

자동링크복구 기능에 따른 네트워크 비용분석

송명규*

The Cost Analysis of Network by The Function of Automatic Link Recovery

Myeong-Kyu Song*

요약 통신, 교통, 전력 및 물 공급 시스템과 같은 사회 인프라 시스템은 이제 구성 요소 장애, 보안 공격과 자연 재해 등을 포함하여 다양한 종류의 위협에 직면하고 있다. 이러한 바람직하지 못한 사건이 발생할 때마다, 사회 기반의 기능정지시간이 사회에 치명적인 결과를 초래하기 때문에 가능한 한 빨리 시스템을 복구하는 것이 중요하다. 특히 네트워크상에서 의 장애가 발생했을 때, 링크 장애를 자동적으로 복구해야 그 피해를 최소화 할 수 있다. 또한 네트워크 장애 시 고객이 인식하기 전에 서비스가 복구 될 수 있게 하면 그 효과는 더 클 것이다. 본 논문에서는 네트워크에서의 자동복구성과 비용사이의 관계를 분석한다.

Abstract The Social infrastructure systems such as communication, transportation, power and water supply systems are now facing various types of threats including component failures, security attacks and natural disasters, etc. Whenever such undesirable events occur, it is crucial to recover the system as quickly as possible because the downtime of social infrastructure causes catastrophic consequences in the society. Especially when there is a network link-failure, we need an automatic link-recovery method. This means that customers are aware of network failures that can be recovered before you say that service. In this paper, we analysis the relation between Auto-recovery performance and cost.

Key Words : Automatic Recovery, Multi-route, Network Design, Cost, Infrastructure

1. 서론

최근 몇 년간, 통신 기술이 크게 발전하여 네트워크를 이용하는 사용자수가 크게 늘었고 수백 개의 애플리케이션 및 다양한 서비스를 제공할 수 있는 유무선 네트워크 환경으로 진화했다.

이러한 발전은 현재 및 앞으로 등장하는 새로운 네트워크의 관리를 기술적으로 복잡하게 하고 있다. 네트워크 관리의 핵심은 네트워크 사용자의 불편을 없애고 중단 없는 서비스를 제공하는 것이다. 그래서 네트워크상의 장애가 발생해도 서비스의 중단 없는 제공이 가능하도록 하는 방법들이 필요하게 되었고, 여러 형태로 연구되어오고

있다.

자율 네트워크 구조(Autonomic Network Architecture)[1,2]는 자율 컴퓨팅 기술이며, 서바이벌네트워크는 네트워크의 서바이벌특성을 처음 언급[3]한 이후로 여러 가지 형태로 연구[4,5,6] 되어 오고 있는 방식이다. 또한 자가치유(self-healing)라는 이름의 관련된 연구[7]도 다양하게 진행되고 있다. 이들 모두 각기특성을 달리하지만 네트워크 장애가 발생한 경우 자동으로 복구하여 서비스를 중단 없이 지속할 수 있도록 하는 데에 활용할 수 있다.

본 논문에서는 이와 같은 연구 환경에서 fldzm

* Corresponding Author : Department of Information Communication Eng., NamSeoul University

Received November 24, 2015

Revised December 1, 2015

Accepted December 10, 2015

자동복구 되는 모델을 설정하고 자동복구 되는 정도에 따른 네트워크 비용을 분석하였다.

2. 자동복구기능

자동복구기능이란 매우 다양한 관점에서 해석할 수 있다. 앞에서 언급한 자율시스템은 2001년 IBM 에서 처음언급 되었고 다양한 컴퓨팅 기술로 발전하였으며 네트워크분야에도 진출하였다.[8,9] 자율시스템은 자가구성,자가차유,자가최적화,자가보호등의 요소로 구성된다.(그림 1)

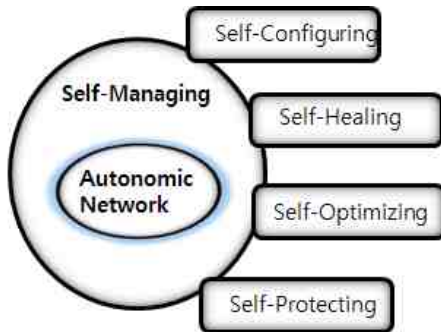


그림 1. 자율시스템구성
Fig. 1. Automatic System

서바이벌 네트워크는 장애가 발생한 경우에도 네트워크 서비스의 중단 없는 제공을 위해 연구되었고 다양한 방법이 제안되어왔다.(그림2) 그림 2에 나타난 분류에 따라 다양한 연구가 진행되어 오고 있다.[10,11,12]

