며, 백업 VP 설정 방법은 자원의 변화에 따라 심한 차이를 보였으나 평균 복구율은 전체적으로 동적 복구 방법에 비해 우수한 성능을 보였다. 제안 알고리즘 1의 경우는 실시간 서비스가 요구되는 QoS1과 QoS2(RT)에서 높은 복구를 나타내지만 나머지 트래픽에서는 낮은 복구율을 보인다. 제안 알고리즘 2의 경우는 자원의 변화에 상관없이 고른 복구율을 나타낸다. 즉 실시간 서비스가 요구되는 QoS1과 QoS2(RT)에서 높은 복구율을 나타내는 것을 알 수 있다. 전체적인 결과를 보았을 때, 제안 알고리즘의 경우 동적 복구 방법에 비해 전체적으로 높은 복구율을 나타내고 있다. 제안 알고리

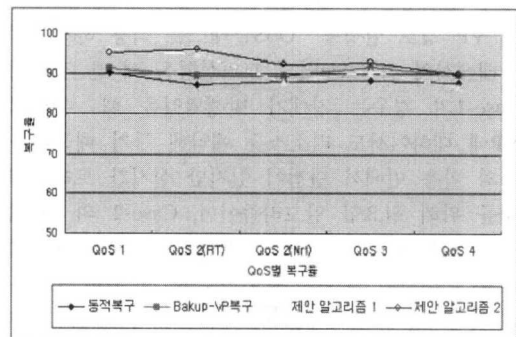


그림 16. QoS별 평균 복구율

즘-1의 경우는 복구 경로 집합을 이용하게 되므로 해당 경로에 오류가 발생하였을 경우 전체적인 복구 수행 면에서 낮은 복구율을 나타내게 된다. 반면 빠른 복구를 통해 복구 수행 속도 측면에서 높은 성능을 나타낸다. 제안 알고리즘2의 경우는 전체적인 면에서 높은 복구율과 빠른 수행 속도를 나타낸다. 표5 와 표6에서 나타난 결과를 요약하면 표7 과 같다.

표 7. 각 알고리즘의 모의실험 결과 비교

| 모의실험 회수 | 전체자원의 변화 | 복구불가판단 |
|------------|--|--------------|
| 10회 | 30%(랜덤) | 3회 이상 복구 실패시 |
| 각 알고리즘 | 특 징 | |
| 동적복구 | 복구시간과 복구율이 다른 알고리즘에 비해 상대적으로 낮게 나타남. | |
| 기존백업 VP | 비교적 빠른 복구와 높은 복구율을 나타내나 자원의 변화가 자주 일어나는 네트워크의 경우 연결설정이 실패하는 경우가 발생함. | |
| 제안 알고리즘 -1 | 전체적인 복구속도는 빠르나 트래픽 그룹에 포함된 노드의 오류가 발생하게 되면 낮은 복구율을 나타냄. | |
| 제안 알고리즘 -2 | 고른 트래픽의 분산으로 자원의 변화에도 다른 알고리즘들에 비해 높은 복구율과 빠른 복구 속도를 나타냄. | |

VIII. 결 론

본 논문은 ATM망에서 신뢰성과 안정성을 향상시키기 위해서 제안한 알고리즘중 방법1은 초기에 먼저 요구 트래픽이 할당될 분리 경로를 미리 선정하여 고정하는 방법을 사용함으로써 새로운 경로를 찾는 것이 좀더 신속하게 경로설정 및 장애복구에 신뢰성을 가져옴을 알 수 있었다. 방법2는 백업 VP 경로 설정을 QoS클래스를 적용 하지 않은 상태에서의 각 Case별로 모의실험을 해 본 결과 중 Case-1의 경우는 장애가 발생되었을 때 사용되는 VP에 대하여서도 리소스를 예약해 두기 때문에 자원의 활용 면에서 단점이 있지만 실시간 트래픽 복구를 위해 필요한 알고리즘이며, Case-2 의 경우는 공유 링크에 큰 대역폭이 할당되어 사용되면 다른 오류에 대하여 복구 기능이 떨어지게 되며, Case-3 의 경우 실제 대역폭을 할당하지 않기 때문에 소수의 링크에 과중하게 예비 가상복구경로가 설정되었다. 장애발생시 백업 복구경로에 대한 대역폭을 할

