계층적 네트웍 구조 분석 기반의 패킷우회 검출 알고리즘

김진천* · 이동근* · 이동현* · 최상복

*경성대학교

Efficient Detour routing path detection algorithm based on the hierarchical network structure analysis

Jin-chun Kim* · Dong-kun Lee* · Dong-hyun Lee*

*Kyungsung University

요 약

네트웍 관리는 메일, 화상회의, 웹, 데이터베이스 소프트웨어등이 작동하는 네트웍 환경에서 더욱 중요한 문제가 되고 있다. 데이터를 전송하는 브리지 또는 라우터가 네트웍 디자인의 관점에서 비효율적인 패스로 전송할 수 있다. 이 논문에서는 네트워크상에서 발생할 수 있는 우회 경로 패스를 발견하는 문제를 논의한다. SNMP MIB로부터의 정보를 사용하여 계층적 네트웍 구조 분석을 기반으로 우회경로 패스를 발견하는 새로운 알고리즘을 제시한다. 제안된 알고리즘을 증명하기 위해 미리 선언된 데이터를 가지고 시뮬레이션한 결과 우회 경로를 발견함을 알 수 있다.

ABSTRACT

Network Management become more and more important issue in the network environment in which many applications such as Mail, teleconferencing, WWW and database software are operated. It can be possible for The Bridge and Router forwarding data to select next hop device which results in routing incorrect path from the viewpoint of network design. In this paper we address the problem of finding the detour routing path due to incorrect setting on routing devices. We propose the new algorithm for finding detour routing path based on hierarchical network structure analysis using information from SNMP MIB. To prove the correctness of the proposed algorithm we have done simulation with predefined data. Simulation results show that the algorithm finds detour path correctly

Ⅰ. 서 론

오늘날 정보화가 진행되어 컴퓨터 네트웍은 급속도로 발전하고 있다. 특히 TCP/IP를 기반으로 하는 인터넷과 LAN사이의 인트라넷의 형태로 네트웍의 기술은 빠른 속도로 발전하고 있다. 많은 회사나 공공단체 또는 학교에서 메일, 문서공유 등의 간단한 작업에서부터, 데이터베이스의 연동, 화상회의, 음성 및 데이터 통신 등 복잡한 작업에까지 많은 부분의 업무를 네트웍에 의존하고 있어, 네트웍 관리의 필요성은 더욱 중요해 지고 있다.[1]

네트웍 구성 중 기능을 정의하여 정의된 각 기능별로 계층을 분리하여 구현한 계층적 네트웍 구성이 있다. 이는 네트웍 설치의 최소 비용과 네트웍 관리의 분산 및 장애 국부화, 네트워크의 위상 변화에 용이한 장점이 있다. 또한 Routing Protocol이 이를 토대로 구성되고 있는 추세이다.[2] MIB 값 형태로 수집한 정보로 네트웍의 구성에 맞는 계층적 네트웍의 형태와 같은 Tree를 생성할 수 있다.

패킷의 적절한 경로를 발견하기 위해 라우터간에 정보를 교환하는 Routing Protocol이 있으나 관리자의 관리 실수로 인해 만들어진 Routing Table로 인하여 만들어진 패킷의 우회 경로가 존재할 수 있다.[3] 이는 한 segment내 몇몇 시스템의 네트웍 불능보다 발견하기 힘든 상황이다. 여러 Routing Protocol이 존재하여 패킷의 최적 경로를 찾는다. 그러나 네트웍의 디자인을 근거로 하여 패킷의 전송로를 예측하여 우회를 발견하는 네트워크 관리 접근은 아직 없었다.

본 논문은 AS(Autonomous System)내부의 회사나 대학 캠퍼스에 주로 사용되는 계층적 네트웍 디자인에서 MIB-II의 필요한 정보를 수집하

여, 장비의 종류를 분석하여, 라우터로 판명된 정보를 가지고 네트워크 계층에 맞게 Tree를 생성하여 패킷이 움직일 수 있는 경로를 예측한다. 이를 기반으로 우회 경로로 패킷을 라우팅하고 있는 라우터를 검출하기 위한 알고리즘을 제안한다.

