

# 링 형태로 연결된 전송 시스템에서의 라우팅 성능 개선

양기선, 김선형, 이근호, 김태운  
고려대학교 컴퓨터학과

e-mail : ksyang@netlab.korea.ac.kr

## Improving Routing Performance in Transmission Systems with Ring Shape

Ki-Seon Yang, Sun-Hyoung Kim, Keun-Ho Lee, Tai-Yun Kim  
Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University.

### 요약

링 형태로 구성된 하나의 네트워크에서 선로의 단절 등 이상이 발생하면 네트워크상 모든 노드들의 네트워크 계층간 라우팅 정보가 변경되는 경로 재 설정 시간동안 이상이 발생한 선로를 경유하는 패킷들은 전송에 실패하게 된다. 특히, 전송시스템으로 구성된 네트워크에서는, 선로의 이상 발생 후 이를 감지한 전송시스템은 관리자에게 알리기 위한 해당 경보 메시지를 생성하여 전송하게 되나, 네트워크 계층의 경로 재 설정 시간으로 인하여 이 긴급하고 중요한 메시지에 대한 전송을 보장하지 못한다. 이는 관리자가 선로 이상에 대한 적절한 조치를 즉각적으로 취하지 못하는 심각한 문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제 해결을 위하여 네트워크 계층의 경로 재 설정 과정이 이루어지는 일정 시간동안 데이터 링크 계층에서 빠른 경로 재 설정 기능을 수행하는 전송시스템을 제안한다

### 1. 서론

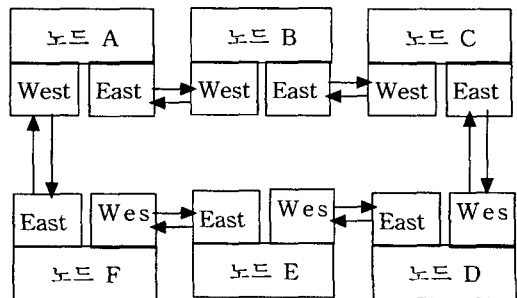
인터넷 등 급속한 성장과 생활화로, 인터넷 패킷 등을 전송하는 전송시스템에 대한 관리의 중요성이 강조되고 있다. 광케이블 절단 등이 발생하면 복구 등의 조치가 즉각적으로 이루어져야 한다.

전송시스템의 관리 메시지를 관리자에게 전달함에 있어, 현재의 라우팅은 네트워크 계층이 담당하고 있다. 하지만 네트워크 계층이 수행하는 라우팅은 다음과 같은 문제점이 있다. 광케이블의 절단 등 선로 이상 상황에서는, 전송시스템이 이를 감지한 뒤에도, 이에 대한 경로 재 설정은 일정 시간 경과 후 이루어진다. 네트워크 내 다른 전송시스템들의 네트워크 계층과 경로 상태 정보(LSP, Link State Protocol Data Unit)를 서로 교환하는 시간이 필요하기 때문이다. 이로 인해 경로 재 설정 시간 동안, 이상이 발생한 선로를 경유하는 패킷들은 해당 목적지까지 전송되지 못하고 분실된다. 특히, 짧은 시간 내에 선로의 이상을 감지한 전송시스템에서 관리자에게 이 이상을 알리는 가장 긴급하고 중요한 경보 메시지 등을 생성하여 전송하게 되나, 앞에서 설명한 이유로 분실되어 관리자가 선로 이상 동작에 대

한 빠른 대응을 하지 못하게 되는 심각한 상황이 발생한다.

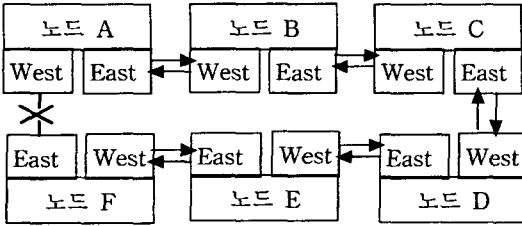
일반적으로 전송의 안정을 위하여 전송시스템들을 링 형태의 네트워크로 구성하므로, 네트워크 계층간의 경로 재 설정 시간 동안 하위 계층인 데이터 링크 계층이 경로 재 설정을 수행하면 전송시스템의 관리에서 가장 중요하고 긴급한 경보 메시지가 분실되는 문제점을 해결할 수가 있다.

