

ATM/B-ISDN에서의 서비스 유형에 따른 예비 VPs를 이용한 자동복구 정책

정회원 신해준*, 김영탁*

A Restoration Strategy using Backup VPs on ATM/B-ISDN according to Service Categories

Hae-joon Shin*, Young-tak Kim* *Regular Members*

요 약

최근 통신망의 규모가 커지고 대역폭이 증가됨에 따라서 통신망에 요구되는 신뢰도가 증가하게 되었다. 통신망에 있어서 대체 경로의 지정은 통신망의 장애 발생으로부터 통신망을 보호하는데 필수적이다. 본 논문에서는 다양한 서비스들이 가지는 상이한 트래픽 파라미터와 QoS(Quality of Service)를 제공하고 통신망의 관리를 용이하게 하기 위해서 동일한 물리매체 위에 ATM 베어러 서비스 유형(CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR)에 따라 논리적으로 구분된 통신망을 구성한다. 또한 사용중인 노드 또는 링크에 장애가 발생했을 때, 보다 빠른 자동복구를 위해서 대체경로를 이용한 자동복구 방법을 사용하고, TINA 기반의 장애관리 기능을 사용하여 초고속 통신망에 적합한 자동복구 방법을 제안한다.

ABSTRACT

Increased network reliability is required as the size of communication network becomes larger and the bandwidth requirement is increasing. And preparing of backup path is required to protect the network from serious network failures in high speed network. In this paper, we construct multiple logical networks on a physical ATM network according to the ATM bearer service category(CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR) defined by ATM Forum to support the required QoS(Quality of Service) and to manage the network more efficiently. We use backup path restoration algorithm rather than dynamic restoration to achieve rapid restoration when active path fails and we use fault management function in TINA. We propose a restoration scheme that is suitable for high-speed network.

I. 서론

B-ISDN의 기능 모델에서는 각 계층별 관리기능이 OAM(Operation Administration & Maintenance)으로 정의된다. SDH 기반의 ATM 전달망의 경우 물리계층의 regeneration section, digital section 및 transmission path에 대하여 F1, F2, F3 OAM flow가 각각 정의되어 있으며, ATM 계층의 virtual

path 및 virtual channel 계층관리 기능으로 F4 및 F5 OAM flow가 정의되어 있다^[1].

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 발생한 경로를 통과하면 서비스 트래픽을 절체시켜야 한다.

앞에서와 같이 발생된 통신망 장애에 대하여 신

* 영남대학교 대학원 정보통신공학과 광대역정보통신망 연구실(fisher@infocom.ice.yu.ac.kr, ytkim@yucc.yeungnam.ac.kr)
논문번호 : 99304-0729, 접수일자 : 1999년 7월 29일

속하게 복구하는 기능을 통신망 자동 복구(self-healing 또는 restoration)로 정의하며, 이것은 통신망의 서비스 품질을 향상하기 위하여 필수적인 기능이다. ATM Forum에서는 ATM 매어리 서비스를 크게 CBR(Constant Bit Rate), rt-VBR(Real Time-Variable Bit Rate), nrt-VBR(non RT-VBR), ABR(Available Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate)의 5가지로 구분하고 있다^[2]. 그러므로 본 논문에서는 신뢰성 있는 통신망 유지를 위해 ATM 통신망을 서비스 유형에 따른 망의 구축을 제안하고, 초고속 통신망에 적용할 수 있는 자동복구 알고리즘을 제안한다. 또한 제안된 복구 알고리즘을 이용하여 서비스 유형별로 구축된 통신망에 차별화된 자동복구(restoration) 정책 적용을 제안한다.

본 논문은 분산환경을 제공하는 TINA (Telecommunications Information Networking Architecture) 체계의 장애관리 기능의 일부로 연구하였다. 제안된 자동복구 방법은 TINA 장애관리 기능 중에서 장애 수정(Fault Correction)에 해당하며 본론에서는 이 장애 수정 기능을 담당하는 시스템을 NMS(Network Management System)로 정의하여 서술한다.

II. ATM 통신망에서의 자동복구 방안

1. 통신망 형태에 따른 특성 분석

통신망의 형태는 통신망의 구성 시에 매우 중요한 요소이다. 특히 초고속 통신망을 구성하고 또한 자동복구의 기능들을 수행하기 위해서는 통신망의 형태는 자원의 효율적인 사용과 공유가 가능해야 한다. 또한 요구되는 통신망의 용량이 매우 빠른 속도로 증가하고 있는 추세이기 때문에 통신망 용량의 확장성 또한 보장되어야 한다. 초고속 통신망은 정보 자체가 초고속으로 전송되기 때문에 장애 발생시에 대량의 데이터 손실이 발생할 수 있으므로 장애 발생시에 신속한 대체 경로 지정이 용이할 뿐만 아니라 다양한 경로를 제공할 수 있는 망의 형태를 갖추어야 한다. 그러므로 망구성 초기 단계에서 어떠한 형태의 망을 선택하는가 하는 문제는 매우 중

요하다. 많이 사용되는 망의 형태는 계층적 트리(tree)형, 완전 연결형, mesh형(또는 hyper cube형)을 예로 들 수 있다

현재 전화망에서 사용하고 있는 계층적 트리형은 매우 보편적으로 사용되는 통신망의 형태이다. 경로 설정 시에 라우팅이 용이하고 관리가 쉬운 장점이 있지만 하위의 트래픽이 상위로 전해질 때 상위로 올라가는 링크에 병목 현상이 발생할 가능성이 많다. 또한 장애 발생 시에 대체 경로 설정이 불가능하다는 단점이 있다.

