

분산제어시스템 통신망의 통신부하 시험 방법

오응세, 양승옥, 정창기
한전 전력연구원

Network Test Method for Distributed Control System

Oh Eung-Se, Yang Sung-Ok, Jung Chang-Ki
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 산업현장의 이더넷 통신망의 적용은 CSMA/CD 매체접근 방식에서 발생가능한 충돌회피 알고리즘의 비결정론적인 특성으로 인해 많은 논란이 있었지만, 전이중(full duplex) 방식의 스위치(bridge)의 도입으로 충돌이 회피됨으로써 이러한 논의는 이제 거의 불식된 것 같다. 따라서 과거와 같이 공유 전송망에서 고려되던 최대 통신부하는 이제 각 단위 통신망의 최대 대역폭의 능력으로 직접적인 유추가 가능하게 되었다. 이에 과거의 매체공유방식의 분산제어시스템에서 사용되던 통신망의 전송부하 시험을 대체할 용이한 통신부하 시험 모델을 제안하고자 한다.

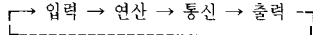
1. 서론

산업현장에서의 이더넷 통신망 적용은 CSMA/CD 매체접근 방식에서 발생 가능한 충돌회피 알고리즘의 비결정론적인 특성으로 인해 많은 논란이 있었지만, 전이중(full duplex) 방식의 스위치(bridge)의 도입으로 충돌이 근본적으로 회피됨으로써, 이러한 논의는 이제 거의 불식된 것 같다[1][2][3]. 따라서 과거와 같이 공유 전송망에서 고려되던 최대 통신부하는 이제 각 단위 통신망의 최대 대역폭의 능력으로 직접적인 유추가 가능하게 되었다. 이에 과거의 매체공유방식의 분산제어시스템(Distributed Control System: DCS)에서 사용되던 통신망 전송부하 시험을 대체할 통신부하 모델을 제안하고자 한다.

2. 본론

2.1 DCS의 통신 구조

DCS의 일반적인 동작 구조는 다음과 같다.



DCS 통신망 구성에 있어 통신 메시지의 전달 정지성은 전체 시스템의 응답 특성 결정에 일부이며, 입력 및 출력 처리의 경우 일반적으로 단순한 하드웨어로 처리되므로, 일정한 지연시간을 가지며 변동 요소가 적다고 가정할 수 있다. 한편 연산에 소요되는 시간은 구현된 제어 연산의 복잡성 및 주 프로세서의 연산속도에 크게 영향을 받는다. 일반적으로 사용자의 제어 로직은 여러 번의 모의시험과 현장 시운전을 통해 확정되며, 운전기간 중에는 특별히 변경되는 경우가 없다. 따라서 제어 연산에 소요되는 시간도 일정하다고 가정한다.

본 논문에서는 통신망에서 소요되는 처리 시간과 과도한 통신 부하가 발생하는 경우, 분산제어시스템이 어떻게 반응하는가를 확인하는 것을 주목표로 한다.

전술한 바와 같이 분산제어시스템의 제어처리 시간은 계통이 요구하는 응답시간 한계 이내로 유지되어야 하며, 이를 위해 통신망에 최대부하가 인가되는 경우 분산제어시스템이 이를 유지하는지가 관심사이다.

중래의 통신최대부하 시험은 제어연산에서 가능한 최대의 전송 부하를 발생하도록 시험용 로직을 작성하고 이를 사용하여 통신망의 부하와 시스템의 응답 특성을 확인하였다.

그러나 사용자 시스템의 구성이 매우 다양하고 발생 가능한 최대부하를 가정한 연산 프로그램의 작성이 용이하지 않을 때가 많았다. 또한 현대와 같이 스위치를 이용한 충돌 회피방식의 통신방법이 사용되는 경우 통신망의 전송 능력이 크게 확대되어 과거와 같은 공유 통신망에서의 최대부하와는 다른 의미를 가진다.

본 논문에서 제시하는 방법은 DCS가 전송해야 할 데이터의 총량에 의존하는 것이 아니라 DCS 통신 모듈의 실제적인 전송능력에 대한 평가 방법이다.

DCS 통신망에 인위적으로 통신부하를 인가하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나, 본 방법에서는 통신망을 단계적으로 포화시키고, DCS가 정해진 응답시간 내에 반응하지 못하는 시점의 통신망 부하를 최대 통신망 부하로 선정한다.

즉 통신부하를 점차 증가시키면 DCS는 통신을 위한 내부 대기에 시간을 더욱 소모하게 되고, 마침내 정해진 최종 응답 출력이 시스템에서 요구하는 시간을 초과하게 된다. 이때의 통신부하가 해당 DCS가 처리 가능한 최대 통신부하이다.

DCS의 제어로직은 일반적으로 페이지 단위로 구성되며, 사용자는 각 페이지의 실행 빠르기를 설정할 수도 있다.