따라서 본 논문에서는 빠른 시간 내에 패킷의 전송을 보장하는 전송시스템을 제안하고자 한다



<그림 1> 링 형태로 네트워크를 구성한 전송시스템 예

## 2. 현재의 전송시스템 패킷 전송



<그림 2> A<->E간 패킷 전송 중 AF 경로 절단

위의 <그림 2>처럼 노드[E]에서 관리자가 네트워크를 감시하는 경우를 살펴보자.

현재 전송시스템에서 패킷 전송은 아래와 같다.

- 1) A<->E간 정상적인 패킷 전송 경로는 최단 거리인 A<->F<->E가 된다.
- 2) A와 F 사이의 선로 절단 발생
- 3) 절단 후에도 A와 F 노드에서는 계속 AF 경로로 패킷 전송
- 4) 일정 시간동안 네트워크 계층에서 Hello PDU와 LSP PDU와 이에 대한 응답이 수신되지 않으면 AF 경로가 끊어졌으므로 판단
- 5) A와 F는 각각 B와 E로 이를 알리는 LSP 송신
- 6) B, E도 각각 C, D로 LSP 송신
- 7) 모든 노드가 같은 라우팅 정보로 수정
- 8) 기존의 패킷 전송 경로와 반대 방향인 A-B-C-D-E의 경로로 재 설정되어 패킷 전송
- 9) A에서 전송한 패킷이 E에서 정상적으로 수신

즉, 2)와 7)까지의 과정이 이루어지는 동안 계속해서 AF 경로를 이용하게 되어 패킷이 분실된다.

이 패킷의 분실을 보완하고자 응용프로그램에서 송수신을 보장하는 별도의 프로토콜을 구현(즉, 전송 계층-transport layer-와는 별도로 관련 응용프로그램간 메시지마다 송수신 확인을 위한 수신확인-Acknowledge-패킷을 교환, 이는 패킷 수의 증가를 초래)하면 패킷 분실의 문제점은 해결하나, 경로 재 설정이 이루어지는 시간동안 패킷을 저장할 수 있는 큰 버퍼가 필요하고, 경보 메시지 등 패킷이 발생할 때 즉각적인 전송이 이루어지지 못한다. 또한 정상적인 네트워크 상태에서도 전체의 패킷 흐름을 지연시키는 결과를 초래한다.

이는 패킷의 라우팅 과정이 전송시스템의 응용프로그램의 일종인 선로를 감시하는 제어부분과는 관계없이 네트워크 계층의 일련의 IS-IS 프로토콜의 과정을 통하여 이루어지는 것에 기인한다.

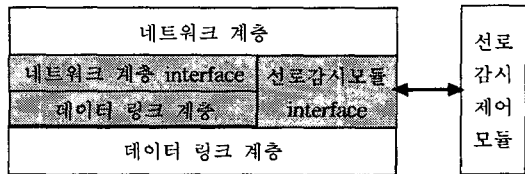
각 전송시스템에는 선로를 감시 제어하는 모듈이 존재한다. 이 모듈의 도움을 받아 선로의 이상 여부

를 좀더 빨리 감지하면 다른 경로를 경유하는 경로 재 설정 과정을 좀 더 빨리 유도할 수 있다.

