

산업용 분산제어 시스템

신 상근, 윤 창진  
금성산전(주) 연구소

Distributed Process Control Systems for Industries

Sang-Keun Shin and Chang-Jin Yoon  
Goldstar Industrial Systems Co., Ltd. R&D Lab.

Abstract

In the process industries control & organization consist of interconnections on different levels. The process controls that run these industries are a collection of well-defined functions in the form of standard modules interconnected by a communication network. Real-Time(throughput, response time), operator communication, flexibility, back-up and recovery needs have distributed organization of both system hardware and software. Multi-level systems are often advocated for controlling complex systems, such as, electric, water, oil, gas plants. In practice, these systems encompass computers and person with their various communication requirements and limitations. Hence, Careful mutual adaptation of computer communications and organizational structure is necessary. This paper concentrates on these interactions between process control and organization on the basis of industrial case studies.

1. 서론

컴퓨터 시스템의 산업용 분산제어 응용 시스템은 기본적인 처리기능(제어장치, 기억장치, 입출력장치, 주변장치)을 갖춘 서로다른 계층의 시스템 단위(System Modules)들이 통신기능으로 상호 연결되어 종합적인 시스템으로 구성되어있다. (그림 1)

이러한 분산제어 시스템은 분산된 단위들을 Network을 이용하여 data를 교환하고, 각각의 단위 시스템은 독자적인 영역을 구축하며 시스템 전체의 효율을 결정하는 통괄적인 제어 기능으로 자원 공유의 유용성과 시스템 확장성을 구비 하여야 한다.

특히 산업용 분산제어 시스템은 Plant supervisory Control system과 종합 정보처리 관리 시스템(Master management information system)과의 통신 시스템을 구성하기 위한 여러가지의 독특한 요구조건을 포함하는 연속적인 실시간처리(Real-Time Processing)와 리던던트한 시스템 구성(Redundant configuration)을 만족하여야 한다. 그러나 각각 독립적인 단위간의 responsibility 문제와 같은 기술적인 상호 연결 처리의 복잡한 현상은 쉽게 구성되지 않는 것은 아니다. 본고에서는 산업용 분산제어 시스템의 최근의 추세에 따른 시스템 설계 측면에서의 시스템 구성에 대하여 전체적인 소개형식으로 기술하였다.

## 2. 시스템 구성 환경(System Configuration Environments)

산업용 분산제어 시스템 (그림 2)은 종합 정보처리 관리 시스템(Master Management Information System), Plant supervisory control system (Dual Computers), Local process control system이 이중화된 라인(Dual redundant links)을 통하여 Point-to-Point 방식으로 상호 연결되어 구성된다.

이 연결 Line은 Primary/Back-up 이나 Alternate 모드로 작동할 수 있게 구성할수가 있어서 Primary/Back-up 모드에서는 Prime Line이 고장났을 경우에 대비해서 주기적으로 Back-up Line을 확인 점검하여 Single Line을 통하여 모든 Link 기능을 수행하고 Alternate 모드에서는 미리 정해진 값에 따라서 각 Link Line을 분배해서 수행된다. Processor나 통신 Line의 Redundancy는 산업용 시스템의 가장 중요한 안정성(Robustness) 확장에 중요한 요소로 시스템의 신뢰도와 유용도의 조화로써 이루어진다. 이러한 시스템의 안정성 문제는 Fault의 예방과 Fault Tolerance 기술에 의해서 얻어질 수 있으며 또하나의 중요한 요소인 실시간 처리에 대한 요구조건(Real-Time Requirement)은 제어되는 현장 Plant 환경의 Dynamic한 처리와 변경을 수행하기 위하여 현장 환경 조건에 의해 정의되는 실시간 안에 처리되어야 하는 요구환경에 관계되는 가장 적합한 구성으로응답시간(Response Times), 경신주기(Update Frequency), 시간간격과 발생빈도(Time Intervals and Times of Occurrence)와 같은 시스템의 근본적인 시간적 제한요소(Real-Time Constraints)에 의해서 이루어진다[1].