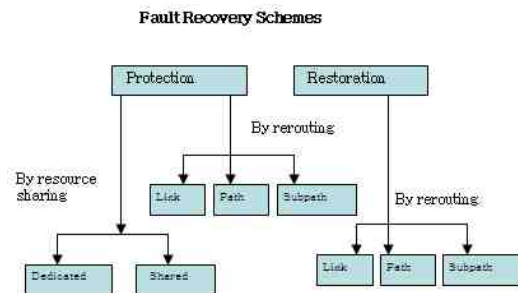


그림 2. 서바이벌 자동복구방식[2]
Fig. 2. Survival auto repair scheme [2]

본 논문에서는 링크 장애가 있는 경우 중단 없는 전송서비스가 가능한 것으로 범위를 한정하였다. 즉 하나의 링크에 문제가 생겼을 경우 이 링크가 포함되지 않는 대체경로를 찾아야한다. 또한 장애링크가 감당해야할 트래픽을 다른 경로의 링크들이 수용할 수 있어야 한다. 이미 존재하는 네트워크에서 이런 기능을 활용하려면(링크 장애시) 장애링크를 우회할 수 있는 대체경로가 물리적으로 송·수신측 사이에 존재해야 한다. 새로운 네트워크를 설계할 때 자동복구기능을 수용하기 위해 이와 같은 특성을 고려해야한다.

네트워크의 장애의 종류와 형태가 매우 다양하여 본 논문에서는 링크장애에 대한 자동복구기능을 고려한다. 이때 자동복구기능에 따른 비용을 분석하여 최적의 네트워크 설계를 할 수 있게 한다.

또한 설치링크는 모든 트래픽량을 수용할 수 있다고 가정한다.

3. 자동복구 특성과 네트워크 설계비용

3.1 일반적인 다중경로비용

본 논문에서는 자동복원성의 정도를 각각의 두 노드사이에 독립적인 경로수로 판단하며 이 경로의 수를 자동 복구성으로 정의하고 네트워크 설치비용과의 관계를 분석한다. 링크에 장애가 생긴 경우 이용자가 이 사실을 모르고 서비스를 계속 이용할 수 있으려면 대체 링크를 찾아야 한다. 대체링크는 물리적으로 존재해야 한다. 두 노드사이에 존재하는 경로를 그림 3 에 일반적으로 나타내었다. 하나의 경로링크가 장애를 일으키면 그 링크가 지원하던 트래픽은 나머지 다른 링크들이 분산 수용해야 한다.

데이터의 전송에 가능한 경로가 여러 개 있는 경우 트래픽량과 비용의 관계를 알아본다. 이는 다중경로가 존재하는 경우 트래픽을 분산시키는 개념이다.

경로는 물리적으로 연결된 두 노드사이의 논리적 연결을 의미하고 링크는 주어진 경로를 구성

하는 요소로 실제적인 물리적 연결을 나타낸다.

경로는 하나 이상의 링크로 구성된다. T를 전체 트래픽량으로 M을 경로수 정한다.

각 경로를 구성하는 링크를 T/M의 동일한 트래픽량을 지원한다.

하나의 오류가 발생한 경우 T/M 만큼의 트래픽에 영향을 준다. 이를 T/(M(M-1))만큼씩 남은 각 경로에 재할당해야 한다.

정상적인 각 path에는 다시 할당된 트래픽량은 T/M + T/(M(M-1)) 이를 정리하면 T/(M-1) 이 된다.

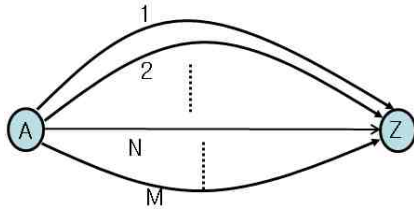


그림 3. 다중경로
Fig. 3. Multipath

$C_{Total} = \frac{TM}{M-1}$ 이식은 하나의 오류가 발생한 경우에 중단오류가 없는 경우이다. (링크설치 총비용) M= 2인 경우 경로 용량이 2T 이면 100%복구가 가능하다. (working T, Spare T)

M= 3인 경우 경로 용량이 3T/2 이고

M= 4인 경우 경로 용량이 4T/3 이 된다.

경로 수가 증가할수록 요구되는 각 경로의 처리가능 트래픽용량이 줄어든다.

비용을 주어진 경로 수와 경로의 길이 곱으로 나타낼 수 있다.