II. 패킷 우회 경로 검출 알고리즘

2.1 전체의 기능 및 순서

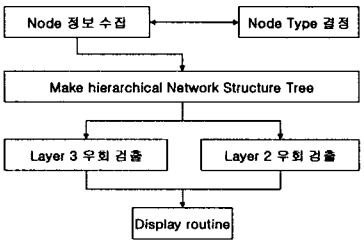


그림 1. SNMP MIB을 이용한 계층적 네트워크 구조 분석으로 패킷의 우회 발견 알고리즘의 순서

그림 1에서 구조적 네트워 디자인에서 패킷의 흐름을 이해 하기 위한 첫 단계로 네트워에 어떠한 장비로 구성되어 있는지를 조사 해야 한다. 조사된 각 노드들은 네트워상에서의 실질적인 사용형태를 조사 해야 한다. Layer 3 이상의 스위치 장비는 layer 2 스위칭 기능 뿐만 아니라, 각 장비의 세팅에 따라서 라우팅 기능을 가질 수 도 있어 스위치가 될 수도 있고 라우터로 인식 될 수도 있다. 노드들을 수집한 후 각 노드들의 연결상태를 조사하기 위해 구조적 네트워으로 해석하여 Tree형태로 제작한다. 제작된 Tree형태의 데이터를 근거로 하여, Layer 2의 경로가 적절한 구조인지를 수집된 Spanning tree 값를 이용하여 조사하고, 각 장비들의 routing table로 Tree 형태의 네트워크에서 모든 경로가 계층적 네트워크 구조에 적합한지를 조사함으로써, 적절한 Layer 3의 패킷의 흐름을 조사 할 수 있게 된다.

2.2 Node type 결정

각 장비들의 구별하는 방법은 그림 2의 순서도에 나타나있다. MIB-|| 의 System.sysService는 Node의 7 layer상의 기능을 말해 준다. 각 Layer를 L이라 두었을 때, sysService의 값은 $2^{(L-1)}$의 합이 된다. 각 장비의 능력에 따라 라우터 또는 스위치 그리고 워크스테이션 으로 세팅이 가능하다. System.sysService의 값 만으로는 장비의 속성을 알 수가 없어 ip.ipForwarding의 값과 소유하는 segment의 수도 노드 타입 결정에 참여하게 된다.[4]

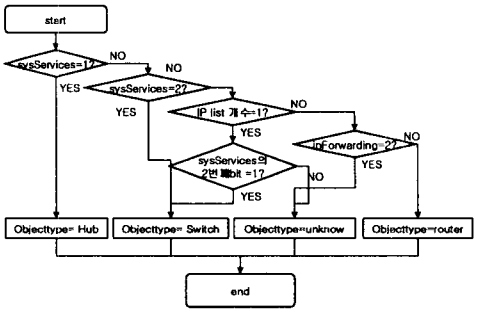


그림 2. Object type의 결정 순서도

2.3 Node collect process

순서도에서 초기값을 준 다음 차례로 노드의 정보를 수집한다. 노드가 라우터라면, Segment를 추출하여, MaxSeg를 증가하고, SEG에 추출한 Segment를 저장한다. 또한 CurNode의 값이 MaxNodeNum와 같다면 Segment의 모든 노드의 정보를 읽었음으로 다음 Segment로 확장한다. 만약 다음 Segment가 없다면 Node collect proccess는 끝난다.

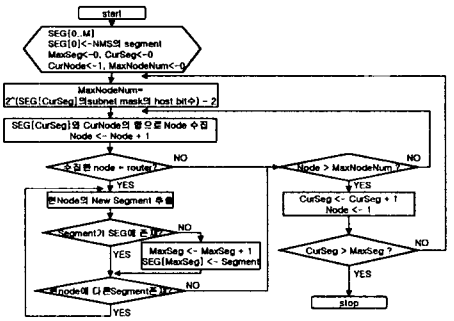


그림 3. Node collect process 순서도

2.4 Node data

그림 4는 각 노드들에게 조사할 데이터들이다. Node collect process에서 찾은 IP 주소로 Ping을 보내고, 이에 대답하는 IP 주소에 SNMP Query를 보낸다. SNMP에 답하는 Node에서 IP Address Table, Routing Table, Physical Address Table, Bridge Address, STP Priority, Designated Root Bridge를 수집한다.

