

예측가능 유지관리를 위한 LonWorks/IP 게이트웨이/웹 서버 기반 가상디바이스 네트워크 관리시스템

정용기, 송기원, 최기상, 최기흥*
서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부
*한성대학교 기계시스템공학과

Virtual Device Network Management System based on LonWorks/IP Gateway/Web servers for Predictive Maintenance

Yong Gi Kim, Ki Won Song, Gi Sang Choi, Gi Heung Choi*
Department of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul
Department of Mechanical Systems Engineering, Hansung University*
E-mail: fishbrain@sidae.uos.ac.kr

Abstract

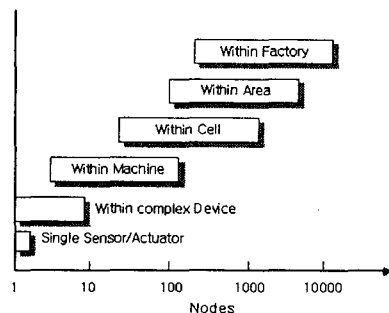
인터넷의 편재성과 유용성 때문에 인터넷이 산업현장에까지 확장 적용될 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 논문에서는 원격지나 또는 바로 산업 현장에 대한 예측가능 유지 보수가 수행될 수 있도록 하는 가상 디바이스 네트워크의 관리 시스템에 대한 개념을 제시하였다. 디바이스 제어 네트워크로서 LonWorks 네트워크를 선택하고, 데이터 네트워크로는 인터넷을 선택하여 가상 디바이스 네트워크를 구성하였다. 가상 디바이스 네트워크를 구현하기 위해 LonTalk/IP 게이트웨이/웹 서버를 이용하였다. 가상 디바이스 네트워크의 운영 및 관리를 통한 응용 예로서 기업의 가상 머신/생산 시스템에 관한 예측 유지보수 예를 제시하였다.

I. 서론

가상 디바이스 네트워크(VDN)를 사용하는 가상 머신/생산 시스템(VMS)은 기업 내 어느 곳에서나 디바이스나 장치에 관한 정보가 접속 가능한 사례 중의 하나로써, 인터넷을 통하여 원격지나 또는 바로 산업 현장에 대한 예측가능 유지 보수가 수행될 수 있다. 이러한 시스템은 전형적으로 예방 가능한 유지보수를 구현하는데 있어 진단과 처치 행동을 위한 감시와 제어기능을 가지고 있다. 가상 머신/생산 시스템은 반드시 분산 감시 및 제어 네트워크를 필요로 한다. 분산 감시 및 제어 네트워크는 일반적으로 지능형 센서, 제어기와 각종 CPU가 적절히 구성되어 사용된다 [1]. 현장에는 개인용 컴퓨터의 수보다 훨씬 더 많은 수의 센서와 구동장치가 있다. 비록 데이터 컴퓨터가 때때로 좀더 가치적이긴 하지만 제어 조직은 컴퓨터 조직보다 훨씬 더 광범위하고 확장적이다. 이들 센서나 구동장치들은 컴퓨터에서 보다 좀더 신중한 상호 연결을 필요로 하고 효과적으로 관리될 필요가 있다.

일례로 대단위 공정에서 입출력 포인트들은 [그림 1]에 보이는 것처럼 수백 개에서 수십만 개까지 펼쳐져 있다. 이것은 다시 수백에서 수천 개의 네트워크 노드들에 해당한다. 제어네트워크 상의 데이터 패킷의 크기는 IP 네트워크 상의 그것보다 작기 때문에 IP 네트워크를 통하여 제어네트워크 데이터를 전송할 때는 IP 네트워크의 대역폭에 대해 실제 응용데이터의 처리능력을 가늠해 볼 때, IP 네트워크의 효율을 크게 떨어뜨릴 수 있다. 그러므로 IP 네트워크는 제어 네트워크에는 부적절하므로 제어네트워크와 데이터 네트워크의 장점을 연결해주는 게이트웨이가 구현될 필요가 있다. 게이트웨이는 필드버스 프로토콜과는 달리 제어 네트워크에 대한 데이터 접근을 제공하는데 사용될 수 있다. 게이트웨이는 상위 계층의 응용프로그램에 대해 좀더 편리한 형태로 제어네트워크에 대한 연결을 제공하는 이점을 가지고 있다.