이러한 점은 처리 시간이 단순히 시스템의 성능 비교의 기본으로 사용되는 일반적인 데이터 처리용 컴퓨터 시스템(General Purpose Data Processing Computer System)과 상반되는 점이다.

각 Processor들간의 통신에 관련된 여러가지의 Delay 문제는 분산제어 시스템의 실시간 응답처리에 그 한계를 정하게 되는것이다.

## 3. 프로그래밍과 기능적 구성(Programming and Functional Configuration)

실시간 분산제어 시스템의 응용설계에 대해서 컴퓨터를 기반으로 수행되는 기능들을 명시하면 다음과 같다.

- Multitasking과 발생하는 Events에 대한 신속한 처리(Time Critical Process)를 구현하는 Realtime Operating System.
- Multitasking과 I/O Process Interface를 지원하는 High Level Language와 이러한 사양(Features)들을 표준화 하고 있는 ADA, Modula2, PEARL[5] Language, Logical Programming Language(Prolog).
- Process Control 분야에 적용되는 S/W 기법과 도구들(Real-Time DBMS, Real-Time Computer Aided Software Engineering Tools).
- Data Acquisition/Logging
- Supervisory Control
- Sequence Control(Storage Programed Control)
- Digital Control(Closed Loop Systems)
- MMI(Interaction/Data Representation)
- 시스템 Resource의 분산/중복 Control.

## 4. Integration into System

Physical한 정보의 전송을 위한 Network의 방식은 각 단위의 시스템들간의 계층적 구조(Hierarchical Architecture)의 Bus 구조로 Data Highway를 구성한다.(그림 3)

- 여러 Process Control System과 Local Front-end Computer를 연결하는 Process Data Highway[2]
- Plant Data Highway는 서로다른 Process Control System과 Plant Control Computer를 연결(Ethernet : 10Mbits/S)
- 가장 Low Level의 Local Bus는 Process 현장의 자동화기와 Process Instrumentation 사이의 값비싼 Cabling을 대체

이러한 Physical한 상호 연결외에 더욱 중요한 것은

Data의 교환처리 능력에 있어서의 정확성이다.

여기에서 7-Layer-ISO/OSI-Model이 널리 적용되고 있다[4].

이중 1-4층은 두시스템 사이의 Data 전송을 담당하며 5-7층은 두시스템간의 본산처리를 위한 상호 협력을 담당한다. 계층구조에서 각 계층은 상위 계층과 하위 계층으로 나눌수 있는 독자적인 1 계층으로 나타내지며 각 계층은 하위계층의 서비스를 통하여 구현되며 상위 계층에서 필요로하는 서비스를 제공하게 된다.

이때 같은 층간의 통신(Peer to Peer Communication)을 위하여 주고받는 정보와 한계층의 기능 구현을 위해 하위 계층으로 부터 제공받는 정보로서 구분처리 된다.

이러한 OSI의 Model을 각 층별로 적용하는 경우에는 설계와 수정에 효율성은 있으나 각 층간의 많은 Interface 처리 문제로 인해 시스템의 성능에 막대한 영향을 끼치게 되는 결과가 되므로 전체 7개의 층을 몇 개의 Sub-System으로 나누어 적용하고 있다.

일반적으로 Vendor에 의해서 널리 쓰이고 있는 방식을 보더라도 보통 3층(Network Layer) 까지는 분류를 하여 적용하고 4층(Transport Layer)서부터 7층 까지는 몇개의 그룹으로 혼합되어 사용되고 있다.

(그림 4)

#### 5. System Design Considerations

- Dual Link Line을 통한 Point-to Point 방식의 Hardware Configuration에 따른 시스템의 Hardware 요구조건과 Processor Load의 축소, Plant Control Level의 이중화 구조에 의한 Prime Computer의 Fail시 Back-up Computer로 복구처리.