완전 연결형(full connection) 통신망은 홉(hop)수가 1이므로 다른 통신망에 비해서 연결 설정시 요구되는 시간이 매우 작다. 뿐만 아니라 홉 수가 작음으로써 다양한 장점을 가지고 있다. 그러나 동일한 홉 수(hop=1)에 대해서는 장애 발생 시에 대체 경로를 설정할 수 없고, 동일한 트래픽 처리를 위한 자원의 낭비가 커지는 단점이 있다.

메쉬형과 hyper cube형은 통신망은 동일한 홉 수에 대해서 다양한 경로를 설정할 수 있고 또한 장애 발생 시에 다양한 대체 경로를 제공해 줄 수 있는 장점이 있다. 하지만 하나의 노드가 증가함에 따라서 링크의 수가 증가하는 단점이 있다^[3]. 표 1은 망 형태에 따른 특성을 설명하고있다.

2. 자동복구의 분류

자동복구 방법은 자동복구의 단위(링크 또는 경로)에 따른 분류, 자동복구시의 제어위치에 따른 분류, 대체경로 결정시점에 따른 분류로 크게 나눌 수 있다. 자동복구 단위에 따른 분류는 하나의 경로에 대해서 링크에 장애가 발생했을 때 새로운 전체 경로를 제공해주는 경로 자동복구 방법과 장애가 발생한 링크에 대해서만 대체 경로를 제공해주는 링크자동복구로 나누어진다^{[4][5]}.

제어위치에 따른 자동복구 방법은 통신망을 구성하는 통신망 요소(교환기, 게이트웨이, 라우터)들이 서로 간에 메시지를 송수신해서 대체 경로를 지정하는 분산형 자동복구 방법과 통신망의 형태와 각 요소들이 가지는 여러 가지 정보(대역폭, 링크의 여

표 1. 망 형태에 따른 특성 비교

형 태	완전 연결형	계층적 트리형	mesh/hyper cube형
특 성	<ul style="list-style-type: none"> 연결속도가 빠르다. (hop count = 1) 대체 경로가 없다. (if hop count = 1) 	<ul style="list-style-type: none"> 경로 설정이 쉽다 대체 경로가 없다. 상위노드에 병목현상 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 경로 설정이 쉽다. 동일 홉 수에 다양한 대체 경로가 존재함

유용량, 링크의 에러율, 지연 등)를 가지고 있는 통신망을 관리하는 시스템이 대체 경로를 결정하는 중앙 집중형 자동복구 방법으로 나누어진다⁶⁾.

대체경로 결정시점에 따른 자동복구 방법은 대체 경로를 장애가 발생한 시점을 기준으로 발생 전에 미리 경로를 준비해 두는 대체경로 사전 설정방법과 장애 발생 후에 새로운 경로를 찾는 동적 대체 경로 설정방법이 있다⁴⁾.

3. 기존에 제안된 방법 분석

지금까지 제안된 자동복구 방법들은 대부분 플러딩(flooding) 기반의 동적인 자동복구 방법과 분산형 자동복구 방법 및 두 방법의 절충형이 많이 보고되었다. 이러한 방법은 링크 단위 또는 경로단위의 자동복구 방법에 적용되었으며 각각의 방법에 대한 성능 평가와 비교가 많이 이루어져 있는 상태이다.

1) flooding기반의 동적 자동복구 ATM 통신

망에 적용한 flooding 기반의 자동복구는 장애가 발생하면 장애가 발생한 다음 노드가 수신단으로 장애 발생을 알리는 AIS(Alarm Indication Signal) 메시지를 보내게 된다. AIS를 받은 수신단은 RDI(Remote Defect Indication)신호를 송신단으로 전송하고 RDI 신호를 확인한 송신단은 새로운 경로를 찾기 위하여 자동복구 메시지를 이웃하는 모든 노드에게 방송한다. 메시지를 받은 이웃 노드들은 이에 상응하는 응답을 송신단으로 보내고 송신단은 응답으로 보내온 메시지를 분석하여 최적의 경로를 선정한다. 이러한 방법은 통신망의 자원사용의 효율성을 높이는 장점은 있으나 방송되는 자동복구 메시지로 인한 망의 혼잡을 가중시킬 수 있을 뿐 아니라 대체 경로를 결정하는데 많은 시간이 소요되기 때문에 데이터의 지연이나 손실의 우려가 크다⁵⁾.