당할 때 자원이 부족하게 되며 이로 인해 복구율이 저하하게 됨을 알 수 있었다. 이러한 각각의 Case별의 특징을 멀티케이스로 QoS 파라미터에 적용한 결과, 백업 VP를 설정하는데 있어서보다 효율적인 복구가 이루어짐을 알 수 있었으며, 고른 트래픽의 분산을 통해 자원의 변화에도 불구하고 높은 복구율을 나타내었다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘2는 복구율의 향상 및 고품질의 서비스가 요구되는 실시간성 트래픽의 장애에 대하여 충분히 보장할 수 있음을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Yoshihara K, Hattori G, Sugiyama K, Obana S "Multi-path backup self-healing algorithm for ATM networks" IEICE Transactions on Communications , V.E82-B N.11 , 1793-1800, 1999
- [2] Murakami K, Kim HS "Optimal capacity and flow assignment for self-healing ATM networks based on line and end-to-end restoration" IEEE 1999
- [3] Gersht A, Shulman A "Architecture for restorable call allocation and fast VP restoration in mesh ATM networks" IEEE Transactions on Communications , V.47 N.3 , 397-403 , 1999
- [4] Yijun Xiong "Restoration Strategies and Spare Capacity Requirements in Self-Healing ATM Networks" IEEE p361-369.
- [5] H.Sakauchi, Y. Nishimura and S. Hasegawa, "A self-Healing network with an economic spare channel assignment", Proc. of GLOBE-COM'90, pp438-443.
- [6] R. Kawamura, K.sato, and I. Tokizawa, "Self-healing ATM networkbased on VP Path Concept", IEEE JSAC, Vol. 12, no.1, Jan, 1994.
- [7] shanzhi CHEN,shiduan CHEN, and Junliang CHEN, "Backup-VP Asssignment Method for ATM Survivable Networks", IEEE ICCS/ISPACS, 1996.
- [8] Tien-Shun Gary Yang, and Victor O.K. Li, "Joint virthpath routing and capacity design for ATM networks" computer communications

19,1996 p1029-1035

[9] Kawamura R., Sato K, Tokizawa I., "Self-healing network techniques utilizing virtual paths", May, 1992

[10] Anderson J., Doshi B., Dravida S., and Harshavardhana, "Fast Restoration of ATM networks", IEEE, 1994

[11] The ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.1" March 1999.

[12] Kazutaka Murakami and Hyong S. Kim, "Virtual path routing for survivable ATM networks," IEEE Transactions on networking, Vol.4, N.1, pp.235-239, Feb, 1996.

[13] Gersht A, Shulman A, "Architecture for restorable call allocation and fast VP restoration in mesh ATM networks," IEEE transactions on communications, Vol.47, N.3, pp.397-403, Mar, 1999.

[14] ATM Forum: "ATM UNI Ver.3.1 Specification," May, 2000.

[15] George Apostolopoulos, Roch Guerin, Sanjay Kamat, Satish K. Tripathi, "Quality of Service Routing: A performance perspective," computer communication review, V.24, N.4, Aug, 1996.

[16] Debasis Mitra, John A. Morrison, K.G. Ramakrishnan, "Virtual Private Networks: Joint Resource Allocation And Routing Design," proceedings of the IEEE INFOCOM'99, Vol.2, pp.480-490, Mar, 1999.

[17] 김양섭, 권혁인, 김영찬, ATM 스위치에서 셀 손실률 감소를 위한 개선된 동적 임계치 기법, 한국 정보 처리 학회지, 제7권 제3호 pp.923~934, 2000.3.

[18] 三宅 功, 이종락 역, ATM 네트워크 바이블, 도서출판 세화, pp.99~p100, 1997.4.

[19] A. Zolfaghari, F.J. Kaudel, "Framework for Network Survivability Performance," IEEE JSAC, Vol. 12, No. 1, pp.1106-1110, Apr, 1994.

[20] C. Soung, Liew, W. Kevin, Lu, "A Framework for Network Survivability Characterization," IEEE Journal on selected areas in Communications, Vol.12, No.1, pp.745-748, Jan, 1994.

[21] 이동욱, 이대영, ATM망에서 QoS 를 보장하는 백업 경로 설정, 한국통신학회지, 제25권 제4호 A pp.496~501, 2000.4.

[22] 이동욱, 홍충선, 이대영, ATM-VP 전송망에서의 서비스 레벨 분류에 의한 Self-healing 방법, 한국정보처리학회지, 제11권, 제11호, pp.3500~3508, 2000. 11.

이 동 욱(Dong-Wook Lee)



e-Mail : dwlee@sbc.or.kr

1986년 : 동아대학교 전기공학과 (공학사)

1988년 : 동아대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)

2001년 : 경희대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1988년~1993년 : 한국정보기술연구원 통신기술(SI팀) 선임연구원

1993년~현재 : 중소기업진흥공단 중소기업연수원 컴퓨터 정보산업과 교수

<주관심 분야> 컴퓨터네트워크, 정보통신, 인터넷 응용, 컴퓨터시스템 등

홍 충 선(Choong-Seon Hong)



e-Mail : cshong@nms.kyunghee.ac.kr

1983년 : 경희대학교 전자공학과 (공학사)

1985년 : 경희대학교 전자공학과 (공학석사)

1997년 : 케이오대학교 정보통신 공학과(공학박사)

1988년~1999년 : 한국통신 통신망연구소 선임연구원/네트워킹연구실장

1999년~현재 : 경희대학교 전자정보학부 조교수

<주관심 분야> 인터넷서비스 및 망관리구조, 분산컴포넌트 관리, IP 멀티캐스트, 멀티미디어 스트리밍 등

이 대 영(Dae-Young Lee)



e-Mail : dylee@nms.kyunghee.ac.kr

1964년 : 서울대 물리학과
(학사)

1971년 : 캘리포니아 주립대학원
컴퓨터학과(공학석사)

1979년 : 연세대학교 전자공학과
(공학박사)

1971년~현재 : 경희대학교 전자정보학부 교수

1990년~1993년 : 경희대학교 산업정보대학원 대학
원장

1999년~2000년 : 한국통신학회 회장

<주관심 분야> 영상처리, 컴퓨터네트워크, 컴퓨터시
스템 등