본 연구에서는 예측 유지보수를 위한 LonWorks/IP 게이트웨이/웹 서버를 기반으로 하는 가상디바이스 네트워크 관리시스템에 대한 기본적인 개념과 틀을 제시하고, 관련 예를 통하여 그 효율성을 제시하고자 한다.

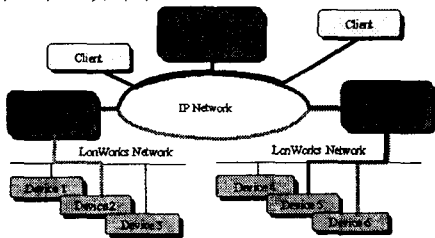


[그림 1] 공장자동화에 필요한 제어 네트워크의 주소 범위

II. 가상 디바이스 네트워크

2.1 가상 디바이스 네트워크의 구현

TCP/IP 를 포함하는 인터넷 프로토콜 집합으로서 IP 네트워크는 기업을 위한 통합 네트워크임에 틀림없다. 이것은 인터넷을 경유하여 비즈니스 네트워크와 원격지의 디바이스 네트워크의 통합을 위한 분명한 선택이 되게 한다. IP 네트워크와 디바이스 네트워크의 통합에 의해서 인터넷은 기업 LAN 을 경유하여 지역적으로 분산된 하위 시스템들로 이루어진 기업 시스템의 원격지 일부분을 위해 직접 이용될 수 있다. 즉, IP 네트워크를 통하여 서로 떨어져 있는 디바이스 네트워크를 연결함으로써, 많은 지역에 퍼져 있는 디바이스 네트워크들이 이음새 없는 '가상 디바이스 네트워크(VDN: Virtual Device Network)'로 간단히 통합될 수 있다 [2]. 예를 들면 서로 떨어져 있는 발전소나 공장들에 설치되어 있는 필드 기기들이 가상적으로 마치 가까운 거리에서 단일 네트워크에 연결된 것처럼 상호 동작하며 정보를 주고 받고 하나로 통합되어 관리되는 것을 들 수 있다. 따라서, 가상 디바이스 네트워크는 인터넷 상에 위치한 하나 또는 그 이상의 감시 제어 응용시스템들로 연결된 하나 또는 여러 개의 원격 네트워크를 포함한다. [그림 2]에 LonWorks/IP 게이트웨이/웹 서버에 기반한 가상 디바이스 네트워크의 일반적인 구조를 나타내었다. 가상 디바이스 네트워크의 핵심은 peer to peer(일대일) 네트워크라는 것이다.



[그림 2] LonWorks/IP 게이트웨이/웹 서버에 기반한 가상 디바이스 네트워크

2.2 가상 디바이스 네트워크 관리시스템

데이터 네트워크를 통하여 원격지의 LonWorks 디바이스 네트워크를 운영하고 관리하는 도구의 하나로 마이크로 소프트사의 운영체제인 윈도우 호환 LNS 응용프로그램을 들 수 있다. 이것은 미국 '에셀론(Echelon)'사에서 제공하는 LNS 응용프로그램 개발 도구에 의해 개발되어 인터넷에 연결된 인터넷 클라이언트 PC에 설치된다. LNS 응용프로그램은 가상 디바이스 네트워크를 구성하고 네트워크를 구성하는 개별 디바이스들간의 정보 교환을 가능하게 하며 가상 디바이스 네트워크를 운영하고 관리하는데 이용된다. 이를 통하여 근거리의 물론 원격지에서 개별 디바이스를 제어하고 감시할 수 있다. 이와 같은 방법으로 가상 디바이스 네트워크를 운영하고 관리하기 위해서는 디바이스 네트워크와 데이터 네트워크를 연결하고 있는 LonTalk/IP 게이트웨이/라우터가 필요하다.

