The Journal of Korean
Institute of CALS/EC
Vol. 4, No. 1, June 1999

CIM 계층 3에서 제어 기기들의 그룹 관리 네트워크 구축과 운영 해석

김정호*

A Construction and Operation Analysis of Group Management Network about Control Devices based on CIM Level 3

Jeong-Ho Kim

Abstract

To operate the automatic devices of manufacturing process more effectively and to solve the needs of the resource sharing, network technology is applied to the control devices located in common manufacturing zone and operated by connecting them.

In this paper, functional standard of the network layers are set as physical and data link layer of IEEE 802.2, 802.4, and VMD application layer and ISO-CIM reference model. Then, they are divided as minimized architecture, designed as group objects which perform group management and service objects which organizes and operates the group.

For the stability in this network, this paper measures the variation of data packet length and node number and analyzes the variated value of the waiting time for the network operation. For the method of the analysis, non-exhausted service method are selected, and the arrival rates of the each data packet to the nodes that are assumed to form a Poission distribution. Then, queue model is set as M/G/1, and the analysis equation for waiting time is found. For the evalution of the performance, the length of the data packet varies from 10 bytes to 100 bytes in the operation of the group management network, the variation of the wating time is less than 10 msec. Since the waiting time in this case is less than 10 msec, response time is fast enough. Furthermore, to evaluate the real time processing of the group management network, it shows if the number of nodes is less than 40, and the average arrival time is less than 40 packet/sec, it can perform stable operation even taking the overhead such as software delay time, indicated packet service, and transmissin safety margin.

Key Word *: CIM, ISO-CIM, Industrial Network, Group(Cell) System*

---

* 경북대학교 전자공학과

1. 서 론

최근 10년 동안 정보처리 기술로 인하여 산업 자동화 분야에 유연성을 갖게 하였으며, 프로그래므블 콘트롤러(programmable controller), 로보트(robot) 등의 자동화 기기가 공장 자동화에 중추적인 기능을 담당하여 생산성 향상과 원가 절감 등의 효과를 가져왔다. 이러한 자동화 기기들은 보다 효율적인 운용과 자원을 공유할 필요성이 요구되어 생산 공정의 공동 작업 범위 지역(common manufacturing zone)에 위치한 기기들을 그룹 운영 및 관리하기 위한 네트워크 기술이 도입되어 상호 연결하게 되었다.

1988년 8월에 ISO(international organization for standards)에서는 컴퓨터 통합 생산 체계인 CIM(computer integrated manufacturing) 표준을 6 계층으로 제안하여 생산 공정 및 관리 분야에서 계층별로 네트워크 구축을 권고하고 있으며, 특히 생산 공정의 공동 작업 범위 지역의 경우 셀(cell) 혹은 그룹(group) 으로 명명하여 네트워크의 계획과 운영, 그리고 이에 따른 네트워크의 성능 해석에 대한 연구가 진행되어 왔다. 또한 기업간의 운영면에서 CALS와의 표준화를 비교하여 추진하고 있다.

1992년 P.J.Kuehn 등은 산업용 네트워크에서의 큐잉 모델을 제시하고 메세지 크기에 따른 처리율을 해석하여 이에 대한 큐의 크기와 대기 시간(waiting time)의 네트워크 파라미터를 설정하여 실시간 처리에 대한 성능 해석 연구가 이루어졌다. 1993년 A.P. Jayasumana 등에 의하여 네트워크에서 데이타 링크 서비스의 IEEE 802.4 클래스를 모델링하여 토른 운영에 대한 타이머 할당 구조에 따른 유용도 처리의 해석과 접속 노드 수에 대한 대기 시간 해석으로 실시간 처리 네트워크의 적용을 검증하였다.

본 연구에서 CIM의 3 계층을 중심으로 그룹 관리 네트워크는 데이타 링크 계층과 응용 계층을 포함한 간략화된 구조로서 제안하였고, 이의 운영을 위하여 생산 공정에서 다양한 제어 기기들을 일반화된 모델로서 가상 제조 기기인 VMD(virtual manufacturing device)로 정의하여 표준 메세지의 군 객체(group object)를 설계하여 이에 따른 서비스 모듈을 설계하였다. 제안된 네트워크의 부하 파라미터를 데이타 패킷의 길이, 노드의 수로 설정하고, 생산 공정의 운영에 적합한 인식 패킷의 서비스 시간, 전송 안정 여유 등의 오버 헤드를 고려한 대기 시간에 대한 해석적 식을 구하고 이의 시뮬레이션을 통하여 네트워크의 성능을 해석하였다.