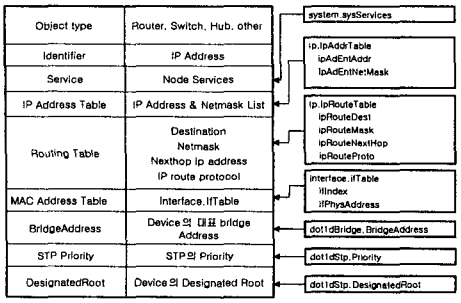


그림 4. Object Database의 Field

2.5 계층적 Tree 구성

2.5.1 Leaf 라우터간 연결 추론

MIB에서 얻을 수 있는 각 장비의 IP 주소만으로 각 네트워크의 연결상태를 추론할 수 있다. 각 라우터이 같은 Segment를 공유한다면, 서로 연결되어 있는 것이다.

2.5.2 Tree 생성 알고리즘

계층적 네트웍에서 라우터의 IP 주소만으로 연결 상태의 tree를 생성하는 알고리즘이다. 이때 외부망과의 연결 Segment를 제거하고 만약 제거된 외부망과의 연결 Segment가 가지고 있는 Segment가 단 1개 존재할 때 연결 라우터도 제거 후에 Tree를 생성한다. 또한 알고리즘이 반복될때는 사용한 노드는 제외하고 반복한다

◆계층적 네트웍 분석의 Tree 생성 알고리즘◆

n, m : {1,2… }
N : Leaf 라우터의 개수
R : 존재하는 모든 라우터의 집합
= { R1, R2..}
RL : 존재하는 모든 Leaf 라우터의 집합
S : 존재하는 모든 Segment의 집합
= { S1, S2..}
SL : 존재하는 모든 Leaf Segment의 집합
C : N개의 Leaf 라우터에서 2개로 구성된 조합의 집합 = { C1, C2..}
P(Cn) : C n간 Path List (Leaf 라우터를 포함)
Em(C n) : C n간 Path의 m번째 라우터 또는 Segment
CN(Rn) : 모든 P(Cn)의 List에 포함된 Rn의 개수
CN(Sn) : 모든 P(Cn)의 List에 포함된 Sn의 개수

○ 모든 C n과 P(C n)를 계산
○ 모든 P(C n)의 개수를 계산

- Redundant 경로가 존재하지 않을때

○ ${}_{N}C_{2}$만큼의 개수를 가지는 CN(Rn), CN(Sn)의 존재유무 판단
존재할 때 : 1개의 백본이 존재
검출된 Rn또는Sn을 Root Node로 Tree 생성 후 끝낸다

존재하지 않을 때 : 2개 이상의 백본이 존재함
P(Cn)중에서 길이가 3인 경로를 추출하여 P(Ck)이라 두고 모든 E2(Ck)를 검색

○ (E1(Ck) U E3(Ck)) ⊃ RL 이 True인지 확인
True일 경우
E2(Ck)를 Leaf으로 간주하여 알고리즘 반복.

False일 경우
E2(Ck)를 포함하지 않는 P(Cn)중에서 길이가 5인 Path를 추출하여 P(Cq)이라 두고 모든 E3(Cq)를 검색

○ (E1(Ck) U E3(Ck)UE1(Cq)UE5(Cq)) ⊃ RL가 True임을 확인
True일 때
E2(Ck), E3(Cq) Leaf으로 간주하여 알고리즘 반복.
False일 때
계층적 네트워크가 아님을 알 수 있다.