이것은 '시스코(CISCO)'사와 에셀론 사에 의해

제정된 EIA/CEA-852 표준의 핵심인 '터널링(Tunneling)' 기법에 의해 구현된다. 터널링 기법 [3]은 IP 프로토콜의 데이터 패킷 내부의 데이터 영역에 LonWorks 디바이스 네트워크의 데이터 패킷을 암호화하여 실어 보내는 것이다. IP 네트워크의 터널을 통해 LonWorks 디바이스 네트워크의 데이터 패킷, 좀 더 엄밀하게 말하자면 주소정보를 포함하고 있는 네트워크 계층의 메시지(explicit 메시지)와 이를 128 비트로 암호화한 정보를 함께 전송하고 수신한 쪽에서는 이것을 해독하여 하위의 디바이스 네트워크 상의 목적지로 전달하는 것을 말한다. 이러한 방법으로 가상 디바이스 네트워크 상의 LonTalk/IP 게이트웨이/라우터는 안전하게 디바이스 네트워크의 정보를 전송할 수 있는 연결 통로가 된다. EIA/CEA-852 표준에 의한 LonTalk/IP 게이트웨이/라우터를 이용하여 구현되는 가상 디바이스 네트워크는 LNS 응용프로그램을 통하여 네트워크의 구성에서부터 운영, 관리 및 감시 제어가 수행된다.

TCP/IP 를 통하여 웹을 기반으로 원격지의 LonWorks 디바이스를 제어하기 위한 가능한 해결책으로 자바(Java), CGI, 그리고 비주얼 C++나 비주얼 베이직으로 작성된 외부 응용 프로그램을 꼽을 수가 있다. 자바를 이용한 LonWorks 네트워크에의 접속은 쉽게 구현될 수 있는 가시적 응용시스템을 위한 하나의 해결방안인 될 수 있다 [4]. 자바 애플릿을 이용하면 편리하고 인상적인 웹 화면을 통해서 산업현장의 제어 및 감시 관련 정보를 그래프 같은 것을 통하여 주기적으로 생생하게 감시할 수 있다. 이를 위해서 먼저 LNS 응용프로그램을 이용하여 웹 서버/게이트웨이 하위의 지역 디바이스 네트워크가 미리 구성된다. 이 상태에서 서버에 대한 접근 권한을 획득한 사용자가 웹 브라우저 화면을 통하여 가상디바이스 네트워크 상의 LonTalk/IP 게이트웨이/웹 서버에 접근하여 다른 게이트웨이/웹 서버와의 연결을 설정해준다. 가상 디바이스 네트워크를 구성하는 LonTalk/IP 게이트웨이/웹 서버는 자신이 속한 지역의 디바이스 네트워크에 대한 정보를 웹 브라우저 화면을 통해 사용자에게 제공한다. 사용자는 제공된 정보를 토대로 개별 디바이스들끼리의 연결을 지정해주거나 해제시켜준다. 게이트웨이/웹 서버는 사용자의 지시에 따라 하위 디바이스 네트워크의 개별 디바이스들이 일대일로 정보를 교환하도록 하며 교환되는 정보를 사용자의 웹 브라우저에 화면에 제공한다. 사용자는 웹 브라우저 화면상에 서버에서 제공한 정보에 대한 제어 및 감시를 하게 된다. 이 방법은 로컬 디바이스 네트워크를 미리 LNS 응용 프로그램으로 구성해야 하고, 이 구성 정보를 이용해야 하는 단점이 있다. 반면 웹 브라우저가 설치된 어느 환경에서도 게이트웨이/웹 서버를 통하여 디바이스 네트워크에 대한 통합 관리, 제어 및 감시가 가능하다는 장점이 있다.

가상 디바이스 네트워크에 관한 운영 및 관리를 위해 비주얼 베이직이나 비주얼 C++ 응용 프로그램을 이용할 수도 있다. 이 방법은 사용자가 인터넷 클라이언트 상에서 TCP/IP 소켓 응용 프로그램을 통하여 데이터 네트워크 상의 LonTalk/IP 게이트웨이/웹 서버에 접근하여 게이트웨이/웹 서버들간의 연결을 설정한다. 그리고 서버로부터 하위의 로컬 디바이스 네트워크에 대한 정

보를 바탕으로 서로 분리되어 있는 로컬 디바이스 네트워크 상의 개별 디바이스끼리 정보를 교환 할 수 있도록 가상 디바이스 네트워크를 구성하고 가상 디바이스 네트워크를 관리하고 감시하는 방법이다.