2) 대체경로를 이용한 자동복구 방법

보다 신속한 자동복구를 수행하기 위해서 Kawamura는 대체 경로를 이용한 자동복구 방법을 제안하였다⁷⁾. ATM통신망에 적용한 이 자동복구 방법은 경로 설정과 자원의 할당이 독립적으로 이루어질 수 있다. 이 방법은 최초 연결 시에 장애가 발생할 것을 가정하여 장애 발생 이전에 대체 경로를 미리 준비해 두는 방법이다. 장애가 발생하면 장애 발생을 알리는 AIS 신호를 수신단으로 보내고 수신단에서는 RDI 신호를 미리 설정해둔 대체경로를 따라 송신단으로 전송한다. RDI신호를 확인한

송신단은 별도의 처리없이 대체 경로로 트래픽을 걸체 시켜준다. Kawamura가 제안한 논문에서는 경로 설정 시에 통신망의 효율성을 고려하여 대역폭의 할당을 0(Zero)으로 하였고 RDI 신호를 송신단으로 보낼 때 각각의 노드를 거쳐가면서 자원을 할당 받는 방법을 사용하였다⁶⁻⁸⁾.

Ⅲ. 통신망 구축 방법

1. 서비스 유형에 따른 트래픽 특성

ATM Forum Traffic Management 4.0에서는 트래픽 파라미터와 QoS에 따라서 서비스 유형을 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR로 나누며, ITU-T I.371⁹⁾에서는 ATM 전송 특성에 따라서 DBR(Deterministic Bit Rate), SBR(Statistical Bit Rate), ABR(Available Bit Rate), ABT(ATM Block Transfer)로 나누고 있고 있다. 표 2에서는 ATM forum과 ITU-T에서 각각 정의하고 있는 서비스들을 비교하여 정의하였다

각각의 유형별로 나누어진 트래픽들은 서로 다른 서비스를 지원할 뿐 아니라 서로 상이한 트래픽 특성 및 QoS를 요구한다. 트래픽 파라미터들은 PCR(Peak Cell Rate), SCR(Sustainable Cell Rate), MBS(Mean Burst Size), CDVT(Cell Delay Variation Tolerance), MCR(Minimum Cell Rate)로 나누어지며 각 서비스의 유형에 따라 서로 다르게 정의하고 있다. 또한 QoS 파라미터는 CDV(Cell Delay Variation), CTD(Cell Transfer Delay), CLR(Cell Loss Ratio)로 나누어지고 서비스 유형에 따라서 정

표 2. ATM Forum/ITU-T 트래픽 서비스

ATM Forum Traffic management 4.0 ATM Service Category	ITU-T I.371 ATM Transfer Capability	Typical Use
CBR (Constant Bit Rate)	DBR (Deterministic Bit Rate)	Real Time, QoS Guarantees
rt-VBR(Real Time Variable Bit Rate)	FFS (For Further Study)	Statistical Mux Real Time
nrt-VBR (Non-rt VBR)	SBR (Statistical Bit Rate)	Statistical Mux
ABR (Available Bit Rate)	ABR (Available Bit Rate)	Resource Exploitation Feedback Control
Unspecified Bit Rate	No equivalent	Best Effort No Guarantees
(No equivalent)	ABT (ATM Block Transfer)	Burst Level Feedback Control

의하고 있다. 표 3은 ATM Forum에서 정의하는 서비스 유형에 따라 요구되는 트래픽 특성 및 QoS 요구 사항을 나타내고 있다.

2. 통신망 특성에 따른 통신망 구축

현재의 통신망은 다양한 서비스들을 통합하는 추세이다. 그러므로 하나의 물리적인 통신망에 다양한 종류의 서비스들이 공존하게 된다. 표 2에서와 같이 각각의 서비스들은 서로 다른 트래픽 특성을 요구 하고

또한 구분된 QoS를 요구하게 된다. 그러므로 이러한 다양한 서비스들을 동일한 물리망에 적용하는 것은 통신망의 관리적인 측면이나, 장애 복구 시에 서비스에 대한 트래픽 특성 및 QoS를 보장하기가 어렵다.