2. 통합 생산 시스템의 모델과 네트워크 적용

2.1 CIM 표준화 모델

생산 공정과 제조 관리 분야를 유기적으로 통합하는 차원에서 컴퓨터 통합 생산 구조에 관한 모델이 ISO/TC184/SC5/WG1에서 제안되어 <표 1>과 같은 계층 구조를 지닌 컴퓨터 통합 생산 참조 모델(ISO-CIM reference model)을 표준화하였다. 이 모델에서는 컴퓨터 통합 생산 구축을 생산 공정과 제조 관리면에서 작업 흐름의 연결로 제안하여, 분산 및 계층 제어의 구조와 효율적인 데이타 관리 그리

<표 1> ISO 표준화 위원회에서 제안한 컴퓨터 통합 생산 참조 모델

	계층명령	관리/제어	역할범위	기본기능	구체적 실현 방법의 예
6	기업 (Enterprise)	경영관리	기업의 목적 달성과 관리	• 경영관리 • 재무/영업 • 연구개발	• 경영정보관리 시스템 • 경영계획 시스템
5	공장 (Facility /Plant)	생산계획	조작기능의 수행 및 생산계획과 스케줄링	• 제품설계와 생산기술 • 구매(상위레벨) • 자원관리(상위레벨) • 보전관리(상위레벨)	• 생산계획 시스템 • 구매정보 시스템
4	에리어 (Area)	재료 및 자원의 할당과 통제	생산의 조정, 제조활동의 지원 및 자원의 획득과 할당	• 생산관리(하위레벨) • 구매(하위레벨) • 자원관리(하위레벨) • 보전관리(하위레벨) • 출하 및 폐기물 처리	• 자원할당관리 시스템 • 스케줄 관리와 부하계산
3	셀/군 (Cell/Group)	다수의 기계와 조작의 협조	제조현장에서의 제조활동 순서와 통제 및 각종 제조지원 활동의 통제	• 운영준비(구성관리) - 운영자 자원관리 - 시스템의 구성관리 - 단위제어기기의 시험 - 공정파라미터의 정의 - 단위제어기기의 시험 - 공정 모니터링 정의 • 작업수행 - 작업운전시작 - 작업일시중단 - 작업중단	• 셀콘트롤러 • 군관리 시스템 • 유연생산 시스템 • 공정제어 시스템 • 분산제어 시스템
2	스테이션 (Station)	시퀀스와 동작의 지시	제조장치의 운전지시 및 협조제어	• 제조(스테이션 레벨)	• 프로그래머블 • 수치제어 콘트롤러 • 로보트 콘트롤러
1	장치 (Equipment)	시퀀스와 동작의 실행	제어명령의 실행	• 제조(장치레벨)	• 공작기계 • 로봇 • 액튜에이터(구동기기) • 센서

<표 2> CIM과 CALS의 비교

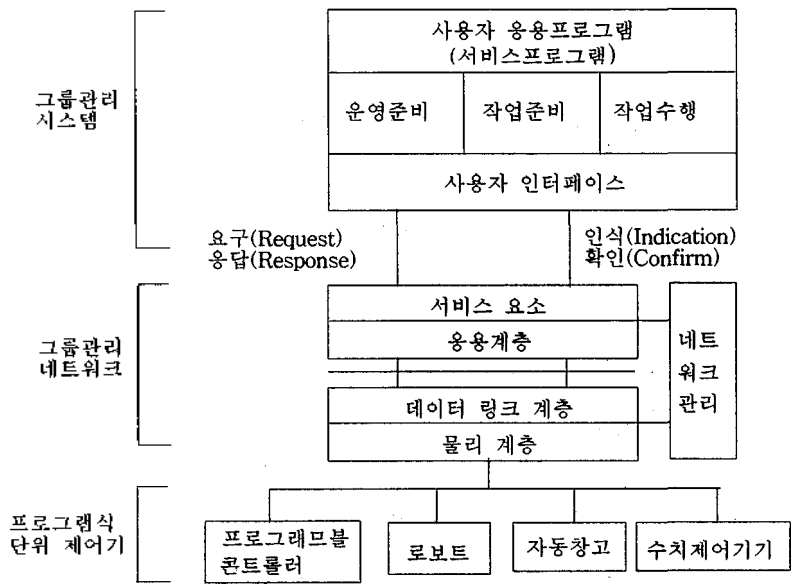
	CIM	CALS
범 위	• 계열사 내부에서만 정보를 공유	• 기업 내외간의 정보공유
정보기술도구	• 자동화 제조군 통합을 위한 단순도구	• 고성능 정보 및 커뮤니케이션 시스템
관리방식	• 수직 계층적 및 중앙 집중적	• 분산적 관리
데이터 특성	• 기능 및 데이터 중심	• 객체 지향적
컨셉트 특성	• 결정론적 컨셉트 • 계획,지시 및 관리의 상세성, 확장성 결여	• 세분화 및 분열적 컨셉트 • 목적지시 및 결과 제어 • 확장성 보장, 유연성
인터페이스 특성	• 규격화 및 표준화 결여	• 규격화, 표준화
조직 특성	• 유연성 결여	• 동적, 유연성

고 사용자 인터페이스 기술을 기반 기술로 분류하였으며, 각 계층은 생산 및 관리에서 요구되는 산업용 네트워크로서 연결 운영되도록 제안하고 있다. 이에따라 자동화 관련 업체들도 컴퓨터 통합 생산 참조 모델의 표준화에 따른 통합 생산 시스템을 구축하고 있다. <표 2>는 CALS와 CIM의 정보의 유용성, 대상의 면에서 비교를 나타내었다.