위에서 검토해본 세 가지 경우 모두 LNS 응용프로그램을 필요로 한다. 가상 디바이스 네트워크 상의 디바이스 네트워크와 데이터 네트워크의 공통 노드가 두 네트워크에 대한 게이트웨이 기능과 LonTalk/IP 라우터 기능 및 웹 서버 기능을 갖춘다면 사용자는 LonTalk/IP 게이트웨이/라우터/웹 서버를 이용하여 가상 디바이스 네트워크를 좀 더 다양한 방법으로 손쉽게 운영하고 관리할 수 있다.

III. 가상디바이스 네트워크 관리시스템을 이용한 예측유지보수 사례

3.1 장비의 효율성 제고

장비의 이용률은 관측기간 내에 전체 가동 시간을 측정하는 것으로 장비의 전반적인 효율성을 나타낸다. 장비의 이용률에 영향을 주는 요인들로는 고장에 따른 시간 손실과 설치 조정과정에 의한 손실이 있다. 신뢰성 있는 장비 이용시간을 측정하는데 핵심은 적절하게 공정 매개변수를 기록하는 것이다. 이 경우 감시 노드는 디지털 입력 노드가 되는데, 광학적으로 고립된 입력 채널을 가지고 있어 센서의 온/오프 상태를 감지하게 된다. 만일 이 노드 내부에 실시간 클럭이 없다면, 센서에 의해 감지되는 어떤 변화는 LonWorks 네트워크를 타고 전파되어 웹 서버에 전달되고 더 나아가 데이터의 기록을 위해 데이터 네트워크 상의 클라이언트에게로 전달되게 된다. 이렇게 되면 네트워크 상의 데이터 통행량이 많아지게 되므로 이를 줄이기 위해서 노드 내에 'send-on-delta' 기법을 구현할 필요가 있다. 'send-on-delta' 기법이란 새로 감지된 값과 이전 값과의 차이가 어떤 정해진 값을 초과했을 때 네트워크를 통해 새로 감지된 값을 전달하는 기법이다. 'send-on-delta' 방식에서 기준이 되는 차이 값은 LonWorks 디바이스에 대한 윈도우 호환 플러그인 프로그램에 의해 네트워크 내에서 형성된다.

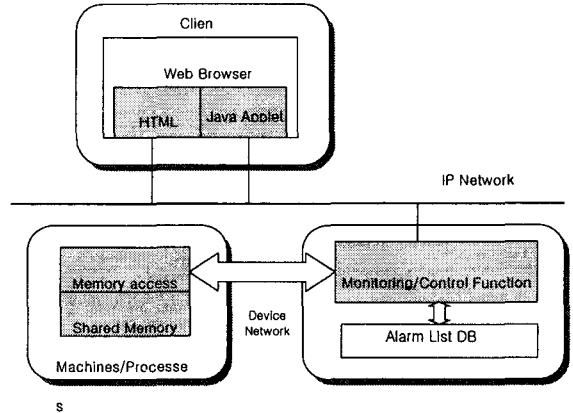
3.2 장비에 대한 신뢰성 평가

예측 유지보수 간격은 공정 매개변수나 기계감시 데이터의 이력을 조사하여 조절될 수 있다. 가상 디바이스 네트워크에 의해 실시간으로 갱신되는 데이터는 얼마나 자주 경고, 경보나 제어 제한 조건이 발생하는가에 대한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 정보들은 사실상 예측 유지보수 횟수를 줄이는데 사용된다.

MMI(Man-Machine Interface) 소프트웨어는 특정 디바이스 상에서 제어 조건이 벗어나는 것을 가리키기 위한 신호 데이터에 경고, 경고, 그리고 제어 한계를 할당하기 위해 구성될 수 있다. 이 경우에는 'heartbeat' 기법이 구현될 수 있을 것이다. 'heartbeat' 기법은 어떤 정해진 시간을 초과하여도 네트워크 변수가 갱신되지 않을 때 자동적으로 변수 값을 네트워크로 전달해주는 기법으로 갱신 주기는 네트워크 상에서 지정할 수 있다.