표 3. ATM 서비스 유형별 특성

Attributes		ATM Layer Service Category			
		CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR
Traffic Parameter	PCR	specified		specified	specified
	SCR, MBS, CDVT	not applicable	specified	not applicable	
	MCR	not applicable			specified
QoS Parameter	p-to-p CDV	specified	unspecified		
	max CTD	specified	unspecified		
	CLR	specified	unspecified		

그러므로 본 논문에서는 ATM Forum에서 정의한 서비스 유형에 따른 구분된 통신망 구축을 제안한다. 그림 1에서 ATM의 VP(Virtual Path) 개념을 사용하여 하나의 물리적인 통신망 위에 서비스 유형에 따라서 복수개의 논리적인 VP 중계망을 구성하였다. 매쉬형(또는 hyper cube)을 가지는 하나의 물리적인 통신망이 서비스 유형에 따라서 서로 다

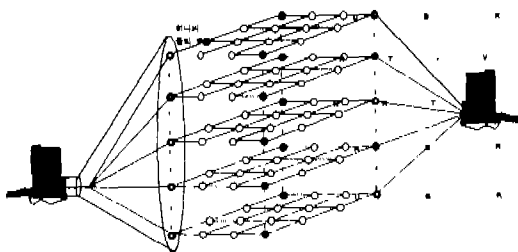


그림 1. 서비스 유형에 따른 VP 전달망 구성

른 형태를 가지는 5개의 VP 전달망으로 구성할 수 있다.

IV. ATM 통신망에서의 서비스 유형별 자동복구 방법 제안

1. 자동복구 기능 절차

자동복구의 기능 절차는 크게 3단계로 나누어진다. 첫째 장애 검출 단계, 둘째 자동복구 기능 수행 단계, 셋째 대체 경로 재설정 단계로 나누어진다. 제안된 자동복구 방법은 복구 단위에 따라서 경로 자동복구 방법에 속하고 제어 위치에 따라서는 중앙 집중형과 분산형의 절충형이라 할 수 있고, 복구 시점에 따라서는 대체 경로를 이용한 자동복구 방법에 속한다.

1) 장애 검출 단계

장애 검출을 위해서 ATM OAM 셀인 AIS를 사용한다. 하나의 링크나 노드에 장애가 발생하면 장애 발생 다음 노드가 AIS를 생성하여 수신단으로 주기적으로 전송한다. 이때 AIS를 받은 수신단은 예비 VP를 통해 자동복구 메시지를 송신단으로 전송한다.

2) 자동복구 기능 수행 단계

송신단은 수신단에서 보내는 자동복구 메시지를 받는 즉시 미리 지정된 대체 경로를 따라 트래픽을 절체 시킨다.

3) 대체 경로 설정 단계

성공적으로 트래픽을 절체시키고 나면 현재 사용하고 있는 경로에 대한 대체 경로를 재설정한다. 대체 경로는 TINA의 장애관리 기능을 가지는 시스템(NMS)이 자신이 갖고 있는 데이터 베이스를 기반으로 하여 대체 경로를 설정한다. 이때 최적 경로를 선택하기 위해서 대역폭은 충분한가?, 트래픽 특성과 QoS요구를 만족하는가?, 통신망의 부하 균형을 이루는가? 하는 조건들을 사용한다. 대체 경로 설정 단계는 최초 연결에 대한 예비 경로 설정과 예비 경로로 트래픽이 절체되었을 때 새롭게 만들어진 경로에 대한 예비 경로를 설정하는 두 가지의 기능을 수행한다.

제안된 방법에서는 장애의 검출과 복구 기능 수행을 위해서 노드가 가지는 제어기능을 사용하고 대체 경로를 설정을 위해서 망 관리 기능을 사용하였다. 이로서 중앙집중형 자동복구 방법의 장애 검

출 및 보고 소요 시간을 줄일 수 있고, 분산형 자동 복구 방법의 대체 경로 설정 소요 시간을 줄일 수 있다.

2. 대체 경로 설정 알고리즘

본 논문에서는 통신망 G(N,L)에서 예비 경로를 결정하기 위해서 통신망 장애관리 기능을 사용한다. 여기서 N과 L은 각각 노드와 링크를 의미한다. 또한 이 알고리즘에서 src와 dest는 경로의 양끝단 노드를 의미하고, G는 노드 N과 링크 L로 구성된 통신망을 의미한다.

$search(Path_{s,d}, x)$ 는 $Path_{s,d}$ 집합에서 x의 조건을 만족하는 경로를 찾는 QoS보장형 라우팅 알고리즘이다. 이에 관한 세부적인 내용은 아래와 같다.

우선 src 노드로부터 dest 노드로의 경로 $Path_{s,d}^{original}$ 를 설정한다. 이후 예비 경로를 설정하는 단계는 다음과 같다.

1) 통신망을 관리하는 NMS는 네트워크 전체에 존재하는 모든 링크에서 $Path_{s,d}^{original}$ 이 사용하는 모든 링크를 더 이상 공유하지 못하게 하기 위해서 제거한다. 그러므로 현재 상태의 네트워크는 G에서 사용중인 링크가 제거된 G'의 형태로 바뀌게 되고 G' 상태에서 src와 dest를 연결하는 모든 경로를 찾는다.

$$Path_{s,d}^{link-disjnt} = link_dsjnt_search(Path_{s,d}, Path_{s,d}^{original})$$

여기서 $Path_{s,d}^{link-disjnt}$ 는 사용중인 링크를 공유하지 않는 모든 경로(link disjointed path)의 집합이고, $Path_{s,d}$ 는 src와 dest를 연결하는 모든 연결의 집합이다. NMS는 이렇게 찾은 모든 경로들을 하나의 그룹으로 저장한다.