용량은 광섬유의 수에 따라 결정된다.

$$T_{Total}(M) = C \sum_{i=1}^M d_i = \frac{T}{M-1} \sum_{i=1}^M d_i$$

M + p (p ≥ 1) path 의 경우

$$T_{Total}(M+p) / T_{Total}(M) = \frac{M-1}{M+p-1} \frac{\sum_{i=1}^{M+p} d_i}{\sum_{i=1}^M d_i}$$

$$T_{Total}(M+p) < T_{Total}(M) \quad \text{이므로}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{M+p} d_i}{\sum_{i=1}^M d_i} < \frac{(M+p+1)}{(M+1)} \quad \text{-----①(트래픽수용확인식)}$$

단 본 논문에서는 트래픽을 전부 처리할 수 있는 경우만을 고려하여 비용을 산출하기로 한다. 이 비용은 다중경로를 갖는 네트워크의 설계비용이 된다. 경로 수가 늘어나면 링크 장에서 각 경로가 추가로 처리해야하는 트래픽량이 줄어든다. 이때 적은 용량의 물리링크를 이용하여 설치비용이 줄어든다. 다만 경로 수가 늘어 설치비용이 증가하는 반대되는 특성도 갖게 된다. 이에 대한 상관관계를 분석하여 최적의 자동복구성과 최적의 비용을 찾도록 한다. 본 논문에서는 링크가 모든 트래픽을 수용할 수 있고, 노드간 링크설치비용이 동일 하다고 가정하였다.

3.2 이중경로비용

앞 절에서는 단순히 트래픽 분산이 가능한 경로의 수와 비용의 관계를 나타내었다. 이번 절에서는 특히 다중경로도 개념적으로 해당되지만 우선 이중경로의 경우, 최소비용에 대해 알아본다. 네트워크상에서 최소비용경로를 찾아 데이터를 전송하는 것이 당연히 효율적이다. 그런데 이것은 링크장애 등의 오류가 발생하지 않았을 경우이고 링크장애가 일어난 경우 전송서비스가 중단 없이 계속 제공되어야 하는 상황에서는 대체경로가 존재해야하며 대체경로의 경로비용도 고려해야 한다. 이중경로를 기본으로 할 때 대체경로는 원래경로와 서로 중복되지 않아야한다. 그림 4 에서 A--> C 의 경우 최소비용 경로는 ABDGC(1+1+1+1=4) 이다. 그런데 중복되지 않는(disjoint) 최소비용 경로쌍은 ABC(1+4=5) 와 AFDGC(3+4+1+1=9) 이다. 주목할 부분은 최소비용 경로 ABDGC 가 포함되지 않는다는 것이다. 즉 대체경로를 고려하지 않는 최적의 경로 선택과 대체경로를 고려하는 최적의 이중경로는 대체경로를 고려하지 않을 때 선택된 최적의 경로가 포함되지 않을 수 있다는 것이다.

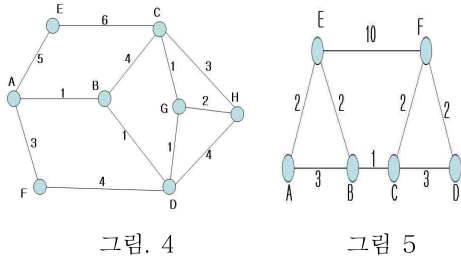


그림 5 에서 이런 부분의 보완방안을 살펴본다. A→D 의 최소비용경로는 ABCD (3+1+3=7)이다. 그리고 중복되지 않는(disjoint) 최소비용 경로쌍은 ABCD 와 AEFD (2+10+2=14)이다(총비용 21) 그런데 중복되지 않는다는 조건을 다소완화해서 하나의 링크(BC)만을 중복사용하면 ABCD 와 AEBCFD(2+2+1+2+2=9) 이 선택된다(총비용 16). B→F의 경우를 살펴보자. 중복되지 않는(disjoint) 최소비용 경로쌍은 BCF 와 BEF 이다. (총 비용 15) BC 를 공통으로 하면 BCF 와 BCDF(6)(총 9)를 선택할 수 있다. 중복되지 않는(disjoint) 최소비용 경로쌍에비해 40%의 비용절감이 된다. 즉 중복되지 않는(disjoint) 최소비용 경로쌍의 총비용과 완전 중복되는 최소비용 경로쌍의 총비용은 15와 6이 된다. 따라서 이 사이에서 절충점을 찾을 수 있다, 중복경로는 링크장애 확률이 낮은 링크가 존재하는 경우이용가능하다.

본 논문에서는 두 번째 경우를 고려하여 비용을 계산하였다.