2.2 그룹 관리 네트워크 시스템 모델

ISO TC/184에서 CIM 3 계층의 '셀' 또는 '그룹' 계층은 특정 제조 혹은 공동 작업 범위 지역의 동작을 수행하기 위한 기계, 장비의 그룹 관리를 의미한다. 이 시스템은 이들을 네트워크로 연결하여 생산 공정의 감시, 제어 및 통신하는 기능을 수행하는 프로세스 시스템으로 '셀 콘트롤러(cell controller)' 로 명명되기도 한다[1]. 이의 주된 기능은 하위 계층의 제어 기기들로 부터 공정 데이타를 수집하고 저장하며, 주변 기기를 활용하여 각종 공정 데이타를 출력하고, 효율적인 공정 감시 및 제어를 위한 사용자 인터페이스 제공과 제어 기기 사이의 네트워크 운영이다.

CIM을 확장한 CALS 고려사항에도 자재, 사람, 설비, 전산시스템분야에서 검토되어야하고 특히 제조설비면에서 국제표준의 검증, 설비간의 상호관련성(호완성), 정보전달의 적시성 확보, 제조환경하의 네트워크구축이다. <그림 1>에 그룹 관리 시스템과 단위 제어 기기의 운영 구성도를 나타내었다. 그룹 관리 네트워크의 운영은 단일 전송자로 부터 다수의 목적지로 전문을 전송하는 멀티캐스트 통신 방식을 채택하며 클라이언트-서버 모델로서 해석할 수 있다. 이의 운영은 제어 기기들에 대한 공용 메세지 처리를 위하여 가상 제조 기



<그림 1> 그룹관리 시스템과 단위 제어 기기의 운영 구성도

기로 추상화(abstract) 할 수 있으며 이는 공통적인 제조 특성과 서비스에 따른 추상화, 그룹 내부 구조와 상호 작용에 따른 추상화, 제조 공정 파라미터들의 조작에 따른 추상화를 함으로서 제조 및 공정 목적에 따라 단일화한 객체로 그룹화 된다. 따라서 이 객체는 공통된 서비스를 제공하며 서버에서 동작하며 각각의 클라이언트 객체 전송에 따른 네트워크 오버헤드를 감소시킬 수 있다.

3. 계층 구조와 설계 개념

생산 공정의 공동 작업 범위에서 그룹 관리 시스템과 제어 기기 사이의 네트워크 운영은 구성 환경, 제조 공정별로 객체화 운영 및 작업 수행 상의 실시간 처리 등의 요구로 간략화된 네트워크 계층 구조와 프로토콜이 필요하다. 본 연구에서는 그룹 관리 네트워크를 제어 기기들의 링크 계층과 다른 메이커들 간의 제어 기기들이 효율적인 정보 교환을 위한 가상 제조 기기로 모델링하여 통신 서비스를 제공할수 있도록 한 응용 계층으로 선정하였다.

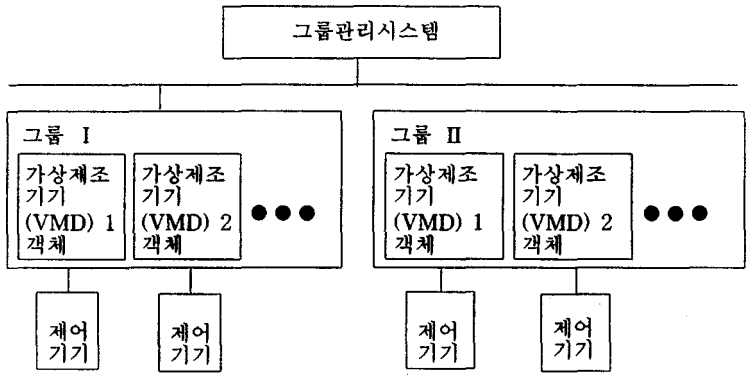
3.1 계층별 설계

그룹 관리 네트워크와 제어 기기들 사이의 데이타 전송과 에러 제어는 데이타 링크 계층의 LLC(logical link control) 부계층에 의하여 전송의 확인 응답, 선택적인 확인 응답과 노드의 운영권의 보장을 수행한다. 그룹 관리 네트워크의 LLC 부계층 설계는 공정 데이타의 전송 및 에러 제어를 위한 것으로 제한하여 특성상 긴요하지 않은 기능들을 제외한 IEEE 802.2 의 type 1과 type 3 서비스를 제공하는 LLC 클래스 3 서비스를 구현한다.