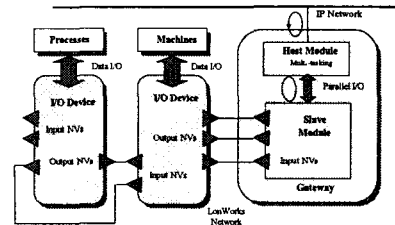
예측 유지보수에 대한 분산 감시 및 제어 기능에

관한 예가 [1]에 제시되었다. 개방형 감시 및 제어 기능은 [그림 3]과 같은 공유 메모리 맵 내에서 경고 신호를 쉽게 찾을 수 있게 하는데, 다음 번의 유지보수 때에 데이터베이스 내의 경고 목록으로부터 진단이나 처치 해법을 결정하기 위해 사용된다.



[그림 3] 네트워크 내에서 데이터를 얻기 위한 공유 메모리 맵

위의 방법들과는 반대로 LonWorks 네트워크로부터 데이터를 복구하는 방법으로 폴링(polling)과 바인딩(binding)의 두 가지 방법이 있다. 폴링 방식은 네트워크 상의 노드들에 대한 어떠한 주소 테이블의 엔트리도 변경될 필요가 없는 장점이 있지만 각 노드는 개별적으로 폴링되어야 하므로 불필요한 네트워크 트래픽을 유발한다.



[그림 4] 게이트웨이/웹 서버와 LonWorks 디바이스의 네트워크변수 연결

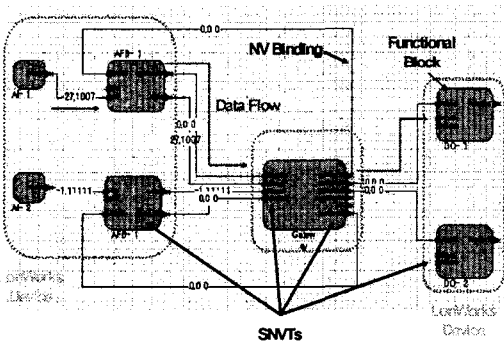
[그림 4]와 같은 바인딩 연결은 어떠한 변화가 있을 때 갱신될 필요가 있는 감시되는 노드들의 주소 테이블을 사용한다. 바인딩 연결의 장점은 데이터가 변할 때에만 네트워크 변수들이 갱신된다는 점인데 이것은 불필요한 네트워크 트래픽을 줄이는 역할을 한다. LonWorks 네트워크 상에서 노드라고 불리는 서로 디바이스들은 네트워크 변수를 통하여 다른 노드들과 통신할 수 있다. 네트워크 변수는 네트워크 상으로 전파되어 다른 노드들이 수신할 수 있다. 입력 네트워크 변수와 출력 네트워크 변수의 두 가지 형태의 네트워크 변수가 사용되는데, 이 변수들은 각각 서로 묶여있어서 출력 변수 값이 입력 변수 값에 전달된다. [그림 4]는 입력 네트워크 변수가 다른 노드상의 출력 네트워크 변

수와 서로 묶여지는 방법을 나타내고 있다.

3.3 수요자 중심 관리

수요자 중심 관리(DSM: Demand Side Management)의 예로 전력관리를 들 수 있다. 수요자 중심의 전력관리는 에너지와 관련한 소비자와 공급자의 역할을 조절하는 하나의 방법이다 [5,6]. 여러 해 동안 높은 에너지를 소비하는 산업계에 있어서 에너지 비용을 최소한의 비용으로 제어하는 방법을 알아내는 것은 최우선의 과제이다. 에너지 소비를 추적하는 것은 요구자 중심의 에너지 보존 노력에 도움을 줄 뿐만 아니라 공급자 입장에서 에너지 비용을 제어하는데 도움이 된다.