2) 첫번째 경로의 그룹에서 최초의 연결 때 요구한 대역폭을 제공하는가를 비교한다. 충분한 대역폭을 제공하지 못하는 링크를 하나라도 공유하는 경로가 존재하면 그룹에서 제외시킨다.

$$Path_{s,d}^{bw} = search(Path_{s,d}^{link-disjnt}, bw)$$

3) 두번째 단계에서 만들어진 그룹에 대해서 QoS 및 트래픽 파라미터를 만족하는가를 비교한다. QoS 및 트래픽 파라미터를 만족하지 않는 구간이 존재하는 경로는 그룹에서 제외하고 새로운 그룹을 구성한다.

$$Path_{s,d}^{bw+QoS} = search(Path_{s,d}^{bw}, QoS)$$

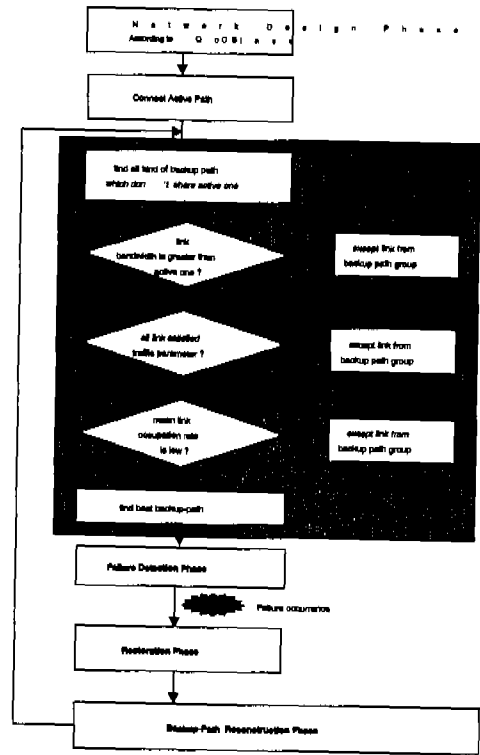


그림 2. 기능 복구 절차

4) 대역폭과 트래픽 파라미터 및 QoS를 만족하는 그룹 내에 여러 개의 대체 경로가 존재할 경우에 최적의 경로를 선택하기 위해서 통신망의 링크들의 사용률을 비교하여서 사용률이 가장 작은 링크로 구성된 경로를 마지막으로 선택하여 최초의 경로에 대한 예비경로로 지정하게 된다. 이것은 최단 경로 알고리즘이나 흐름 기반 라우팅(flow based routing) 등이 가지는 단점인 부하가 한 경로에 집중화 되는 것을 방지하고 통신망의 부하를 균형있게 분포시킨다.

$$Path_{s,d}^{alternative} = search(Path_{s,d}^{bw+QoS}, bal)$$

결국 $Path_{s,d}^{alternative}$ 가 초기 경로 $Path_{s,d}^{original}$ 에 대한 예비 경로로 지정된다. 그림 2는 자동복구 기능 절차의 흐름도로 나타내고 있다.

3. 대체 경로의 대역폭 할당

1) Restoration Class 1

CBR 트래픽에 대해서 제공할 수 있는 자동복구 방법이다. CBR 트래픽의 경우 셀의 지연이나 셀의 지연 편차가 작고 셀용량의 변화가 없기 때문에 PCR의 트래픽 파라미터가 요구된다. 그러므로 Restora-

tion Class 1인 경우 대체 경로를 지정할 때 초기의 경로가 요구했던 PCR의 100% 만큼의 대역폭을 제공한다.

2) Restoration Class 2

rt-VBR에 대해서 제공할 수 있는 자동복구 방법이다. rt-VBR의 경우 트래픽의 특성상 CBR의 경우처럼 동일한 대역폭을 요구하지 않는다. 물론 PCR을 제공하는데 문제는 없겠지만 자원의 낭비가 심하게 된다. 그러므로 본 논문에서는 대체경로를 설정할 때에 SCR의 100% 만큼의 대역폭을 제공하는 방안을 Restoration Class 2로 정의한다.

3) Restoration Class 3

nrt-VBR과 ABR 트래픽에 대해서 적용 가능한 자동복구 방법이다. nrt-VBR과 ABR 서비스들은 대부분 망상이나 혼잡시에 최소한의 대역폭을 제공해주어야 한다. 그러므로 장애 발생시 대체경로 제공시에 MCR을 만족해야 한다. 물론 Restoration Class 1,2 처럼 PCR과 SCR의 제공도 가능하지만 통신망 전체의 자원 낭비가 심하게 되므로 MCR로 제한하였다. 그러므로 Restoration Class 3은 최초의 연결에서 요구한 MCR의 100%를 제공한다.