- ISO/OSI 7 Layer 구조를 이용한 시스템간의 상호 연결 처리와 3개의 하위층을 위한 CCITT X.25의 적용으로 향후 상호 연결을 위한 다른 시스템과의 호환성, 다양성을 확보.

- Data Communication Subsystem을 위한 Define

. 다른 시스템의 요소와 같은 Critical한 자원의

공유가 요청이 많더라도 깨져서는 안된다.

. Data Link를 통한 Data의 전송을 위해 초기화와 요구에 따른 응답처리 기능 확보.

. Sub-System에 의해 초기화되는 교환 Data의 여러 가지 형태를 위한 Network 우선 순위를 줄 수 있는 기능 확보.

. Error 검지시 Data Message의 재 전송

. Data Message의 Packetizing, Routing, 및 재구성 기능 확보

. 시스템간의 Data Traffic의 Free Flow를 보장하는 Flow Control의 확보

. 통신 문제로부터 응용 프로그램을 보호할 수 있는 Error Detection/Recovery Procedure의 확보

. 잘명시된 User Interface의 확보

. Data 통신 Device 상태의 모니터링과 Display

. 다른 시스템과 통신 Links와 Gateway를 추가 할 수 있는 확장성 확보.

. 통신 Network의 확장과 새로운 기능을 지원 할 수 있는 Flexibility 확보

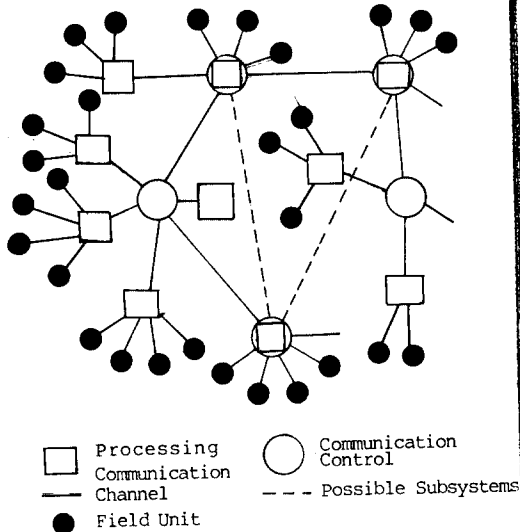
#### 6. 관계되는 표준안(Standards)

ISO/OSI Model의 목적은 표준 개발의 상호 통합을 위한 공통 Base의 확보에 있다. 다시말해서 7 Layer 구조의 각층의 관계를 위해 표준개발에 충분한 유용성을 개념적이고 기능적으로 Specification을 적용 할 수 있다는 것이다.[8]

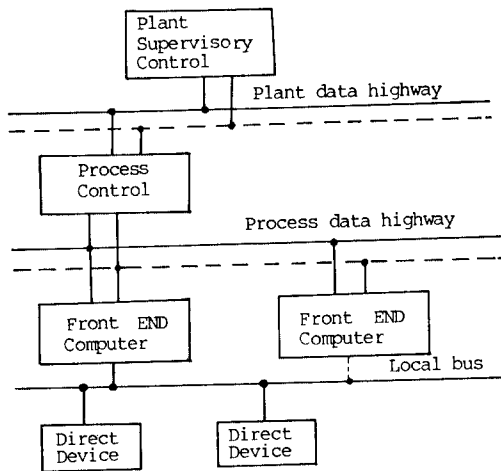
또한 Reference Model은 User Mode를 Network에 연결하여 3층 Protocol을 정의하는 CCITT Recommended X.25와 호환성이 있어야 한다.(Physical Layer, Data Link Layer, Network Layer).

여기에서 CCITT Recommendation[9]이 ISO/OSI Reference Model 보다 더 Detail한 Lower Level 이고 실제 Specification으로 사용 될 수 있다는 것은 주의를 할만한 사항이다.