최근의 DCS는 상위 통신망으로 대부분 TCP/IP 프로토콜을 채택하고 있으므로, 통신망에 임의의 통신부하를 부가하기 위해 여러 가지 방법이 사용될

수 있다.

본 논문에서는 TCP/IP의 하부 프로토콜을 이용한 ping 프로그램에 의한 용이한 통신망 부하 시험 방법을 제안한다.

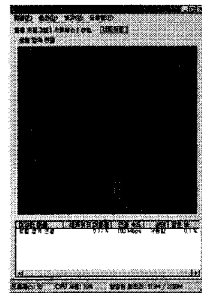


그림 1 수신 정상상태

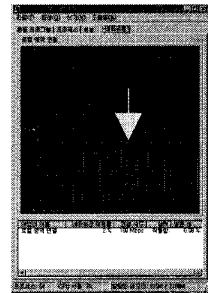


그림 2 수신 이상 데이터

그림1과 그림2는 외부에서 DCS로 ping 요구를 하였을 때, 이에 대한 DCS의 통신 데이터 응답의 트렌드이다. ping 요구량을 점차 증가시키면 그림2의 화살표에서와 같이 DCS의 응답 데이터 전송이 정지된다.

이는 DCS는 하위계층의 ping 요구에 응답하느라 DCS는 상위계층의 연산 결과를 보내는 시간이 점차 지연되다가 급기야 정해진 시간에 전송이 이루어 지지 못하고 통신 정지하게 된다. 이때 원격의 운전 및 감시용 응용프로그램에서 이러한 시간 지연을 감지하고 통신오류 처리한다.

시험을 위한 DCS의 통신 데이터는 매우 적응에도 불구하고 간단한 ping 요구에 의해서도 DCS의 통신이 정지됨을 알 수 있다.

통신 요구가 통신망의 하위계층에서 일어나는 경우 DCS로부터의 통신이 중지되더라도 DCS의 제어 임출력은 정상적으로 동작할 수도 있으나, 운전을 위한 통신에 의한 감시 및 제어 정보가 정상적으로 전달되지 않으므로 실질적인 운전은 불가능한 상태가 된다.

TCP/IP와 같이 상위계층의 요구가 발생하는 경우, DCS의 제어연산도 정지할 수 있다.

DCS 통신망의 최대 부하는 DCS 네트워크 어댑터의 버퍼(buffer) 크기와 직접적인 관련이 있다. 그러나 DCS 네트워크 어댑터의 버퍼 크기나, 처리 능력은 제작사 고유의 것으로, 사용자에게 잘 알려지지 않는다.

위 그림에서 네트워크 어댑터는,

$$Load\ Capacity = \frac{maxload - normalload}{normalload} \times 100 [\%] \quad \text{수식 1}$$

의 통신 처리 능력을 가지는 것으로 정의할 수 있다. 즉 요구되는 DCS 통신 데이터의 크기 빈도 등에 의해 DCS 네트워크는 고유의 제어 및 감시 데이터의 전송 기능에 직접적인 영향을 받게 되므로 이를 고려하여 DCS의 통신 부하를 평가하는 것이 실질적인 의미를 가진다.

모든 네트워크 어댑터의 버퍼 크기는 유한하므로, 제어로직이 복잡하여 정상적인 상태에서의 통신 데이터가 증가하는 경우, 최대 부하처리 능력(max load)은 일정하므로, 통신 어댑터의 통신 부하에 대한 처리여유도는 감소하게 된다.

즉 ping 등의 추가적인 요구에 의해 통신부하가 증가하는 경우 네트워크 어댑터는 쉽게 처리 능력을 초과하여 포화하게 되고, 이로 인한 통신 불능이 용이하게 발생한다.

3. 결론

이상과 같이 DCS 통신망의 통신부하를 중래의 통신망 대역폭에 비교하는 방법에서 통신 어댑터의 버퍼처리 능력에 비교하여 계산하는 방법을 제안하였다.

이 시험 방법은 DCS의 종류와 무관하게 적용 가능하며, 일단 오프라인에서 통신 어댑터의 처리여유를 계산하면, 시험에 사용된 제어 연산의 연산처리 시간의 계산이 가능하며, 이를 근거로 해당 DCS의 대략적인 제어로직 연산 시간과 통신 여유도를 계산할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Charles, E. Spurgeon, "Ethernet: The Definitive Guide", O'Reilly, pp327, 2001
- [2] Feng-Li Lian. et. al, "Performance evaluation of control networks: Ethernet, ControlNet, and DeviceNet", Control Systems Magazine, IEEE, Volume 21, Page(s):66 - 83, 2001
- [3] David R. Boggs, et.al, 'Measured Capacity of an Ethernet: Myths and Reality', ACM SIGCOMM, Vol 18, p124-136, 1988