

효율적인 비용을 갖는 자동장애극복 네트워크의 설계방안

송명규^{1*}

¹남서울대학교 정보통신학과

Automatic Recovery Network Design for the Efficient Costs

Myeong-Kyu Song^{1*}

¹Department of Information & Communication Engineering, NamSeoul University

요 약 일반적으로 서바이벌 특성이란 네트워크 장애 시 고객이 인식하기 전에 서비스가 복구 될 수 있는 것을 말한다. 예를 들면 데이터 전송 중에 링크장애가 발생하면 즉시 대체 경로를 찾아 데이터 전송이 중단되지 않도록 하는 것이다. 이때 이용되는 것이 이중경로를 찾는 알고리즘이고 이때 주요요소가 경로 비용이 된다. 한 노드에서 다른 노드로 데이터 전송을 할 때 최소비용경로를 찾는 것이 효율적이다. 이때 찾아진 최소비용경로는 네트워크 장애가 발생하지 않는 경우에는 최적의 경로가 될 수 있다. 다만 네트워크 장애가 발생한 경우 대체 경로를 찾아야 하는데 이때 대체 경로의 비용이 매우 높다고 하면 비용 면에서 비효율적일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 네트워크 설계 시 서바이벌 특성을 고려하여 최소비용을 갖는 이중경로가 각각의 두 노드 사이에 최대한 존재 할 수 있는 방법을 찾는다.

Abstract In general, the network survivability means that The user do not know the network faults and the recovery of those. For this, we use the dual(multi) routes between each two nodes. It is important that the each dual routes have efficient costs(or minimum). Even if one route is the minimum cost in case of no fault, another route of dual may be very large cost in case of fault case. Therefore we need the dual routes of each two nodes having the efficient(or minimum) costs. In this paper we find the network design method for the dual routes of each two node having the efficient costs. Although the design method is very simple and heuristic and it may be not useful for some networks, we will use it in various network environment.. Because this design method can be used very easy. A sample design will proof this usefulness..

Key Words : Dual routes, efficient cost, fault and recovery, Network design, survivability

1. 서론

1.1 연구개요

네트워크장애에 의한 서비스중단은 이제 더 이상 용납 될 사항이 아니다. 왜냐하면 네트워크를 사용하는 고객이 큰 피해를 볼 수 있기 때문이다. 최근에 네트워크의 물리적 전송매체가 광섬유 등의 대역폭이 매우 넓은 것을 사용하면서 하나의 전송로 장애 시 1명의 네트워크이용자에서 많게는 수많은 이용자가 네트워크사용정지 등의 불편함을 갖게 되었다. 초기의 네트워크 이용자들은 이를

감수하고 인터넷 등의 네트워크서비스를 이용하였지만 오늘날에는 잠깐의 이용정지도 매우 큰 불만으로 이어지고 있다. 특히 네트워크 사용 중지로 인한 손실(전자상거래, 인터넷뱅킹 등 관련)이 구체적으로 나타나기 시작하여 요즘에는 짧은 시간의 네트워크중단이라도 큰 문제를 발생시킬 수 있다. 이로 인하여 자가치유(self-healing)네트워크, 서바이벌 네트워크 등 네트워크 장애 시 그 영향을 이용자가 느끼지 못하게 할 수 있는 방법에 대한 다양한 연구[1,2,3]가 진행되었다. 이후에 네트워크 장애의 자동복구에 관련된 다양한 연구가 이루어지고 있다. 이는

본 논문은 남서울대학교 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Myeong-Kyu Song(Namseoul Univ.)

Tel: +82-41-580-2125 email: mkson@nsu.ac.kr

Received August 5, 2013

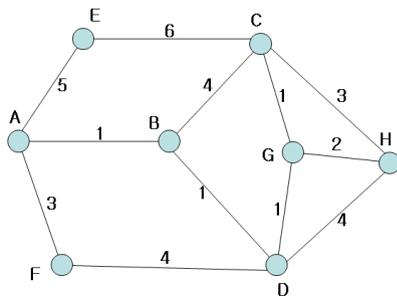
Revised August 27, 2013

Accepted November 7, 2013

서바이벌, 자가치유 (self-healing), 그리고 오토노믹 (autonomic)등의 여러 형태로 진행되고 있다. 다만 일반적으로 두루두루 사용하기에는 범위가 좁고 특별한 조건에 맞는 해법들이 대부분이다. 이는 일반적인 최상의 해법을 찾기는 너무 복잡하고 어렵기 때문에 개별적인 네트워크 상황에 맞는 해법을 빠른 시간에 찾을 수 있는 방법이 좀 더 실용적이기 때문이다. 본 논문에서는 이를 위해 간단하지만 실용성이 있는 해결방법을 제안하고 이의 유용성을 설계 예를 통하여 나타내고자 한다.