4. 성능향상에 따른 비용분석

4.1. 비용분석과정

자동복구기능은 선택할 수 있는 경로의 수가 많으면 많을수록 좋을 수 밖에 없다. 다만 독립적인 경로의 수가 많다는 것은 그 만큼 네트워크 구축비용이 증가한다. 이 두 가지의 절충점을 찾기 위하여 선택할 수 있는 경로의 수와 선택할 수 있는 각각의 경로의 독립성 정도를 비교하여 그 구축비용을 분석한다.

비용분석에 사용된 네트워크 모델은 6개의 노

드를 갖고 있고 각 노드 사이의 링크 설치비용은 동일하다고 가정한다. 그림 6 에 나타난 6개의 노드를 갖는 네트워크는 대표적인 6개의 형태를 선정하여 사용하였다. 3장에서 언급한 내용을 바탕으로 비용을 계산하였다. 이결과를 바탕으로 자동복구정도과 비용관계의 결과를 설명한다. 자동복구정도란 경로의 수와 경로의 독립성을 고려하여 설정된다. 즉 선택할 수 있는 경로의 수가 많으면 그만큼 링크장애에 영향을 덜 받고 선택할 수 있는 우회경로를 찾기 쉽다는 의미로 해석할 수 있으며 이는 이용자가 장애사실을 모르고 지나갈 수 있는 확률이 높음을 의미한다. 시뮬레이션 결과는 표1 과 그림 7의 그래프로 나타내었다.

4.2. 결과 분석

그림 6 a)의 네트워크는 모든 노드쌍에 대해서 경로가 하나 밖에 없기 때문에 자동복구를 위한 우회경로를 찾을 수 없다. 그림 6 f)의 네트워크는 모든 노드쌍이 직접 연결되어 있는(Full Mesh type) 형태이다.

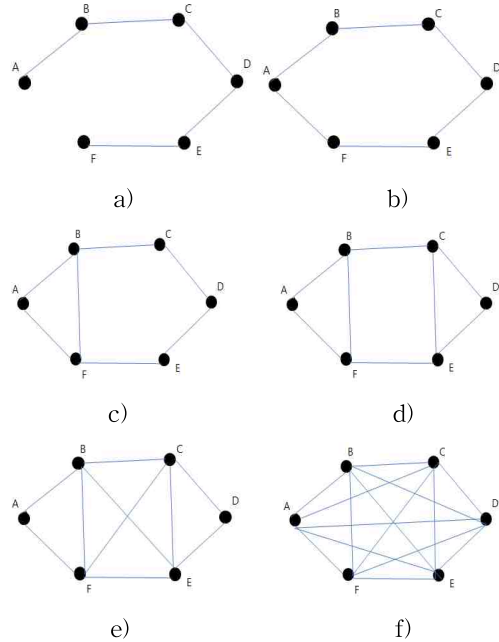


그림 6. 비용분석 네트워크 모델

Fig. 6. Network Model for cost analysis

표 1. 네트워크 모델에 따른 분석값

Table1. Analysis Results of Network Models

네트워크형태	a	b	c	d	e	f
평균경로수 (자동복구성)	1	2	3	4.93	6.93	65
총경로비용	35	45	35.7	46.8	46.7	3915
평균경로비용	2.33	3	2.38	3.12	3.11	4.01
총설계비용	5	6	7	8	10	15

이는 자동복구성이 매우 좋지만(평균경로수비교) 노드수가 증가함에 따라 설치해야하는 링크수가 $n(n-1)/2$ 개가 되어 설치 비용문제로 구현 불가능하게 된다.

그림7 에서 링크수가 많아지면 평균경로 수가 늘어서 자동복구성이 좋아지는 반면 링크의 수가 많아지면 비용이 증가하고 경로관련비용도 어느

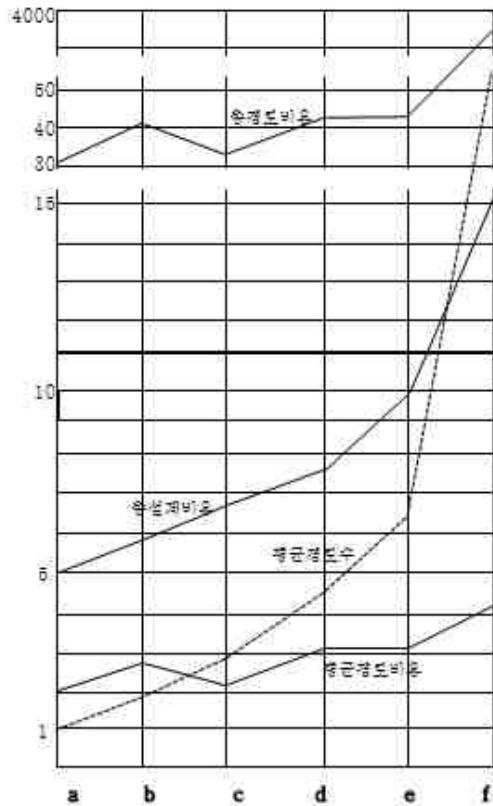


그림 7. 비용과 자동복구성
Fig. 7. Cost VS. Auto-Recovery

정도 증가함을 알 수 있다.