- Redundant 경로가 존재하는 네트워크일 때

○ P(Cn)중에서 길이가 3인 경로를 추출하여 P(Ck)이라 두고 모든 E2(Ck)를 검색

○ E2(Ck)를 포함하지 않는 P(Cn)중에서 길이가 5인 경로를 추출하여 P(Cq)이라 두고 모든 E3(Cq)를 검색

○ (E1(Ck) U E3(Ck)UE1(Cq)UE5(Cq)) ⊃ RL가 True임을 확인
False일때
계층적 네트워크가 아님을 알 수 있다.
True일때
K(Ck) = { E1(Ck), E3(Ck) }
Q(Cq) = { E1(Cq), E5(Cq) }라 두었을 때 모든 집합 K(Ck), Q(Cq)들간에 교집합이 공집합 아닐 때 통합한다.
E2(Ck), E3(Cq) Leaf 노드로 간주하여 계층적네트웍 분석을 위한 Tree 생성 알고리즘 반복

2.6 layer 3 & layer 2 우회 검출 방법

계층적 네트워크는 각 계층의 기능을 분리하여 설계한다. 상위 계층은 전적으로 하위 계층의 패킷의 전송을 목적으로 설계된다. 그럼으로 계층적인 네트웍에서 패킷은 단 한번만 상위 계층으로 전송 되었다가 다시 하위 계층으로 전송 되게 디자인 되어 있다. 그러므로, 생성한 Tree를 기반으로 각 leaf 라우터의 Routing Table을 조사 한다. 우선 Leaf 라우터의 Routing Table에서 임의의 목적지 주소에 대한 Next Hop 라우터로 이동하고, 다음 Next Hop 라우터를 찾아 이동하여, 목적지까지 도착하는 경로와 Tree상에서 어떠한 계층으로 이동 되는지를 조사함으로서 패킷의 우회를 알 수 있다. 이 또한 leaf 라우터에서 두개로 이루어진 모든 조합들 간의 Packet의 전송로를 따라 Routing Table을 조사한다.

Layer 2의 우회 검출은 계층적 네트웍의 구성상 Spanning Tree의 Designated Root는 Leaf Segment의 상위 라우터가 Designated Root가 되어야 한다. 만약 Segment의 내부에 있는 스위치가 Designated Root가 되어 있다면, 반드시 우회를 하는 것은 아닌, 우회의 가능성이 존재한다.

III. 알고리즘 검증

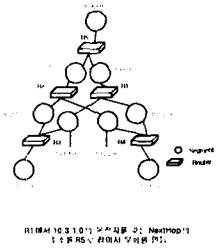
3.1 시뮬레이션 방법

실제적인 네트웍 구성에서 우회로를 만들고, 각 장비의 데이터를 수집하는 것은 현실적으로 실현하기 힘들다. 이로 인해 실제 사용되고 있는 네트웍에서 계층적 네트웍 Tree를 생성하여 우회를 검출할 수 없어, 우회로를 가지는 임의의 계층적 네트웍 구조에 적합한 IP Address Data와 IP Routing Table를 만들어서 이 데이터로서 계층적 Tree를 생성하고 layer 3의 우회로를 검출해 본다. 정보를 수집하는 과정만 생략 되었을 뿐 나머지 상황은 동일하게 시뮬레이션 된다. Layer 2의 데이터는 방대한 양 때문에 인위적인 생성이 불가능 하여 시뮬레이션에 제외 한다.

3.2 입력 데이터 형태

그림 5는 시뮬레이션에서 사용된 라우터의 IP 주소 리스트이다. R1에서 R3의 Leaf Segment인 10.3.1.0을 목적지로 하는 Routing Table에서 Next Hop이 R3가 아닌 R5로 우회를 생성하였다.

그림 6은 시뮬레이션에서 사용된 IP Routing Table이다. 우회를 검출하기 위해 사용된다. 위 그림의 밑줄친 부분의 R1의 Routing Table에서 우회 경로를 임의로 설치 하였다.