1.2 이중경로 네트워크

일반적으로 네트워크장애큐를 자동적으로 복구한다는 것은 네트워크 장애 시 고객이 인식하기 전에 서비스가 복구 될 수 있는 것을 말한다. 예를 들면 데이터 전송 중에 링크장애가 발생하면 즉시 대체 경로를 찾아 데이터 전송이 중단되지 않도록 하는 것이다. 이때 이용되는 것이 이중경로를 찾는 알고리즘이고 이때 주요요소가 경로 비용이 된다. 한 노드에서 다른 노드로 데이터 전송을 할 때 최소비용경로를 찾는 것이 효율적이다. 이 때 찾아진 최소비용경로는 네트워크 장애가 발생하지 않는 경우에는 최적의 경로가 될 수 있다. 다만 네트워크 장애가 발생한 경우 대체 경로를 찾아야 한다. 이때 물리적으로 네트워크에 중복되지 않는 대체경로가 존재해야 하는데 네트워크설계 시 이를 고려한 설계방법[4]이 연구되었다. 그런데 이는 이중경로가 존재하기만 하면 되는 범위 내에서 최소비용설계를 이룬 것이다. 그래서 이 경우 대체 경로의 비용이 매우 높다고 하면 비용 면에서 비효율적일 수 있고, 주경로가 짧음에도 대체(보조)경로가 길어지면 신호 품질의 저하 문제를 초래할 수 있다.[6].



[Fig. 1] The Sample network for routing costs I

그림 1에서 노드 A 와 C 사이의 최소비용 경로는 노드 A B D G C (1+1+1+1 = 4)를 경유하는 것이다. 그런데 중복되지 않는(disjoint) 최소비용 이중경로는 A B C (1+4=5) 와 A F D G C (3+4+1+1=9) 이다. 주목할 부분

은 최소비용 경로 A B D G C가 포함되지 않는다는 것이다. 기존에 존재하는 네트워크에서 최소비용경로나 최소비용이중경로를 찾는 방법[6]이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 네트워크설계 시 서바이벌 특성을 고려하여 최소비용을 갖는 이중경로가 각각의 두 노드 사이에 최대한 존재 할 수 있는 방법을 찾는다.

2. 네트워크설계방법

네트워크를 설계할 때 우선적으로 트래픽량을 정확하게 분석해야 한다. 트래픽량이 많은 노드를 중심으로 설계하는 것이 합리적이기 때문이다. 더불어 비용문제도 무시할 수 없다. 설치비용이 덜 드는 노드사이를 연결하는 것이 효율적이기 때문이다. 따라서 네트워크 설계 시 트래픽량과 설치비용을 주요변수로 활용한다. 또한 라우팅 비용과 링크설치비용은 비례한다고 가정한다. 기본적으로 먼 거리의 노드사이의 링크설치와 경로는 비용이 가까운 거리보다 많이 들기 때문이다. 처음에 노드의 총 트래픽량이 많은 순서로 노드를 정렬한다, 순서를 정한 후 두 개의 노드사이의 트래픽량이 많은 경로를 우선적으로 선택해서 링크를 설치한다. 물론 이중경로가 최소비용을 갖도록 하는데 우선순위를 두도록 한다, 설계가 진행되면 이미 설치된 링크가 트래픽용량을 감당하는 한 우선적으로 이용한다. 이와 같이 링크를 설치하다 보면 모든 노드쌍을 고려하지 않았음에도 모든 노드쌍 사이에 이중경로가 존재하는 단계에 이른다. 이때 가 전체 네트워크를 최소의 비용으로 설계한 결과가 된다. 다만 아직 고려하지 않은 노드쌍 사이의 이중경로 비용은 매우 클 수 있다. 따라서 설계를 계속 진행하여 모든 노드쌍에 대한 이중경로를 확인하고 경로비용이 적게 드는 방향으로 설계를 한다. 이 때 의 결과는 모든 노드쌍에 대한 합리적 최소 경로비용이 적용된 것이다. 이중경로가 존재하는 최소 설치비용 의 설계 결과와 최소경로비용의 설계결과를 비교 분석하여 네트워크 상황에 맞는 설계결과를 선택할 수 있게 한다.

본 논문에서 제안된 설계방법이 간단하고 휴리스틱한 방식이지만 설계 예를 통하여 유용함을 나타내고자한다. 설계과정은 6개의 노드를 갖는 네트워크를 설계하는 과정으로 설명한다. 표1에 각각의 노드사이의 링크설치비용이 나타나 있다. 링크설치비용은 거리에 비례한다고 가정하며 또한 경로비용과도 비례한다고 가정한다.