수요자 중심의 전력관리는 발전소의 능력에 맞추어 대략적으로 일정한 에너지 소비를 유지하기 위해 에너지 소비의 최대치를 피하기 위해 추구된다. 수요자 입장에서 관리하는 목적은 상호간에 통신이 가능한 지능형 설비와 장비를 사용하여 완만한 에너지 소비형태를 갖게 하여 에너지 비용을 절약하는데 있다. 일례로 단기간 전력 관리를 들 수 있다. 두 개의 높은 첨두 부하가 있을 경우에 어떤 장비들은 다른 장비의 전자회로를 차단하거나 다른 상태로 전환시킬 수 있는 능력을 가지고 있다. 모든 장비가 절약모드로 동작할 필요는 없지만 필요한 만큼 많은 장비들이 절약모드로 동작할 필요가 있다. 그러므로 서로간의 통신은 전력 관리에서 꼭 필요하다.



[그림 5] 일대일 통신특성을 이용한 LonWorks 네트워크의 변수 연결

위의 세 가지의 가능한 시나리오 중에서 분권화되고 중복된 단기간 전력관리는 LonWorks의 일대일 통신 특성의 장점을 이용하는 구조를 갖고 있다. 일례로 [그림 5]에 LonWorks의 일대일 통신 특성을 이용한 디바이스들 간의 변수 연결을 나타내었다. 모든 장치들의 정상작동이 네트워크 변수들간의 바인딩을 통하여 나머지 노드들에 의해 감시된다. 모든 노드는 모든 디바이스들에 대한 최적의 구성 상태를 계산하고 장래의 추세와 변화의 양을 평가한다. 이 정보는 LonWorks 네트워크 상의 다른 노드로 전파된다. 각각의 노드는 각각의 서로 다른 자신만의 알고리즘에 의거하여 그 해법을 계산하고 강력한 서버나 호스트는 이들 해법 가운데 최적의 선택을 하게 된다. 선택된 해결책과 그에 상응하는 변화들이 그에 따라 적절하게 채택된 다른 노드에 전파

된다. 이러한 과정은 특정 노드의 고장 시에 적어도 하나의 정상적인 노드가 나머지 시스템을 제어할 수 있도록 하기 때문에 결합대용기능을 보장하게 된다.

IV. 결론

본 논문에서는 가상 머신/생산시스템 구현을 위한 가상 디바이스 네트워크에 대한 운영 및 관리 방법을 제시하였다. 가상 디바이스 네트워크 관리 시스템을 통하여 가상 머신/생산 시스템에 대한 예측 유지보수가 가능함을 보기를 들어 제시 하였다. 제시된 가상 네트워크 관리시스템은 기업 내 어느 곳에서나 디바이스나 장치에 관한 정보에 접속 가능하도록 한다. 이를 통하여 인터넷을 이용한 원격지나 또는 바로 산업 현장에 대한 예측 유지보수가 수행될 수 있다. 이것은 기업활동 전반에 관한 통합 운영 및 관리가 가능함을 의미하며, 그 결과 기업의 효율성과 생산성을 제고할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] J. Seltzer and J. Hertle, "Utilizing a Distributed Data Collection System to Perform Predictive Maintenance and Equipment Reliability Studies", *IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference Proceedings*, pp.175-179, 11-13 Oct. 1999.
- [2] D. Gaw, "LonWorks over the Internet: Technical Issues and Applications", Technical Note, Coactive Aesthetics, Inc., 1999.
- [3] Echelon & CISCO, "Tunneling Component Network Protocols Over Internet Protocol Channels", Electronic Industrial Alliance, pp. 1309-1312, Nov., 2001.
- [4] H. Reiter and C. Kral, "Interaction Between JAVA and LonWorks", *Proc. of IEEE Int. Workshop on Factory Communication Systems*, pp. 335-339, 1-3 Oct. 1997.
- [5] Peter Palensky, D. Dietrich and H. Reiter, "Demand Side Management in Private Homes by Using LonWorks", *Proc. of IEEE Int. Workshop on Factory Communication Systems*, pp. 341-347, 1-3 Oct. 1997.
- [6] David Gaw and Ed Koch, "Scalable, Integrated, Real-time Energy Management", *Coactive Networks, Inc.*, 1998.