

고가용성 이중화 네트워크 트래픽 감소를 위한 네트워크 가상화 기법

김 상 호, *최 성 수
한국전기연구원

e-mail : breeze990@keri.re.kr, sschoi@keri.re.kr

Network Virtualization Method for Reduce Traffic of High Availability Redundancy Network

Sangho Kim, *Sungsoo Choi
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Recently, an industrial network has developed in adopting the redundancy transmit protocol for a high reliable system. However, it causes a traffic overload in real time operation problem. In this paper, we propose a new protocol of a network virtualization method for reducing the network traffic at the closed-loop network enhancing the performance of High Availability Redundancy(HSR) protocol at IEC 62439-3. The considered virtualized area constitutes some nodes what swap big data frame mutually or installed in certain area. In simulation results, we show the network traffic reduction by adopting the virtualization area in operating a sub-network to solve the problem from network traffic overload.

I. 서론

산업용 네트워크는 네트워크를 구성하는 다수의 노드와 이러한 노드들에 의해 발생하는 대량의 데이터를 필요한 노드 또는 디바이스까지 전달하는 것을 목적으로

한다. 이러한 산업용 네트워크는 데이터 손실 또는 오류에 의해 치명적인 결과를 가져올 수 있기 때문에 전송 신뢰성과 오류 발생시 빠른 대처가 가능한 전송 시간 보장이 중요하다. 최근 이를 위한 다양한 전송 기법들이 개발 되고 있으며, 이러한 전송 기법들 중 전송 신뢰도 향상과 오류 복구 시간의 최소화를 위한 이중화 전송 기법이 전력망 산업 분야에 검토되고 있다. 이러한 이중화 전송 기법중 국제 표준으로 지정되어 있는 IEC 62439-3의 High availability Seamless Redundancy(HSR) 프로토콜은 전송하는 데이터 프레임은 복제하여 2개 이상의 프레임을 네트워크로 전송함으로써 단일 전송 오류에 대한 복구 시간의 거의 없다는 장점을 가지고 있다. 하지만 2개 이상의 프레임을 전송함으로써 목적지에 도달하지 못한 데이터 프레임으로 인해 네트워크 부하를 가중 시킬 수 있다. 네트워크 부하의 가중으로 인한 전송 지연 또는 데이터 손실은 산업용 네트워크에서 필수 요구 사항인 데이터 전송 신뢰도의 하락과 실시간 처리에 문제를 발생시켜 네트워크 성능 저하를 유발 할 수 있다. 본 논문에서는 HSR 프로토콜로 구현된 Closed-loop 토폴로지의 네트워크에서 네트워크 과부하로 인한 문제 해결을 위하여 네트워크 가상화 영역을 제안하고자 한다.

II. 본론

2.1 네트워크 가상화 영역의 구성

가상화는 물리적으로 다른 시스템을 논리적으로 통합하거나 하나의 시스템을 논리적으로 분할하여 자원을 효율적으로 사용하는 기술로 정의할 수 있으며 이러한 가상화는 시스템 운용의 복잡성을 줄일 수 있어 자원의 운용과 관리 효율을 극대화시킬 수 있다. 본 논문에서는 이러한 가상화를 통해 산업용 네트워크에서 같은 영역에 존재하는 대량의 데이터 교환이 필요한 노드들 또는 서로간의 통신량이 많은 노드들을 가상화 하여 전체 네트워크의 통신 부하의 감소시키고 네트워크 과부하로 인해 발생할 수 있는 전송 지연과 데이터 손실의 오류를 해결하고자 한다. 제안하고자 하는 가상화 영역은 다음 그림 1과 같이 1개 이상의 우선 관리 노드(First Management Node, FMN)과 1개 이상의 보조 관리 노드(Second Management Node, SMN)와 일반 노드로 구성된다.