그룹 관리 네트워크의 LLC 수행은 6개의 태스크와 1개의 인터럽트 처리 루틴으로 구성하였다. VMD_if( ) 태스크는 활성 상태인 제어 기기들을 검색하여, 상위 계층에서 가상 제어 기기로서 매핑되도록 정보가 입력되어 있을 경우, 그 종류에 따라 각각을 처리할수 있는 태스크로 전달한다. 즉, type 1 서비스 요구(DL_UNITDATA.req) 일 경우 ui_req( ) 태스크에, type 3 서비스 요구(DL_DATA_ACK.req)일 경우 send_type3_cmd( ) 태스크에 기록한다. 따라서 VMD 설계는 제조 환경의 통신 서비스를 위하여 생산 공정의 제어 기기들을 공용 메세지로 운용이 가능한 추상화 모델인 가상 제조 기기로 정의하였고, 각종 통신 서비스를 추상화된 객체로서 사용자와 공정 프로그램과의 접속 기능을 제공한다.

3.2 공정 모델 객체 설계

생산 공정에서 공동 작업 범위 지역의 그룹 관리 시스템과 제어 기기 사이의 네트워크 운영에는 제조사들 각각의 특정 프로토콜과 각각의 요구되는 메세지 서비스들에 대하여 VMD의 운영에 제한 사항이 고려되어야 한다. 특정 제어 기기를 고려않는 표준 메세지 규격을 위한 추상화된 공용 메세지를 정의하였다. 따라서 실제의 제어 기기와 이에 적용이 가능한 추상화된 모델인 가상 제조 기기의 요소들을 매핑함으로서 실제의 제어 기기들의 효율적인 정보 교환을 수행하게 된다. <그림 2>에 이러한 가상 제조 기기들에 대하여 제조 공정 배치 형태인 추상화된 모델을 나타내었다.



<그림 2> 제조 공정 배치의 추상화 모델

이에 따른 가상 제조 기기에 대한 단위 제어 기기와 공정 모델의 객체의 추상화와 매핑은 다음과 같다.

The VMD Object Model
Object : VMD
Key Attribute : Executive Function
Attribute : Vender Name /* 제어기기 공급자명 */
Attribute : Model Name /* 제어기기명 */
Attribute : Revision /* 형상관리 번호 */
Attribute : Logical Status
(STATE_CHANGES_ALLOWED,
NO_STATE_CHANGES_ALLOWED,
LIMITED_SERVICES_SUPPORTED)
Attribute : List of Capabilities
Attribute : Physical status
(OPERATIONAL,PARTIALLY_OPERATIONAL,
INOPERABLE,NEED_COMMISSIONING)
/* 제어 기기의 기능 */
Attribute : List of Program Invocations
Attribute : List of Domains
Attribute : List of Transaction Objects /*
제어 기기로의 매핑 */
Attribute : List of Upload State Machines
Attribute : List of Other VMD_Specific Objects
/* 제어 기기의 동작 */

4. 그룹관리 네트워크의 운영과 해석

생산 공정에서 공동 작업 범위 지역을 대상으로 한 그룹 관리 네트워크의 설계와 이에 대한 해석은 네트워크 상에 접속된 모든 노드에 일정한 시간 동안 적어도 한번 이상의 네트워크 사용권의 부여와 데이타 패킷의 전송 시간이 공정에서 설정된 요구 시간의 범위를 만족하여야 한다. 따라서 그룹관리 네트워크의 운영은 다음의 특성으로 가정한다.

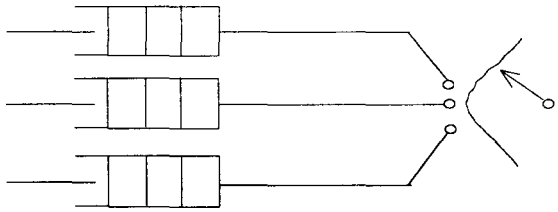
첫째, 생산 공정에서 전송하는 데이타 패킷의 크기와 발생 간격은 제어 기기에서 사용하는 형태로 설정한다. 둘째, 네트워크 관리 운영 노드에서 감시 및 제어 기능의 목적에 사용되는 경우의 데이타 패킷 발생은 일정하다. 즉, 네트워크 관리 운영의 데이타 패킷은 전체 노드로 일정한 전송율을 가진다. 이러한 가정하에서 본 연구는 그룹 관리 네트워크의 부하

파라미터로서 데이타 패킷 길이의 변화, 노드 수의 변화로 선정하여 이에따른 네트워크 성능 해석을 위한 대기 시간의 대응된 변화값을 해석하였다. 그룹 관리 네트워크에 대한 해석은 우선적으로 토큰을 가지고 있는 노드가 한번에 하나의 데이타 패킷만을 서비스하는 방식으로 모델을 제안하고 운영한다. 즉, 물리계층과 데이타 링크 계층의 오버 헤드, 인식 패킷의 송신 등이 고려되어야 한다. 여기서 인식 패킷은 데이타 패킷이 수신될 때마다 발생하므로 소프트웨어적인 지연 시간을 Ds 라고 할때 그룹 관리 네트워크의 해석적 모델은 다음 <식 1>과 같이 데이타 패킷 서비스 시간인 x 와 슬롯 시간인 Ts 를 가지는 토큰 운영의 해석적 모델로 변환하여 해석할 수 있다.