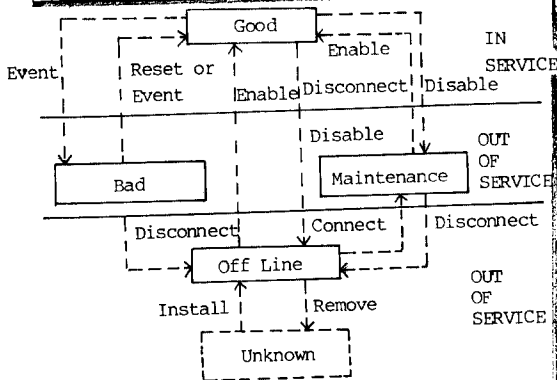
특히 Application Layer는 응용 프로세서들이 OSI 여건에 접근하는 수단을 제공함으로써 응용 프로세서들이 상호간에 유용한 정보교환의 창구를 담당하며 응용의



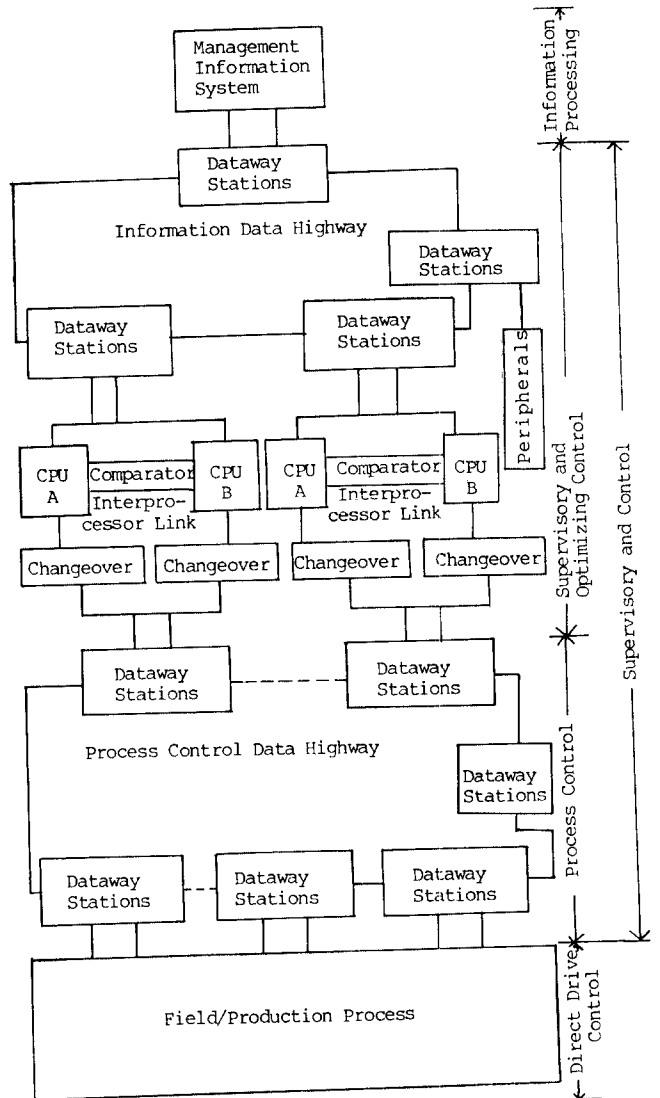
(그림 1) 일반적인 분산제어 시스템의 구조



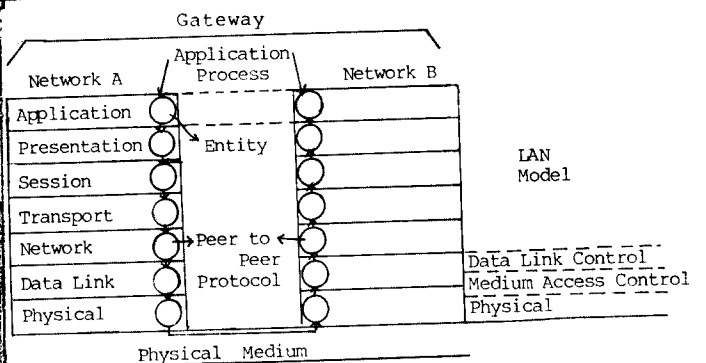
(그림 3) Bus 시스템의 계층적 구조



(그림 5) Entity Controlling State Diagram (Install, Remove, Connect, Disconnect, Enable, Disable, Write Set Points, Reset Event)



(그림 2) 산업용 분산제어 시스템의 계층적 구조



(그림 4) ISO/OSI-RM 7 Layer 구조와 End to End Communication에 따른 Overhead

종류에 관계없이 데이터 베이스, 화일전송등을 제공하여 준다. 그림 4 에서 보는바와 같이 Gateway [10]의 한편에서는 Network 구조 A의 모든 Protocol 표준에 맞추어야 하고 관계 되는 정보는 Gateway의 응용층에서 교환이되고 다른편에서는 Network 구조 B의 Protocol을 실행하는 것이다. 이러한 기능성에 대한 Hardware의 비용은 아주 높아지지는 않으나 (Complete Gateways Available on Multibus-Board)[6] Software는 몇 M/Years의 개발 노력이 요구되는 일이다.

그림 5는 Software와 Hardware Entity들의 Service State를 나타내었다.

## 7. 결 론

오늘날 여러가지의 Physical한 Network들이 여러 다른 응용분야(Commercial, Production, Military등등)에 사용되고 있고, 그림 1에서와 같이 모든 Sub-system들은 Network System에 직접적으로 연결이 되어지고 있다.

요즘의 Broadband 통신 System[7]은 해결책이 가능하나 향상된 Bandwidth의 Ethernet Type의 Bussystem들도 역시 그 가능성을 제시하고 있다. (Supernet : 100Mbit/S, Glasfiber Network : Gigabit-Range)

현재의 추세는, 모든 Real-Time Processing이 조그만 Front-End-Computer 시스템으로 옮겨가고 있으며 Plant Process Control System과 Management Information System을 위한 기능상의 요구사항도 점점더 많아가고 있다.