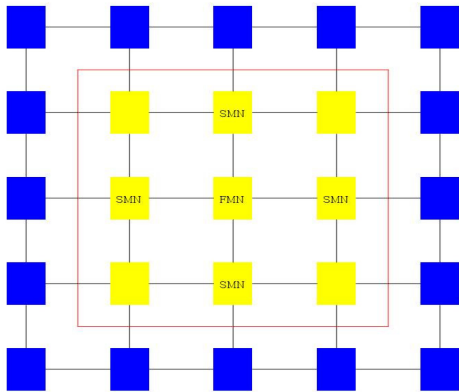


그림 1. 네트워크 가상화 영역의 구성 예시

영역은 다음과 같은 2 단계로 설정된다. 1단계로, 영역 지정을 위해 FMN을 설정한다. FMN은 네트워크 관리자 또는 상위 권한 사용자에게 의해 임의로 지정되어 설정된다. 2단계로 SMN을 설정한다. SMN은 기본적으로 FMN으로부터 1사이클, 즉 1회 전송된 노드들로 설정한다. SMN 설정시 관리 프레임의 발신하여 자신으로부터 1회 전송되는 노드들을 영역으로 하는 그룹 테이블을 구성한다. 이러한 SMN영역은 전체 가상화 영역을 커버할 수 있도록 구성한다. 이러한 영역 설정을 위해 기본적인 데이터 프레임에 Management Area(10bit), FMN(1bit), SMN(1bit), Move distance(4bit)으로 구성된 2byte의 V_tag를 추가하여 관리 프레임으로 설정하고 이를 주기적으로 발신하고 수신한 노드의 응답을 통해 영역내의 네트워크를 관리하도록 한다. 가상화 영역을 구성하는 관리 노드는 Address 테이블과 별도로 그룹 Address 테이블을 가

지며 프레임 수신시 그룹 테이블과 비교하여 프레임의 전달 또는 삭제 여부를 결정한다.

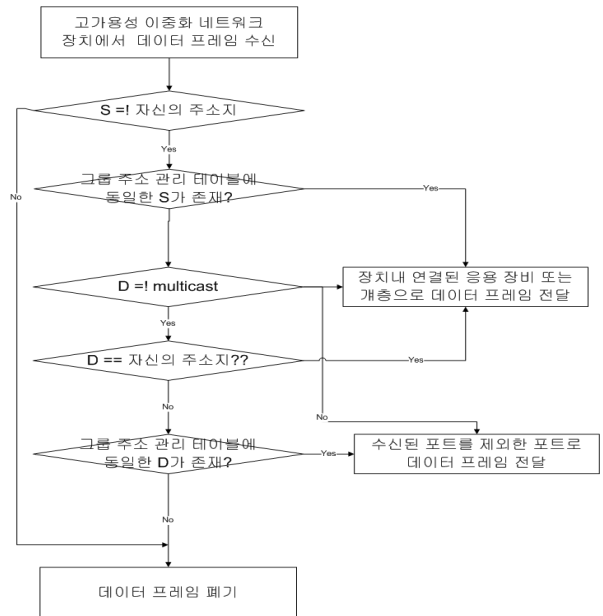


그림 2. 관리 노드 동작 순서도

III. 네트워크 부하량 비교

HSR 프로토콜을 이용하여 Closed-loop 형태의 네트워크에서의 부하량은 다음 수식을 통해 나타낼 수 있다.

$$T_{CLHSR} = \sum_{i=1}^{N_s} S_i$$

$$S = (2L - QB_{singleport})F_s$$

그림 3. HSR closed-loop Traffic equation

그림 3의 각 항중 L은 네트워크 전체 link 수, N_s는 Source Node 수, F_s는 Source 프레임수, QB_{singleport}는 3link Quadbox에서 한 개의 포트에서 Frame을 수신하는 Quadbox수로 정의된다. Source와 Destination이 가상화 외부에 위치할 경우 가상화 영역을 통과하는 Link를 가지는 프레임은 SMN에서 삭제된다. 이러한 경우 1개의 Source 노드에서 1개의 unicast 프레임을 전송시 HSR closed-loop에서의 네트워크 부하 T_{CLHSR} = 74이다. 가상화 영역을 적용시 네트워크 부하량은 그림 4의 수식으로 나타낼 수 있다.

$$T_{VA} = \sum_{i=1}^{N_s} S_i$$

$$S = (2(L - L_{FMN}) - QB_{SPORT} - QB_{SMN} - L_{VA})F_s$$

그림 4. 가상화 영역 Traffic equation 1

위의 수식을 이용하여 네트워크 부하량을 계산하면

$T_{VA} = 50$ 이며 HSR closed-loop 네트워크에 비한 네트워크 부하 감소율을 32.4%이다.

Source 또는 Destination이 가상화 영역 외부에 위치할 경우 프레임은 가상화 영역중 Source 또는 Destination이 속해있는 SMN의 영역만이 일반 HSR closed-loop 네트워크와 동일하게 동작하며 이때의 네트워크 부하량 수식은 다음 그림 5와 같다. 이때의 $T_{VA} = 63$ 으로 16.2%의 네트워크 부하가 감소한다..

$$T_{VA} = \sum_{i=1}^{N_s} S_i$$

$$S = ((2L - L_{VA}) - QB_{SPORT})F_S$$

그림 5. 가상화 영역 Traffic equation 2

네트워크를 확장하여 50개 100개 200개의 노드로 네트워크를 구성하였으며 예시와 동일한 가상화 영역을 적용시 그림 6과 같이 Source노드와 Destination 노드가 가상화 영역 외부에 있을 경우 30.2%, 27.9%, 26.9%로 나타났으며 그림 7과 같이 Source노드 또는 Destination 노드가 가상화 영역 내부에 있을 경우 16.2%, 15.1%, 13.4%로 나타났다.