4) Restoration Class 4

UBR 트래픽 및 Restoration Class 1,2,3의 차선 복구책으로 사용이 가능하다. Restoration Class 4의 경우는 자동복구를 위한 별도의 대역폭은 할당하지 않고 장애 발생에 대비하여 경로만을 설정해 둔다. 이는 단지 경로의 정보만을 제공하고 대역폭을 0(zero)으로 한다. 그러므로 장애 발생 후 대역폭의 할당을 위해서 별도의 기능이 수행된다.

V. 모의 실험

1. 모의 실험 및 분석

본 논문에서는 16개의 노드를 가지고 24개의 링크를 가지는 4 x 4 메쉬 형태의 통신망을 가정하고 하나의 경로 설정 후에 장애 발생을 가정하여 대체 경로를 설정하는 알고리즘을 제안하였다. 또한 ATM Forum에서 정의한 서비스 유형에 따른 구분된 자동복구 방법을 제안하는데 그 기본적인 개념은 초고속 정보통신망에 적용이 가능하도록 경로 자동복구 방법과 TINA 체계의 장애관리 기능을 이용하였다.

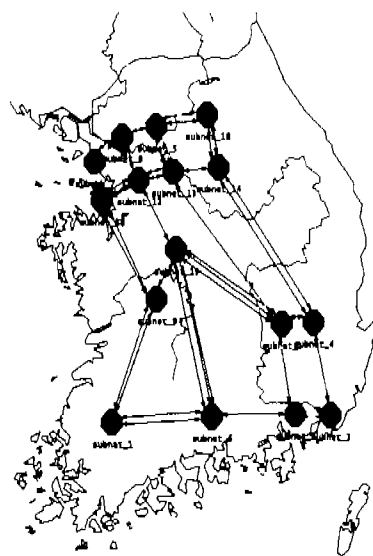
모의 실험을 위해서 초고속 국가망 구축사업¹¹⁰⁾에

기초하여, 본 연구실에서 인구 분포에 따라 설계한 통신망을 사용하였다³⁾. 데이터의 전송속도는 2×10^8 m/sec로 하고, 데이터의 CDV는 노드 하나를 경유할 때 15usec만큼의 지연이 발생하고, 링크상에서의 CDV는 없다고 가정하였다.

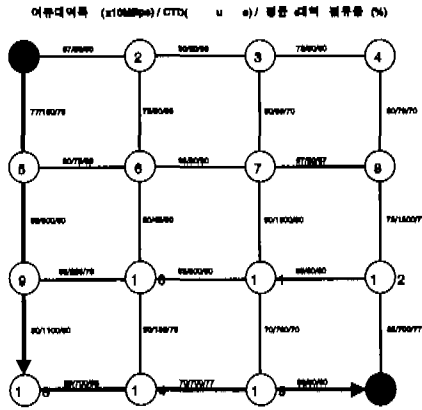
본 논문에서는 실험을 두 가지의 관점에서 수행하였다. 첫번째는 하나의 노드쌍에 대해서 QoS 및 트래픽 파라미터를 만족하는 대체 경로를 찾는 것이고 두번째는 동일한 경로를 가지고 동일한 대역폭을 가지고 서로 다른 QoS 및 트래픽 파라미터를 요구하는 4가지의 서비스(CBR, rt-VBR, ABR, UBR)에 대해서 대체경로 설정 알고리즘을 적용할 경우 대체 경로가 어떻게 지정이 되는가를 확인하는 것이다.

그림 3(b) 에는 각 노드와 링크가 가지는 정보량 표현해 두었는데 이는 통신망의 NMS가 가지는 정보라고 할 수 있다. 최초의 연결은 경로 1-5-9-13-14-15-16을 지나고 QoS 및 트래픽 요구사항은 BW=20Mbps, CTD=5000usec, CDV= 500usec을 만족하는 CBR서비스라고 가정하였다. 경로를 설정한 후에 대체 경로 지정 알고리즘을 적용하였을 경우 그림 4에서 보는 바와 같이 단계별 대체 경로 그룹이 정해짐을 알 수 있다.

두번째로는 동일한 경로를 가지는 서로 다른 서비스들에 대해서 대체 경로 설정 알고리즘을 적용하였다. 각 서비스들이 요구하는 QoS 및 서비스 파라미터는 표 4와 같다.