## 3. 제안하는 전송시스템

### 3.1 데이터 링크 계층에서의 라우팅

앞서 일반적으로 전송시스템으로 네트워크를 구성할 경우 전송의 안정을 위하여 링 형태로 구성함을 말하였다. 전송시스템이 링으로 네트워크를 구성된 상황에서는, 관리자가 초기 설정 시 각각의 방향에 대한 상대 방향을 설정(East/West)하고 선로 감시 제어 모듈과 연동을 시도하면, 데이터 링크 계층에서도 현재 패킷 흐름의 반대 방향으로 패킷을 전송하는 경로 재 설정이 가능하다.



<그림 3> 추가된 데이터 링크 계층 라우팅 모듈

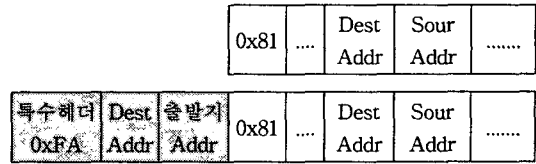
#### 3.1.1 데이터 링크 계층에서의 라우팅 모듈 구성

본 논문에서 제안하는 전송시스템은 <그림 3>과 같은 데이터 링크 계층에서의 라우팅을 수행하는 라우팅 모듈이 추가된다. 이 추가되는 라우팅 모듈은 다음 세 가지로 구성된다.

- 1) 네트워크 계층 연동 부분 : 데이터 링크 계층에서 라우팅 된 패킷을 네트워크 계층에서 처리 가능한 패킷으로 변환한다.
- 2) 선로 감시 모듈 연동 부분 : 선로의 이상 여부를 감지하기 위하여 전송시스템의 선로 감시 제어 모듈과 연동 한다.
- 3) 데이터 링크 계층 라우팅 부분 :
  - ① 선로 감시 모듈이나 데이터 링크 계층으로부터 선로 이상을 감지하였을 경우,
    - ㉔ 패킷을 데이터 링크 계층 라우팅 패킷으로 캡슐화 작업을 수행한다.
    - ㉕ 캡슐화된 패킷을 데이터 링크의 반대 방향으로 전송한다.
  - ② 데이터 링크 계층으로부터 캡슐화된 패킷을 수신하였을 경우,
    - ㉖ 라우팅 헤더의 출발지 주소가 자기 노드 네트워크 주소이면 이는 자기가 만든 데이터 링크 라우팅 패킷이므로 더 이상의 진행이 이루어지지 않도록 수신된 패킷을 제거한다.

- ㉞ 목적지 주소가 자기 노드 네트워크 주소인지 확인하여 자기노드 주소이면 캡슐화된 헤더부분을 제거하여 네트워크 계층 연동 부분으로 전달한다.
- ㉟ 만약 목적지 주소가 자기 노드 네트워크 주소가 아닌 경우는 수신된 링크의 진행 방향 선로의 데이터 링크 계층으로 전송한다. 이때 진행방향 선로 역시 이상이 감지된 경우는 패킷의 진행이 무의미하므로 패킷을 제거한다.

: 데이터 링크 계층 라우팅 패킷을 만든 자기 노드의 네트워크 주소



<그림 5> 캡슐된 데이터 링크계층의 라우팅 패킷

3.1.2 데이터 링크 계층 라우팅 모듈에서의 설정

데이터 링크 계층 라우팅 모듈은 다음과 같은 정보 습득과 기능이 사전에 요구된다.

- 1) 자기 노드의 네트워크 어드레스 : 관리자에 의해 초기에 설정되거나 네트워크 계층으로부터 수신되는 패킷(Protocol Data Unit)에서 네트워크 어드레스를 습득할 수 있다.
- 2) 링에서 상응되는 양방향(East/West) 서브네트워크 : 관리자가 East 방향 서브네트워크와 West 방향 서브네트워크의 쌍을 초기에 설정
- 3) 네트워크 계층의 라우팅 정보를 위한 링크 상태 정보 패킷(LSP, ITH, ISH) 등과 일반 사용자 패킷을 구분할 수 있어야 한다. 이들 네트워크 라우팅 정보 패킷들은 데이터 링크 계층에서 라우팅 되지 않는다.(예, OSI 7 layer 경우, 0x82, 0x83등은 라우팅 정보)

Network Layer Protocol ID	Length	.....
0x81		

<그림 4> OSI 7 Layer에서의 사용자 패킷의 예

- 4) 데이터 링크 계층에서의 라우팅 패킷을 표시하기 위한 헤더(header) 추가(encapsulation) : 네트워크 계층을 통해 보내지는 사용자(User) 패킷과 데이터 링크 계층에서 라우팅 되는 패킷과의 구분을 위해 라우팅 되는 패킷을 특수한 헤더로 캡슐화(encapsulation) 시킨다.