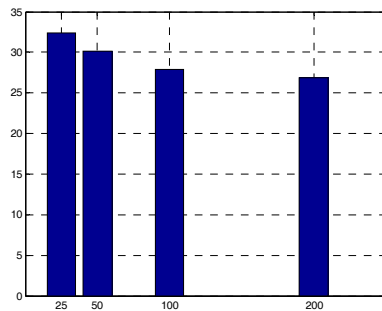


그림 6. Source또는 Destination이 가상화 영역 외부에 있는 경우의 Traffic 감소율

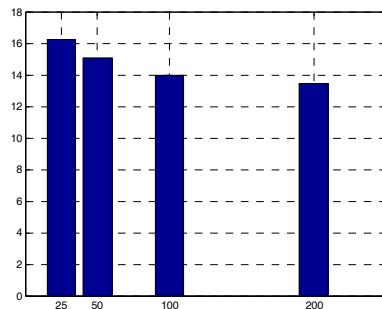


그림 7. Source또는 Destination이 가상화 영역 내부에 있는 경우의 Traffic 감소율

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 산업용 네트워크에서 특정 목적 또

는 특정 영역에서 사용되는 노드들 간의 통신량이 많은 상황에서 과도한 네트워크 부하로 인하여 전체 네트워크 성능 저하 및 데이터 전송 신뢰도 저하의 문제를 해결하기 위하여 이러한 노드들을 하나의 그룹으로 가상화 하는 방법과 구조에 대해 제안하였다. 차후 계속적인 연구를 통해 관리 노드 배치의 최적화 배치 및 적용 토폴로지를 확대하려 한다.

참고문헌

- [1] M. Rosenblum and T. Garfinkel, "Virtual Machine Monitors : current Technology and Future Trends," Computer, vol.38, Issue 5, pp.39-47, May. 2005.
- [2] P. Barham, B. Dragovic, K. Fraser, S. Hand, T. Harris, A. Ho, R. Neugebauer, I. Oratt, and A. Warfield "Xen and the Art of Virtualization" In Proc. of Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, Jul. 2009.
- [3] Saad Allawi NSAIF and Myung RHEE, "Improvement of High-availability Seamless Redundancy(HSR) Traffic Performance." ICACT2012, pp.814-819, Feb, 2012.
- [4] 샤케, 잇페이, 푸쿠토쿠, 미즈노리, "패킷 전송방법 및 패킷 전송장치", 대한민국 특허 10-0839881, 6월, 2008.
- [5] H.j Kirmann, K. Weber, O. Kleineberg, "HSR:Zero recovery time and low-cost redundancy for Industrial Ethernet(High availability seamless redundancy, IEC 62439-3)", ETFA'09 Proceedings of the 14th IEEE international conference on Emerging technologies & factory automation, pp.203-206, 2009.
- [6] Heine. H, Kleineberg. O. "The High-Availability Seamless redundancy protocol(HSR):Robust fault-tolerant networking and loop prevention through duplicate discard, Factory Communication System(WFCS) 2012 9th IEEE International Workshop, pp.213-222, 2012.
- [7] H Kirmann, K Weber, O Kleineberg, "Seamless and low-cost redundancy for substation automation systems(High availability seamless redundancy:HSR), Power and Energy Society General Meeting 2011 IEEE, pp. 1-7, 2011.
- [8] David Gunziger, Hans Dermot Doran, "HSR performance evaluation : a pre-sepcification software implementation", ETFA'09 Proceeding of the 14th IEEE international conference on Emerging technology &factory automation, pp. 1706-1709, 2009.
- [9] Araujo. J.A., Lazaro. J, Astarloa. A, Zuloaga. A, "High availability automation networks: PRP and HSR ring implementations", Industrial Electronics(ISIE) 2012 ieee International Symposium, pp. 1197-1202, 2012.
- [10] Ye Yan, Yi Qian, Sharif. H., Tipper. D., "A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges", Communications Surveys & Tutorials IEEE, vol. 15, Issue 1, pp. 5-20, Feb, 2013.