RouterID	IPAddrList	Netmask
R1	10.1.1.1	255.255.255.0
R1	10.1.2.1	255.255.255.0
R1	10.1.3.1	255.255.255.0
R2	10.2.1.1	255.255.255.0
R2	10.2.2.1	255.255.255.0
R2	10.2.3.1	255.255.255.0
R3	10.1.1.2	255.255.255.0
R3	10.2.1.2	255.255.255.0
R3	10.3.1.1	255.255.255.0
R4	10.1.2.2	255.255.255.0
R4	10.2.2.2	255.255.255.0
R4	10.3.2.1	255.255.255.0
R5	10.1.3.2	255.255.255.0
R5	10.2.3.2	255.255.255.0
R5	10.3.3.1	255.255.255.0

그림 5. Simmulation에 사용되는 네트웍 구조 및 IP Address List

RouterID	Destination	NextHop	RouterID	Destination	NextHop	RouterID	Destination	NextHop
R1	10.1.1.0	10.1.1.1	R3	10.1.1.0	10.1.1.2	R5	10.1.1.0	10.1.3.1
R1	10.1.2.0	10.1.2.1	R3	10.1.2.0	10.1.1.1	R5	10.1.2.0	10.1.3.1
R1	10.1.3.0	10.1.3.1	R3	10.1.3.0	10.1.1.1	R5	10.1.3.0	10.1.3.2
R1	10.2.1.0	10.1.1.2	R3	10.2.1.0	10.2.1.2	R5	10.2.1.0	10.2.3.1
R1	10.2.2.0	10.1.2.2	R3	10.2.2.0	10.2.1.1	R5	10.2.2.0	10.2.3.1
R1	10.2.3.0	10.1.3.2	R3	10.2.3.0	10.2.1.1	R5	10.2.3.0	10.2.3.2
R1	10.3.1.0	10.1.3.2	R3	10.3.1.0	10.3.1.1	R5	10.3.1.0	10.2.3.1
R1	10.3.2.0	10.1.2.2	R3	10.3.2.0	10.1.1.1	R5	10.3.2.0	10.1.2.1
R1	10.3.3.0	10.1.3.2	R3	10.3.3.0	10.2.1.1	R5	10.3.3.0	10.3.3.1
R2	10.1.1.0	10.2.1.2	R4	10.1.1.0	10.1.2.1			
R2	10.1.2.0	10.2.2.2	R4	10.1.2.0	10.1.2.2			
R2	10.1.3.0	10.2.2.2	R4	10.1.3.0	10.1.2.1			
R2	10.2.1.0	10.2.1.1	R4	10.2.1.0	10.2.2.1			
R2	10.2.2.0	10.2.2.1	R4	10.2.2.0	10.2.2.2			
R2	10.2.3.0	10.2.3.1	R4	10.2.3.0	10.2.2.1			
R2	10.3.1.0	10.2.1.2	R4	10.3.1.0	10.2.2.1			
R2	10.3.2.0	10.2.2.2	R4	10.3.2.0	10.3.2.1			
R2	10.3.3.0	10.2.3.2	R4	10.3.3.0	10.1.2.1			

그림 6. Simmulation에 사용되는 IP Routing Table

3.3 우회 경로 검출 시뮬레이션

그림 7은 사용될 라우터의 IP Address List와 이로써 네트웍에 존재하는 Segment를 나타낸다.

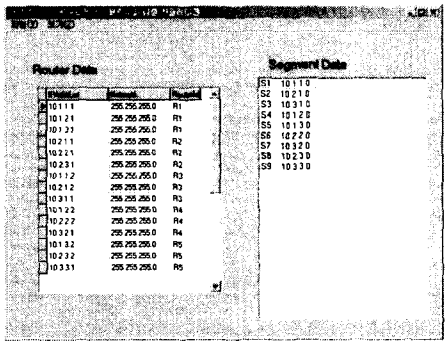


그림 7. 라우터 Data와 추론된 Segment Data

그림 8은 각 노드간의 연결을 추론하기 위해 Tree를 생성하여 가능한 모든 경로를 찾아내는 Tree 생성 결과이다. 즉 R1과 R5의 연결 가능한

모든 경로는 R1-S1-R3-S2-R2-S8-R5, R5-S5-R5, R1-S4-R4-S6-R2-S8-R5 이다.