[Table 1] Link cost between each node pair

node \	0	1	2	3	4	5
0	0					
1	2	0				
2	5	3	0			
3	7	5	2	0		
4	5	4	3	2	0	
5	2	3	4	5	3	0

■ 1단계: 순서정하기

각 노드가 처리하는 총 트래픽량 순서대로 노드의 순서를 정한다. 각노드쌍의 트래픽량에 따른 노드쌍의 순서를 정한다. 노드의 번호는 각노드쌍의 전체 트래픽량이 많은 순서로 정하였다. 그리고 각노드쌍의 트래픽량순서는 (0,1),(0,3),(0,5),(0,2),(0,4),(1,2),(1,3),(1,4),(1,5),(2,3),(2,4),(2,5),(3,4),(3,5),(4,5)이다.

■ 2단계: 최소설치비용을 갖는 이중경로 찾기

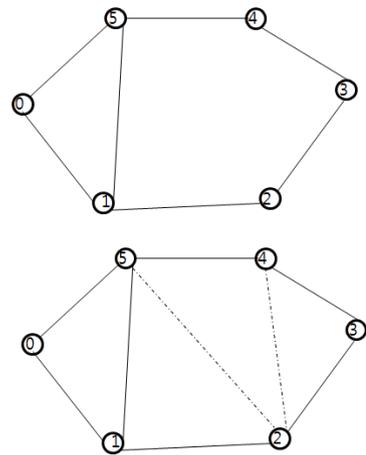
1단계에서 구한 순서에 의해 첫 번째 노드쌍의 중복되지 최소비용의 이중경로를 찾는다. 이때 링크설치비용이 경로비용으로 이용된다. (0,1)사이의 이중경로는 0→1, 0→5→3 이되고 경로비용은 7이 된다. 두 번째는 (0,3)인데 0→5→4→3, 0→1→2→3 이 되며 이중경로비용은 14가된다. 이때까지의 결과를 보면(그림 2의 윗 그림) 모든 노드쌍에 대해서 이중경로가 존재함을 알 수 있다. 그리고 총 설치비용이 17이 됨을 알 수 있다.

■ 3단계: 합리적 최소경로비용을 갖는 이중경로 찾기

2단계 이후 나머지 모든 노드쌍의 합리적 최소비용 이중경로를 찾는다. 여기서 합리적 최소비용이란 앞서서 설치된 링크를 적극 활용 한다는 의미이다.

두 노드사이에 직접링크를 설치하는 것이 최소비용의 이중경로를 찾는다 해도 기존에 먼저 설치된 링크를 이용하는 것이 비용 면에서 큰 차이가 아니면 기존의 링크를 활용한다는 의미이다. 최종적인 설계결과는 그림 2의 아래 부분이 된다. 총설계비용은 점선으로 표시된 추가 링크비용만큼 커진 24가 된다.

총 이중경로비용은 180과 146이 된다. 즉 총 설치비용이 40% 정도 늘어났고 총경로비용은 약 19%정도 감소하였다.



[Fig. 2] Heuristic Network Design Method

3. 네트워크설계 및 결과분석

구체적인 설계 예 에서 사용된 데이터는 앞에서 언급한 대체경로가 최소비용으로 존재하기만 하면 되는 방법을 다룬 논문[4]과 토폴로지관련논문[5]에 나타나 있다. 표 2, 3 에 나타난 데이터는 우리나라 10개 도시를 기본으로 조사 되었던 자료이다. 이를 이용해 새로운 휴리스틱한 설계방법을 적용해보고 그 결과를 분석한다. 같은 데이터를 이용한 것은 적용목적에 따른 설계 결과들을 비교할 수 있기 때문이다. 번호에 따른 도시는 다음과 같다. 0:서울 1:부산 2:인천 3:대구 4:광주 5:대전 6:원주 7:청주 8:전주 9:제주

[Table 2] Link cost between each node pair

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0									
1	560	0								
2	44	610	0							
3	450	100	490	0						
4	480	323	505	240	0					
5	200	350	270	180	250	0				
6	140	500	180	280	610	260	0			
7	210	330	250	200	305	170	230	0		
8	340	310	295	210	126	100	450	250	0	
9	670	360	690	390	205	470	720	520	370	0

[Table 3] Traffics between each nodr pair

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	680	730	626	577	570	526	521	535	499
1		0	461	362	313	306	262	257	271	235
2			0	358	336	329	285	280	294	258
3				0	232	225	181	176	190	154
4					0	175	131	126	140	105
5						0	124	119	133	98
6							0	75	89	54
7								0	84	49
8									0	63
9										0

■ 1단계: 순서정하기

트래픽량에 따른 노드의 순서를 구하면 각 노드번호 순서가 0 2 1 3 4 5 8 6 7 9 와 같이 된다.