$$x = \frac{8}{C}(M + 26) + x_a + Ts \quad <1>$$

$$T_s = 2(D_s + D_p) + (\text{safety margin})$$

여기서 C는 채널 속도, Dp는 전달 지연 시간, M은 데이타 패킷의 평균 크기, x_a는 인식 패킷 서비스 시간을 나타낸다. 본 논문에서는 F.M. Mc Clelland 등의 연구를 참조하여 D는 10 μsec로, 전송 안정 여유는 2 μsec로 하여 해석한다. 그룹 관리 네트워크에서 데이타 패킷의 도착에 대한 포아송 분포는 데이타 패킷이 도착이 과거에 도착한 것과는 관계가 없으며, 또한 복수의 데이타 패킷이 동시에 도착은 거의 일어나지 않으며, 임의의 시간대에서 하나의 데이타 패킷이 도착할 확률이 시간대의 어느 부분에서나 같음을 의미한다. 따라서 도착 분포는 포아송 분포, 서비스 시간 분포는 일반적인 분포, 접속 서비스 채널수는 하나로 하여 M/G/1큐를 가정할수 있다. <그림 4-1>에 이의 큐잉 모델을 나타내었다.



<그림 3> 그룹 관리 네트워크의 큐잉 모델

다음에 M/G/1큐 모델에 관한 L.Kleinrock 이 제안한 식을 이용하여 대기 시간을 구하면 다음의 <식 2, 3, 4>들을 얻을 수 있다.

$$q = P + P^2\frac{1 + C_b^2}{2(1-P)} \quad <2>$$

$$W_g = \frac{P(1 + C_b^2)}{2(1-P)} \cdot \overline{T_r} \quad <3>$$

$$C = \frac{\delta^2_{T_r}}{(\overline{T_r})^2} \quad <4>$$

<식 2>는 M/G/1 큐 모델의 평균 큐 크기에 관한 식을 나타내며 Pollaczek-Khinchin 평균값의 공식을 도입하여 분산 계수의 제곱인 C_b^2 와 $\delta^2_{T_r}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$T_r = T_1 + T_0$$

$$T_r^2 = T_1^2 + 2T_1 \cdot T_0 + T_0^2$$

$$\overline{T^2} = E[T_r^2] = [T_1^2] + 2E[T_1]T_0 + T_0^2$$

$$E[T_1^2] = E[x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2 + 2x_1^2x_1^2 + \cdots \cdot 2x_{n-1}^2x_n^2]$$

이때 x, x(i=j, i, j=1, 2, ...n)는 서로 독립이므로 M의 값을 고정시키고 <식 3>을 대입하면,

$$E[T_1^2] = (N(1-P) + N^2P^2 + NP)x^2$$

$$\delta^2 T_r = \overline{T_r^2} - (\overline{T_r})^2 = NP(2-P)x^2$$

그러므로 분산 계수의 제곱인 C_b^2 와 큐에서의 대기 시간 w는 다음의 <식 5, 6>과 같이 구해진다.

$$C_b^2 = \frac{NP(2-P)x^2}{\overline{T_r^2}} \qquad <5>$$

$$w_g = \frac{L(T_r^2 + NP(2-P)x^2}{2(1-P)} \qquad <6>$$

제어 기기의 상호 데이타 패킷은 큐를 벗어나서 곧바로 서비스를 받는 것이 아니라 노드가 토큰을 넘겨받은 후에야 서비스를 받게된다. 그러므로 토큰을 넘겨 받을때까지의 잠재적인 지연 시간을 고려하여야 한다. 만약 데이타 패킷이 큐를 벗어났을때 노드는 토큰을 가지고 있었다면 지연 시간은 0이며, 노드가 방금 토큰을 다른 노드로 넘겨 주었다면 지연 시간은 $\overline{T_r}$ 이 될 것이다. 이와 같이 살펴보면 잠재적 지연 시간은 $\overline{T_r}$ 은 구간 $[0, T_r]$에 균일하게 분포하는 랜덤 변수가 된다. 따라서 T_L 의 평균값은 다음 <식 7>로 주어진다.

$$\overline{T_L} = E[T_L] = \frac{\overline{T_r}}{2} \qquad <7>$$

그러므로 전체적인 대기 시간 W는 다음 <식 8>과 같다.

$$W = w + \overline{T_L} = \frac{L(\overline{T_r^2} + N \cdot P(2-P)x^2}{2(1-P)} + \frac{\overline{T_r}}{2} \qquad <8>$$

따라서 실시간 처리 환경인 생산 공정에서 그룹 관리 네트워크 해석을 위하여 본 연구에서는 A.P.Jayasumana의 접속 노드 수에 대한 데이타 패킷의 대기 시간 처리에 대한 해석식을 확장하여 인식 패킷의 서비스 시간, 토큰 버스 운영의 소프트웨어 지연시간, 전송 안정 여유등의 오버헤드를 고려함으로서 그룹 관리

네트워크의 간략화된 구조에 대한 보다 개선된 식을 제안하였다.