네트워크의 환경과 수요 그리고 장애발생시 피해정도에 따라 자동복구성을 선택해야 한다. 물론 이에 따른 비용도 중요한 변수가 된다. 또한 3장에서 언급한 비용과 링크의 중복성까지 변수로 넣는다면 그 결과는 정확하게 계산하기 힘들며 다만 휴리스틱한 설계알고리즘을 도입해야한다.

5. 결론

네트워크 장애의 종류가 다양하고 자동복구방식도 매우 다양하다. 그래서 네트워크의 규모와 특성에 따라 다중경로의 선택을 결정하고 비용을 분석해야한다.

본 논문에서는 이를 위해 단순한 네트워크 모델을 이용하여 경로수와 비용과의 상관관계를 찾아 비교분석하였다. 그런데 이것은 특정한 표본 모델에 한정되어 있는 결과로 보다 일반적인 분석이 필요하다. 보다 일반적인 결과를 얻기 위해서는 앞으로 휴리스틱한 알고리즘이 개발 되어야 한다. 일반적인 네트워크에 적용하는 것은 매우 복잡하기 때문이다.

REFERENCES

- [1] M. C. Huebscher and J. A. McCann, "A survey of autonomic computing - degrees, models, and applications," ACM Comput. Surv., vol. 40, no. 3, 2008.
- [2], "Deliverable D5.10: Measurements, architecture and interfaces for self-organising networks," 2010, project deliverable 4WARD.
- [3] N. DFO. " On survivability of communications systems ", IEEE Trans. on Communication Technology ('Correspondence), vol. COM-12, pp. 227-228, December 1964.
- [4] S. Ramamurthy, Laxman Sahasrabudde and Biswanath Mukherjee, "Survivable WDM Mesh Networks"IEEEJOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 21,

NO. 4, APRIL 2003

[5] Chapin, J.M.; Chan, V.W.S.“Architecture Concepts for a Future Heterogeneous, Survivable Tactical Internet”Military Communications Conference, MILCOM 2013 - 2013 IEEE, Issue Date: 18-20 Nov. 2013

[6] Bingli Guo, Chunming Qiao, Jianping Wang,Hongfang Yu, Yongxia Zuo, Juhao Li, Zhangyuan Chen and Yongqi He ,“Survivable Virtual Network Design and Embedding to Survive a Facility Node Failure”,JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 32, NO. 3, FEBRUARY 1, 2014 483

[7] Ibrahim Al-oqily, Bassam Subaih, Saad Bani-Mohammad “A Survey for Self-Healing Architectures and Algorithms“, 2012 IEEE 9th International Multi-conference on system, signals and devices

[8] Zeinab Movahedi, Mouna Ayari, Rami Langar and Guy Pujolle,“ A Survey of Autonomic Network Architectures and Evaluation Criteria ”,IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 14, NO. 2, SECOND QUARTER 2012

[9] R. M. da S. Bezerra, Member, IEEE and J. S. B. Martins, “Network Autonomic Management: A Tutorial with Conceptual, Functional and Practical Issues“, IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 12, NO. 2, MARCH 2014

[10] Jing Zhang and Biswanath Mukherjee,“A Review of Fault Management in WDM Mesh Networks:Basic Concepts and Research Challenges“,IEEE Network • March/April 2004

[11] Chengyi Gao, Hakki C. Cankaya, and Jason P. Jue, “Survivable Inter-Domain Routing Based on Topology Aggregation With Intra-Domain Disjointness Information in

Multi-Domain Optical Networks“,VOL. 6, NO. 7/JULY 2014/J. OPT. COMMUN. NETW. p 619~

[12] Bingli Guo, Chunming Qiao, Jianping Wang, Hongfang Yu, Yongxia Zuo, Juhao Li,Zhangyuan Chen and Yongqi He “Survivable Virtual Network Design and Embedding to Survive a Facility Node Failure“, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 32, NO. 3, FEBRUARY 1, 2014

저자약력

송 명 규(Myeong-Kyu Song) [정회원]



- 1987년 2월 :연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1989년 2월 :연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1996년 2월 :연세대학교 전자공학과(공학박사)
- 1989년 1월 ~ 1994년 4월 : 디지털 전임연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

네트워크설계, 정보통신시스템