(a) 초고속 국가망 (16노드)



(b) 단순화한 초고속 국가망

그림 3. 예제 통신망

표 4. 서비스별 QoS 및 트래픽 파라미터 요구사항

서비스 유형	트래픽 파라미터	대역폭 (BW)	셀지연 (CTD)	셀지연변동 (CDV)	셀손실률 (CLR)
CBR	PCR	20	5000	250	10 ⁻¹⁰
rt-VBR	SCR	20	5000	120	10 ⁻¹²
ABR	MCR	20	8000	200	10 ⁻¹¹
UBR	-	20	10000	1000	10 ⁻¹

```
All Path Count From 1 To 16 are 184
.....
1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->16->
1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->11-> 7-> 6->10->14->15->16->
1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->11-> 7-> 6->10-> 9->13->14->15->16->
.....
1-> 5-> 9->13->14->15->11->10-> 6-> 2-> 3-> 7-> 8->12->16->
1-> 5-> 9->13->14->15->11->10-> 6-> 7-> 3-> 4-> 8->12->16->
1-> 5-> 9->13->14->15->11->10-> 6-> 7-> 8->12->16->
1-> 5-> 9->13->14->15->16->
.....
End of Paths
.....
```

(a) 1-16을 노드쌍으로 하는 모든 경로의 집합

```
Disjoint Paths are...
.....
[ 1 path] 1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->16->
[ 2 path] 1-> 2-> 3-> 4-> 8-> 7->11->12->16->
[ 3 path] 1-> 2-> 3-> 4-> 8-> 7-> 6->10->11->12->16->
.....
[ 9 path] 1-> 2-> 6-> 7->11->12->16->
[10 path] 1-> 2-> 6->10->11-> 7-> 3-> 4-> 8->12->16->
[11 path] 1-> 2-> 6->10->11-> 7-> 8->12->16->
[12 path] 1-> 2-> 6->10->11->12->16->
.....
End of Paths
.....
```

(b) 1-16을 노드쌍으로 하는 link-disjointed 경로 집합

```
Traffic Parameter Satisfied Path are... BW=20, CTD=5000, CDV=500, CLR=1E-11
.....
1th hop= 6, Min_spare=67, CTD=4888[usec], CDV=105[usec], CLR=1E-12, avg_load=80
4th hop= 6, Min_spare=50, CTD=4863[usec], CDV=105[usec], CLR=1E-12, avg_load=81
5th hop= 6, Min_spare=50, CTD=4863[usec], CDV=105[usec], CLR=1E-12, avg_load=81
8th hop= 6, Min_spare=60, CTD=4850[usec], CDV=105[usec], CLR=1E-12, avg_load=83
9th hop= 6, Min_spare=50, CTD=4850[usec], CDV=105[usec], CLR=1E-12, avg_load=83
```

(c) 1-16을 노드쌍으로 하는 QoS를 만족하는 경로의 집합

```
.....
Selected path is :
1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->16->
```

(d) 부하 균형을 고려한 최적의 대체 경로 선정

그림 4. 대체 경로 지정 알고리즘 결과

각각의 서비스에 대해서 대체경로 설정 알고리즘을 적용한 결과 그림 5와 같이 나타났다. CBR과 rt-VBR에 대한 대체 경로가 동일하게 나타났고, ABR과 UBR에 대한 대체 경로가 동일하게 나타났다. 이는 본 실험에서 설정한 CBR과 rt-VBR의 트래픽 특성이 또한 ABR과 UBR의 트래픽 특성이 유사하였기 때문이다.

```
.....
Traffic Parameter Satisfied Path are... BW=20, CTD=5000, CDV=250, CLR=1E-10 (CBR)
.....
Selected path is :
1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->16->
```

(a) CBR 트래픽을 위한 대체 경로

```
.....
Traffic Parameter Satisfied Path are... BW=20, CTD=5000, CDV=250, CLR=1E-12 (rt-VBR)
.....
Selected path is :
1-> 2-> 3-> 4-> 8->12->16->
```

(b) rt-VBR 트래픽을 위한 대체 경로

```
.....
Traffic Parameter Satisfied Path are... BW=20, CTD=8000, CDV=200, CLR=1E-11 (ABR)
.....
Selected path is :
1-> 2-> 3-> 4-> 8-> 7->11->12->16->
```

(c) ABR 트래픽을 위한 대체 경로

```

.....
Traffic Parameter Satisfied Path are . BW=20, CTD=8000, CDV=200,
CLR=1E-7 (UBR)
.....
Selected path is .
1-> 2-> 3-> 4-> 8-> 7->11->12->16->
    
```

(d) UBR 트래픽을 위한 대체 경로

그림 5. 서비스 유형별 대체 경로 지정 결과

그림 5에서 나타난 결과를 볼 때 기존에 제안된 서비스 유형과 관계없이 동일한 자동복구 방법을 적용하였을 경우는 동일한 대체 경로로 지정이 되었으나 제안된 방법을 사용했을 경우 동일한 경로에 대해서도 서비스에 따라서 구분된 대체 경로 지정이 가능하였다 이상과 같은 결과를 분석해 볼 때 통신망의 부하 균형 유지가 가능함을 알 수 있었다.

표 5는 기존의 자동복구 방법과 제안된 자동복구 방법을 기능별로 비교하였다.