5. 시뮬레이션 및 성능 평가 결과

5.1 시뮬레이션 수행 방법

네트워크 운영의 유한 상태도에서 준비(idle), 토큰 사용중(use_token), 토큰 전달(pass_token), 응답 대기중(await_response)인 상태로 간략화 한 유한 상태도가 작성되고 MAC 부계층에 의한 오버헤드는 데이타 패킷 전송, 토큰 전송과 패킷 전송을 위해 토큰을 기다리는데 소용되는 오버헤드로 정의하였다.

THOLD : 최대 토큰 유지 시간(maximum token hold time) 4000 μsec 혹은 1 μsec

DELS(D_s) : 노드 지연 시간(node delay)

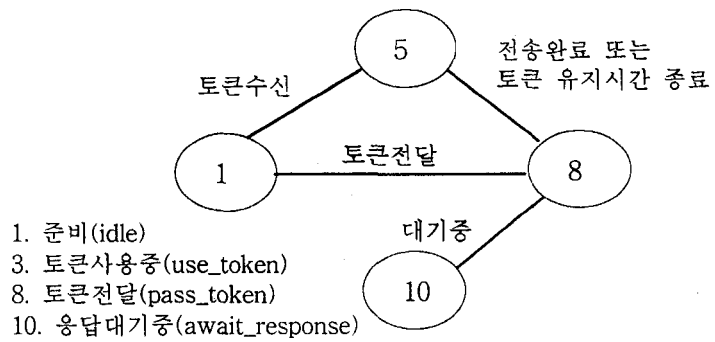
NNOD(N) : 노드의 총수(total number of nodes)

ARR (L) : 평균 데이타 패킷 도착율

MEAN (M) : 평균 데이타 패킷 크기

DELP (D_p) : 10 μsec

CHSP : 채널 속도 (C) : 5 Mbps



<그림 4> 토큰 버스 방식의 간략화된 유한 상태도

그룹 관리 네트워크의 시뮬레이션에서 사용된 파라미터들은 데이타 패킷의 길이, 노드 상에서의 지연시간, 최대 토큰 사용 시간 등이며, BoNES tool을 이용하여 토큰 유지 타이머를 1 μsec로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 특별하게 정의되지 않는 값의 경우 IEEE 802.4규격을 따랐으며 이들을 정리하면 다음과 같다.

데이타 패킷 발생 서브 루틴은 1μsec 마다 실행되며 노드에서의 데이타 패킷 서비스는 THOLD 타이머의 종료시까지 이루어질수 있도록 하였다. 응용 계층의 모델링은 공정 정보의 단위의 생성과 이의 수행을 기반으로 하여 데이타 패킷을 발생시키는 데이타 패킷 생성 프로시듀어, 노드 운영을 묘사한 노드 서비스 프로시듀어, 토큰의 패싱을 담당하는 토큰 프로시듀어, 시뮬레이션 프로그램 의 운영에

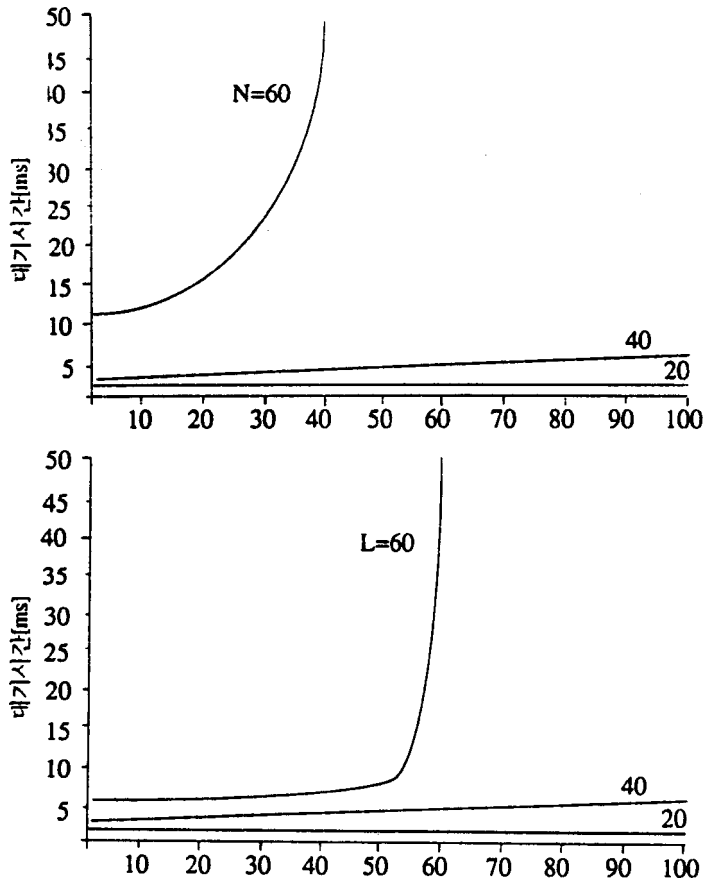
관계되는 메인 프로시듀어의 4개의 프로시듀어로 구분되어 작성되었다. 데이타 패킷 생성 프로시듀어는 각 노드에 대하여 하나씩 존재하는데 각 생성부에서 데이타 패킷이 만들어지면 이는 해당되는 노드에 알려지게 된다. 일단 데이타 패킷이 만들어지면 먼저 큐에 들어가서 서비스를 기다리게 된다.