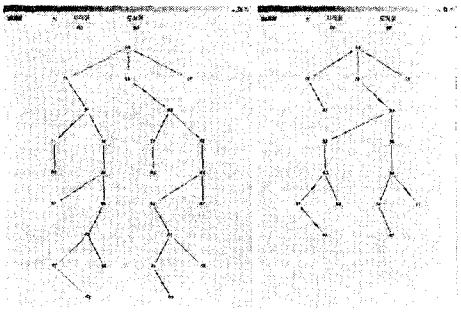


그림 8. 각 노드간의 연결 경로 발견 Tree

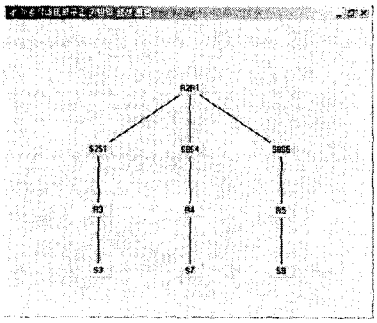


그림 9. 계층적 네트웍에 기반한 Tree

그림 9은 계층적 네트웍에 기반한 Tree 생성 결과이다. 이 값으로서 각 Layer를 인지하여 패킷의 우회를 검출한다.

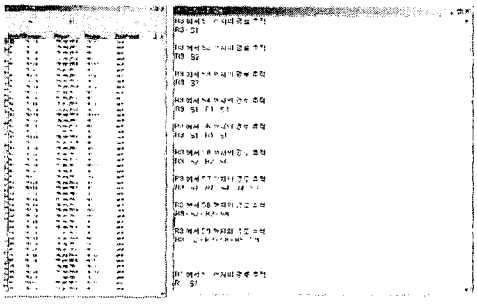


그림 10. 라우팅 테이블과 우회 검출 결과 보기

그림 10는 조사될 라우팅 테이블과 우회 경로 검출 결과 이다. 밑줄 2개의 우회 경로가 있다. R1에서의 라우팅 우회를 정확하게 검출해 내는 모습을 보여준다.

그림 11은 생성된 Tree 기반으로 계층적인 네트웍의 구조를 정확하게 인식하는 모습을 보여준다.

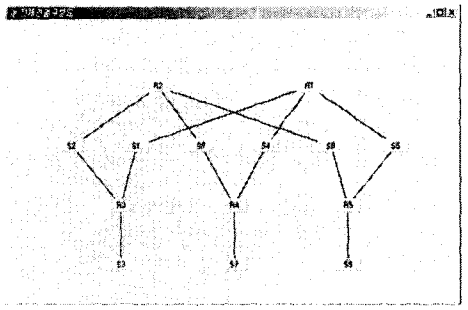


그림 11. 생성된 Tree기반의 전체 네트웍 구성

IV. 결 론

SNMP를 이용하여, 관리의 기본적인 도메인인 AS내부의 장비로부터 수집할 정보를 정의한 뒤에 데이터 수집하고, 이 정보로 장비의 종류를 구별하여, 이 정보와 수집된 정보로 전체의 네트워크 구조를 분석하기 위한 네트워크 구성 Tree를 생성하여, 이를 토대로 우회를 발견하는 알고리즘을 제시하였다.

네트웍 구성의 방법은 그 사용 방법에 따라 다양하다. 네트웍의 디자인에서 의도한 대로 패킷의 전송이 이루어 지고 있는지를 알 수 있는 방법론은 타당하며, 모든 네트웍 구조에 사용될 수 있는 알고리즘이 필요하다. 네트웍 디자인 방법을 정의하고, 이에 따른 점검방법을 SNMP를 이용하여 구현할 수 있는 방법이 추후 연구 과제이다.

참고문헌

[1] John Blommers, Practical Planning for Network Growth , Prentice Hall PTR, 1996

[2] Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design Macmillan Technical Publishing, 1999

[3] Jeff Doyle Routing TCP/IP, Volume I Cisco press 1998 - routing

[4] M. Rose and K. McCloghrie. Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II RFC 1213, March 1991