같은 Hardware-Software 기술이 각기 다른 Field에 같이 적용될것이고 본고에서 서술된 Network Communication의 문제에 대한 컴퓨터 Network 기술 및 분산 시스템의 계층 구조와 분산제어 이론에 대한 연구도 국제 표준안의 같은 개념안에서 같이 연구가 뒤따라야 될것이다.

## REFERENCES

- [1] Macleod, I.M.(1983) Data consistency sensor-based distributed computer control systems. Proc. 5th IFAC workshop on Distributed computer control systems May. 1983
- [2] Walze, H. (1978) Bit serial communication in decentralized control systems-approaches for common solutions. IFAC Conference Helsinki
- [3] IEEE (1981) 802 Local network standard Draft B. Oct. 19, 1981
- [4] Mier, E.E. (1982) High-Level protocols, standards, and the OSI reference Model, Data communications, July, 71-101
- [5] DIN 66253(1981) Teil 1 PEAL Basis Teil 2 FULL PEAL, Beuth, Berlin
- [6] XICOM(1983) The SNA Micro Node product information
- [7] Cooper, E. B., et al(1983) Design issues in broadband local networks, Data communications Feb. 83, 109-122
- [8] ISO Data Processing-Open System Interconnection DP 7498 Basic Reference Model 1980
- [9] CCITT recommendation X.25 VIIth plenary Assembly Geneva June, 1980
- [10] John. S. Quarterman and Josiah C. Hoskins. Notable Computer Networks Communication of the ACM Vol 29 No. 10 Oct. 1986