노드 서비스 프로시듀어는 생성된 데이타 패킷과 응답을 요구하는 데이타 패킷에 대해 해당되는 공정 정보를 넣고 이를 전송하는 작업을 수행하며 다음과 같은 준비(idle), 서버(server), 토큰 대기(wait token), 시간 경과(time pass), 확인 대기(wait ACK)의 5개 상태로 나누어진다. 준비 상태(idle state)는 자신의 큐에 서비스할 데이타 패킷이 없는 경우로서 자신의 패킷이 도착하거나 다른 노드로부터 응답을 요구하는 경우 해당되는 소요시간을 지정한 후 서버 상태(server state)로 들어간다. 서버 상태는 데이타 패킷을 공정 정보로 변환시 소요되는 소프트웨어적인 시간 지연을 표현하는 상태로 시간이 경과되면 타임 아웃 신호에 의해서 토큰 대기 상태(wait token state)로 들어간다. 만일 서버 상태 수행 중에 다른 노드로부터 데이타 패킷이 도착하게 되면 현재 생성 중인 공정 정보의 남은 서비스 시간과 현재 도착한 데이타 패킷에 대한 서비스 시간을 더하여 다시 서버 상태로 들어가게 된다. 토큰 대기 상태는 서버 상태로부터 생성된 공정 정보를 상대편 노드로 전송하기 위한 데이타 패킷 전송 권리인 토큰을 기다리는 상태로서 일단 토큰을 받으면 시간 경과 상태(time pass state)로 진입한다. 시간 경과 상태는 토큰을 받은 후 자신의 데이타 패킷 또는 응답 데이타 패킷을 전송 매체로 보내는 상황을 묘사한 것으로 이때 전송에 소요되는 시간은 전송될 데이타 패킷의 크기에 따라 달라지게 된다. 또한 전송 시간이 지난 후 준비된 데이타 패킷을 보냈다는 확인 신호를 상대편 노드에 보내게 되고 확인 대기 상태(wait ACK state)로 들어간다. 이 확인 대기 상태는 자신이 보낸 데이타 패킷에 대한 응답이 오기를 기다리는 상태로 이때 다른 노드로부터 응답이 도착하면 서버 상태로 들어간다. 전송 종료는 자신의 데이타 패킷에 대한 서비스가 끝났으므로 서비스 소요 시간을 계산 후 큐에서 제거하고 준비 상태로 돌아간다.

메인 프로시듀어는 군관리 운영프로그램이 시작되었을 때에 먼저 수행되는 프로시듀어로서 여기서는 각각의 노드에 대하여 해당되는 데이타 패킷 영역을 선언하고 초기화 작업을 수행한다. 이 데이타 패킷 영역에는 각 노드마다의 고유 정보를 저장한다. 이의 수행은 각 노드에 데이타 패킷 생성 프로시듀어, 토큰 프로시듀어에 대한 프로그램의 시작을 알리는 초기화 신호를 보내고 데이타 패킷의 길이, 노드의 수를 시뮬레이션 입력으로 받아들인다. 입력으로 받아들인 부하 파라미터들에 대한 시뮬레이션 시간이 종료되면 타임 아웃에 의하여 시뮬레이션의 수행이 종료되게 된다.

5.2 성능 평가 결과 및 고찰

그룹 관리 네트워크의 간략화된 구조와 해석식에서 데이타 패킷의 크기를 10 바이트에서 100 바이트까지 변화시킬 경우, 노드의 수 (M), 소프트웨어 지연 시간(D_s)에 따른 대기 시간의 변화를 <그림 5>에 나타내었다.