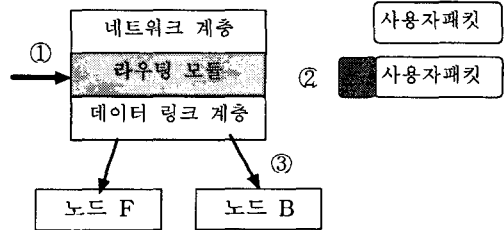
데이터 링크 계층 라우팅 패킷 헤더는 다음과 같이 구성된다

- ① 라우팅 헤더 표시 : 일반 네트워크 계층의 패킷과 구분할 수 있는 특수 메시지 식별자 (Msg ID : 예 0xFA)
- ② 목적지 주소(Routing Packet Destination Address) : 네트워크 계층에서 수신된 패킷의 헤더에 표시된 목적지 주소
- ③ 출발지 주소(Routing packet Source Address)

3.2 데이터 링크 계층 라우팅 기능을 가지는 전송 시스템 제안

링 환경에서 데이터 링크 계층에서의 라우팅 동작 과정은 아래와 같다.

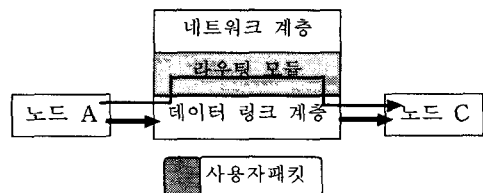
- 1) <그림 2>에서 선로가 끊어진 A의 데이터 링크에서의 라우팅 과정



<그림 6> 노드 A의 데이터 링크 계층 라우팅

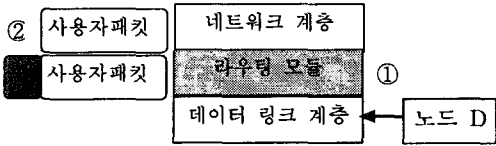
- ① 선로의 이상 감지 (선로감시제어 모듈이나 데이터 링크 계층으로부터 정보 습득)
- ② 네트워크 계층으로부터 수신되는 패킷 중 사용자 패킷을 3.1.1 4)와 같이 데이터 링크 계층 라우팅 패킷으로 캡슐화 과정 수행
- ③ 3.1.1 2)와 같이 링의 상대 방향으로 데이터 링크 계층 라우팅 패킷 전송

- 2) 노드 B, C, D, E에서의 데이터 링크 계층 라우팅 과정
- 데이터 링크 계층으로부터 수신된 패킷 중 라우팅 패킷을 의미하는 헤더를 가진 패킷을 분류하여 자기 노드의 패킷인지 확인, 그렇지 않은 패킷은 링의 진행 방향으로 계속 전송