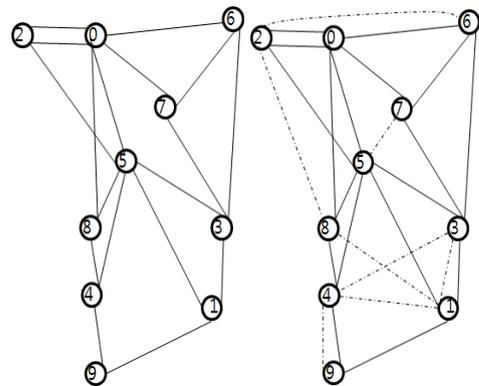
■ 2단계: 최초의 최소비용 이중경로 찾기

처음에 순서에 따라 0번 노드와 0번 노드와 트래픽이 가장 많은 노드사이에 최소비용 이중경로를 찾아 연결시킨다. 즉 0번과2번 사이에 중복되지 않는 링크를 이용해 최소비용 이중경로를 찾는다. 직접연결 하는 것이 가장 효율적 이고 우회경로의 비용이 매우 큰 차이로 나타나기에 두 개의 링크를 설치한다. 다음은 0번과 1번 사이를 고려한다. 그리고 다음은 0번과 3번,4번,5번,8번,6번,7번,9 번 순서로 최소비용이중경로를 찾되 이미 연결된 링크를 최대한 활용하는 것을 원칙으로 한다. 순서적으로 진행할 때 1번과 2번 노드를 고려한 후 설치된 전체링크는 그림 3a) 가된다.

■ 3단계: 합리적 최소경로비용을 갖는 이중경로 찾기

이후 모든 노드쌍에 대해서 설계를 진행하면 그림 3b)의 결과를 얻게 된다.

그림 3에 나타난 설계결과의 총설치비용은 a)가 3629 이고 b)가 5452가 된다. b)에서 점선표시가 추가된 부분으로 비용은 1823 이 된다. 이렇게 늘어난 비용대신 모든 노드쌍의 이중경로비용의 총합은 a)가 34139 이고 b)가 40161이 된다. 설치비용이 약 50% 증가한 대신 증가한 대신 총 이중경로 비용은 15%정도 감소된 것을 알 수 있다.



a) minimum cost design b) optimal design

[Fig. 3] The Design sample network for Heuristic Network Design Method

4. 결론

링크장애 시 자동으로 우회경로를 이용하여 통신서비스의 중단 없는 제공이 가능한 네트워크를 설계하는 연구결과가 존재하지만 이는 이중경로의 비용을 고려하지 않았다. 본 논문에서는 총 설치비용과 총 이중경로비용의 관계를 고려하여 네트워크를 설계하는 휴리스틱한 방법을 제안하였고 총 설치비용이 증가함에 따라 총 이중경로비용이 감소함을 설계 예를 통하여 증명하였다. 제안된 방법이 매우 단순하지만 매우 다양한 네트워크 상황에 쉽게 이용할수 있다. 다만 구체적 네트워크 설계환경에 따른 총 설치비용이나 총 이중경로비용의 허용치 그리고 각 노드 트래픽의 중요도에 따른 집중설계에 관해 향후 연구되어야 할 것이다.

References

[1] Qiong Zhang, Mohammad M. Hasan, Xi Wang, Paparao Palacharla, and Motoyoshi Sekiya, 'Survivable Path Computation in PCE-Based Multi-domain Networks', VOL. 4, NO. 6/JUNE 2012/J. OPT. COMMUN. NETW. 457-468
DOI: <http://dx.doi.org/10.1364/JOCN.4.000457>

[2] R. Bhandari, V.N. Kamalesh, and S. K. Srivatsa, "Topological design of minimum cost survivable computer communication networks: Bipartite graph method", (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 3, No. 1, 2009.

[3] A. N. Patel et al., "Survivable transparent flexible

- optical WDM (FWDM) networks,” in *Proc., OFC/NFOEC 2011*, Paper OTu18.
- [4] Myeong-kyu Song, “Design Method for Cost Efficient Survivable Network” The Institute of Internet Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 9-6 2009
- [5] Myeong-kyu Song, “Topology Design for Integrated Management Network”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* vol. 10-6, pp1-10 2009
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.6.1207>
- [6] S. Ramamurthy, L. Sahasrabudde, and B. Mukherjee, "Survivable WDM Mesh Networks," *IEEE/OSA J. Lightwave Tech*, vol. 21, Apr. 2003, pp. 870-83.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JLT.2002.806338>
- [7] J. W. Suurballe and R. E. Tarjan, “ A Quick Method for Finding Shortest Pairs of Disjoint Paths”, *Networks* 14, 325-336(1984)
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/net.3230140209>

송 명 규(Song, Myeong-Kyu)

[정회원]



- 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학(공학사)
- 1989년 2월 : 연세대학교 전자공학(공학석사)
- 1996년 8월 : 연세대학교 전자공학(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

전자통신, 정보통신, 네트워크