표 5. 기존의 자동복구 방법과의 비교

	flooding 기반의 동적 자동복구	Kawamura 자동복구	제안된 자동복구 방법
자동복구 시작점	송신단	수신단	수신단
자동복구 시점	장애 발생후	장애 발생전	장애 발생 전
대체경로 지정방법	메시지 방송	통신망 요소들간의 메시지 교환	NMS가 대체 경로를 미리 지정
자동복구 속도	낮음	매쁨	매쁨
자원의 효율성	높음	높음	낮음
제어위치	노드(분산형)	노드(분산형)	노드(분산형) + NMS(중앙집중형)
신뢰성의 보장	없음	없음	QoS 및 트래픽 파라미터 보장
부하 균형	없음	없음	제공

VI. 결론

통신망의 효율적인 장애 관리를 위해서는 통신망의 형태를 어떻게 구성할 것인가가 중요하고, 또한 효율적인 장애관리 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 장애 관리의 한 부분인 통신망 장애 발생 시 효율적인 자동복구를 위해서 초기 망 구성 시에 서비스 유형 별로 망을 구성하고, 또한 서비스 유형별로 적용할 자동복구 방법을 제안하였고, 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 분석하였다.

본 논문에서는 통신망의 형태를 결정하기 위해서 완전연결, 계층적 트리형, 메쉬 연결같이 다양한 망 형태를 비교 분석하였다. 또한 이미 제안된 자동복구 방법을 비교 분석하여서 초고속 정보통신망에 적합한 망의 형태와 자동복구 방법을 연구하였다.

초고속 통신망에 적용하기 위해서 자동복구 시에 요구되는 시간을 최소화하기 위하여 예비 경로를 이용한 자동복구방법을 사용하였고, 이러한 자동복구 방법을 통신망 관리 체계인 TINA 체계의 관리기능 중 장애 관리 기능^[11]과 연동하기 위해서 중앙집중형 자동복구 기능을 사용하였다. 또한 자동복구 방법을 기존의 단일화 된 방법이 아니라 서비스 유형 별로 자동복구 방법을 구분하였다.

이상 본 논문에서 제안한 내용들을 시뮬레이션하고 그 결과들을 분석해 볼 때, 대체 경로를 이용하므로 신속한 대체 경로 선택이 가능하고, 기존의 방법에서 찾아 볼 수 없었던 통신망의 부하 균형을 유지할 수 있었다. 이것은 동일한 경로와 동일한 자원을 요구하는 서로 다른 4개의 서비스에 대해서 각각 대체 경로들을 찾았을 때 서비스에 상관없이 동일한 경로를 찾는 기존의 방법에 비해서 서비스 별로 서로 상이한 경로를 찾을 수 있었고, 이를 통해서 통신망의 부하균형을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] ITU-T Rec, B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Function, 1993.
- [2] ATM Forum, Traffic Management Specification Version 4.0, April, 1997
- [3] 구수용, "ATM 통신망의 망 구성 경로 설정 기법 연구", 석사학위 논문, pp.15-16, Setp., 1997.
- [4] Tsong-Ho Wu, Noriaki Yoshikai, *ATM Transport And Network Integrity*, 1st Ed., p. 298-308, Academic Press, San Diago, 1997
- [5] R. Kawamura, K. Sato, and I. Tokizawa, "Self-healing techniques utilizing Virtual Path," *Proc. 5th INPS, Kobe Japan*, pp. 129-134, May 1992.
- [6] R. Kawamura, H Hadama, K. Sato, and I. Tokizawa, "Fast VP-Bandwidth Management with Distributed Control in ATM Network," *IEICE Trans. on Comm.* Vol E77-B, No. 1, pp. 5-14, Jan. 1994.
- [7] R. Kawamura, K. Sato, and I. Tokizawa,

"Self-healing ATM Networks based on virtual path concept," *IEEE J. SAC* 12(1), pp. 120-127, Jan 1994.

[8] Ryutaro Kawamra and Ikuo Tokizawa, "Self-healing Virtual Path Architecture in ATM Network," *IEEE Comm. Mag.*, pp. 72 - 79, Sept. 1995.

[9] ITU-T Rec. I.371, Traffic Control and Congestion Control in ISDN, 1993.

[10] 이성재, "초고속 국가망 구축사업", *한국통신학회지*, 1997.

[11] ITU-T Rec. M.3010, Principles for a Telecommunications Management Network, Oct. 1992.

신 해 준(Hae-joon Shin)

정회원



1997년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업
 1999년 2월 : 영남대학교 전자공학과 공학석사
 1999년 3월~현재 : 영남대학교 정보통신공학과 박사과정

<주관심 분야> SNMP/TINA 체계의 통신망 장애 관리, 초고속 정보통신망 및 차세대 인터넷, ATM/B-ISDN

김 영 탁(Young-tak Kim)

정회원



1983년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업
 1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1994년 8월 : 한국통신 통신망 연구소 선임연구원
 1994년 9월~현재 : 영남대학교 정보통신공학과 부교수

<주관심 분야> 초고속 정보통신망 및 차세대 인터넷 Networking Engineering, ATM/B-ISDN, TINA/TMN/ SNMP 체계의 망운용관리, IN 체계의 통신망 제어