<그림 7> 노드 B의 데이터 링크 계층 라우팅 과정

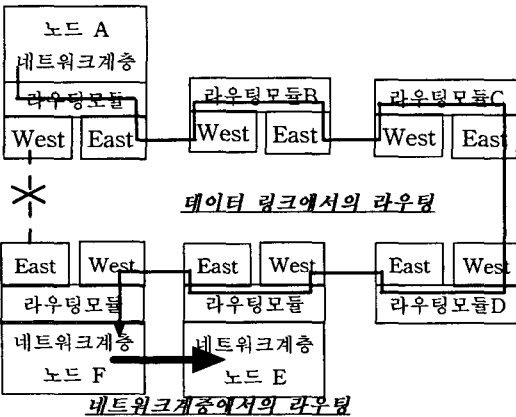
3) F에서의 데이터 링크 라우팅 과정



<그림 8> 노드 F의 데이터 링크 라우팅 과정

- ① 데이터 링크 계층으로부터 수신된 패킷 중 라우팅 패킷을 의미하는 헤더를 가진 패킷을 분류하여 자기 노드의 패킷인지 확인, 맞으면 데이터 링크 라우팅 헤더 제거
- ② 네트워크 계층에서 수신 가능한 패킷으로 전환하여 네트워크 계층으로 송신
- ③ 네트워크 계층에서는 노드 E로 계속 진행

이상에서 설명한 데이터 링크 라우팅의 전체적인 흐름은 다음 그림 <그림 9>와 같다.



<그림 9> 데이터 링크 계층에서의 라우팅의 흐름

4. 성능 평가

관련 연구에서 제시한 현재의 전송시스템과 앞 절에서 제안한 전송시스템과의 비교는 <표 1>과 같다. 네트워크 프로토콜은 OSI(Open System Interconnection) 3 계층을 이용하였고 데이터 링크 계층은 SDH의 DCC(Data Communication Channel)를 이용하는 LAPD를 이용하였다. 구현 및 테스트의 간편성을 위하여 데이터 링크 계층 라우팅 패킷의 목적지 주소(Destination Address)가 자기 노드 주소인 경우는 네트워크 계층으로 송신하는 대신 바로 응용프로그램 모듈로 송신하는 것으로 하였다.

<표 1> 현재 전송시스템과 제안한 시스템과의 비교

비교항목 \ 모델	현재의 전송시스템	제안한 전송시스템
패킷 분실(통신 중단)	있음(2분)	없음
데이터 링크 계층 수정 요구	없음	있음
네트워크 안정성	낮음	높음
관리자의 초기 설정 요구	없음	있음

현재의 전송시스템은 네트워크 계층간의 라우팅만을 수행하는데 비해, 제안한 전송시스템은 네트워크 계층의 경로 재 설정 시간동안 데이터 링크 계층에서 패킷의 경로 재 설정 동작을 수행한다.

비록 제안한 전송시스템에서는 초기 설정 시, 서로 상충하는 East/West 데이터 링크 경로를 설정을 관리자가 해주어야 하는 요구와 데이터 링크 계층에서의 라우팅을 위한 수정을 요구들이 있지만, 현재의 전송시스템에서 발생하는 긴급한 정보 관리 메시지가 분실되고, 경로 재 설정되는 일정시간 동안 통신이 두절되는 심각한 문제점을 해결한다.

따라서 제안한 전송시스템은 선로의 이상여부를 관리자가 즉각 감지하고 조치하여 전송시스템 네트워크의 안정성을 높일 수 있는 장점이 있다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서 제안한 전송시스템에서는 네트워크 계층간의 경로 재 설정 시간동안에도 패킷을 분실 없이 전송하는 것을 보장할 수 있다. 이로 인해 전송시스템의 안전한 관리를 수행할 수 있게 되어, 링크상의 문제가 발생할 경우 전송시스템 네트워크 관리자가 즉각적인 감지와 이에 대한 조치를 수행할 수 있게 되었다.

그러나 링의 형태로 구성되지 않은 네트워크에서는 적용하지 못하는 제한이 있다. 따라서 향후에는 링의 형태로 구성되지 않은 네트워크에서도 빠른 시간 내에 패킷의 분실 없는 전송을 제공하는 연구를 할 것이다.

참고문헌

- [1] ISO 8473 "Connectionless network protocol"
- [2] ISO 9542 "End system to intermediate system protocol"
- [3] ISO 10589 "Intermediate system to intermediate system protocol"
- [4] ITU-T Q.921 "ISDN user-network interface - Data link layer specification"
- [5] ITU G.707 "Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy(SDH)"