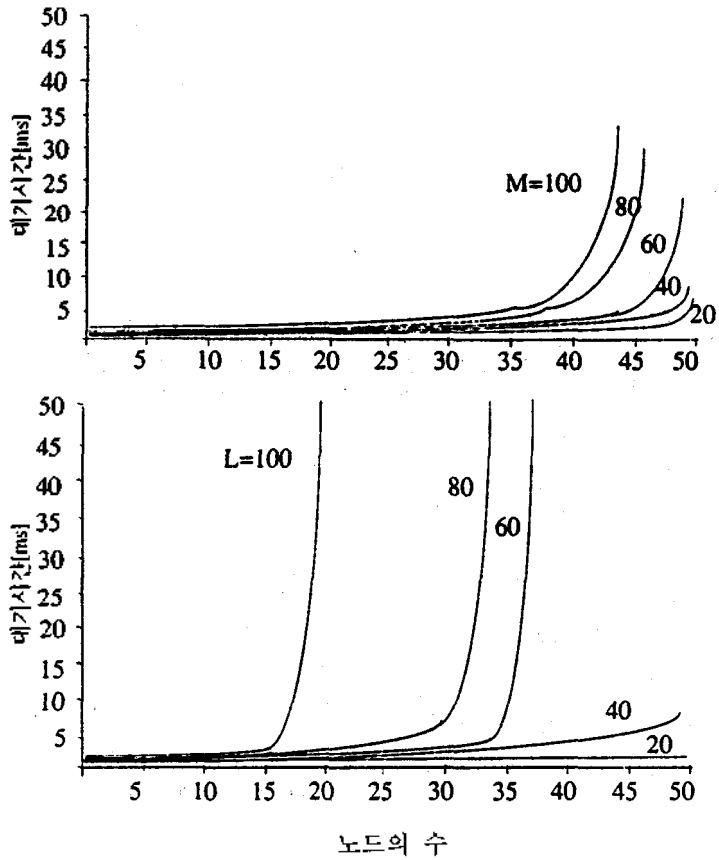


<그림 5> 데이터 패킷 길이의 변화에 따른 대기시간의 결과

그림에서 노드의 수 (N)가 60 이상으로 증가할수록, 데이타 패킷의 길이에 따라 대기 시간의 증가 비율이 급격하게 커짐을 알 수 있다. 그러나 노드의 수 (N)가 40 이하인 경우 대기 시간은 10 msec 이하로 나타난다. 이 경우는 데이타 패킷의 길이의 증가로 인하여 대기 시간에 큰 영향을 주지 못함을 알 수 있다. 즉, 데이타 패킷의 길이가 50 바이트 이하인 경우는 본 네트워크 운영에서 주어진 조건하에서 대기 시간이 노드수가 60 인 경우를 제외하고 노드에서의 소프트웨어 지연을 고려하고도 대부분 10 msec 이하의 값을 나타낸다. 따라서 인식 패킷의 서비스 시간, 토큰 버스 운영의 소프트웨어 지연 시간과 전송 안정 여유 등의 오버헤드를 고려하여 대기 시간의 해

석식이 타당함을 알 수있다. 즉 간략화된 계층간의 오버헤드를 고려하더라도 설계된 그룹관리 네트워크는 프로그래므블 콘트롤러 등의 단위 제어 기기가 정보의 크기가 50 바이트 범위이고, 수십 msec 의 응답 시간 범위를 가지고 있으므로 생산 공정에서 실시간 처리 네트워크에 충분히 적용 가능함을 보여준다.

<그림 6>은 노드의 수의 변화에 따른 결과를 나타낸것이다. 시뮬레이션 수행에서 데이타 패킷의 길이(M), 소프트웨어 지연 시간 (D_s)의 변화에 따른 결과에서도 노드의 수와 영향을 예측할수 있다. 노드에서의 지연 시간이 150 μsec 이하일때 노드의 수가 40 이하이면 안정된 값을 나타내고 있음을 알수있다. 또한 노드에서의 소프트웨어 지연 시간(D_s)이 200μsec 이상이 되면 노드의 수 (N)가 40 이하일 경우 그룹 관리 네트워크의 안정된 운영이 수행됨을 알수있다. 또한 이들의 시뮬레이션의 결과가 데이타 패킷의 길이와 거의 일치하는 것으로 보아 제안된 대기 시간의 해석적 식의 유효성이 검증되었다.



<그림 6> 노드수의 변화에 따른 대기시간의 결과

6. 결 론

최근의 산업 공정의 제어 기기들은 계층화된 구조를 유지하면서 공동 작업 범위 지역에 위치한 제어 기기들에 대하여 공장 환경에 적절한 네트워크를 사용한 그룹관리 시스템이 운영되고 있다.

본 연구에서는 CIM 표준에서 제안하고 있는 생산 공정의 장비들의 공동 작업 범위 단위인 3 번째 계층인 셀 혹은 그룹 레벨에 대하여 네트워크 실행 대상 계층을 IEEE 규격의 물리 및 데이타 링크 계층과 다른 메이커들 간의 제어 기기들이 효율적인 정보 교환을 위한 추상화한 가상 제조 기기로 모델링하여 통신 서비스를 제공할 수 있도록 하였다. 설계된 그룹 관리 네트워크 모델의 성능 해석은 부하 파라미터로서 데이타 패킷의 길이와 노드의 수의 변화로 선정하여 이에따른 네트워크 운영을 위한 대기 시간의 대응된 변화값을 해석하였다. 이의 해석적 방법은 우선적으로 토큰을 가지고 있는 노드가 한번에 하나의 데이타 패킷만을 서비스하는 방식으로 설정하였다. 그룹관리 네트워크에 접속된 각 노드에 도착하는 데이타 패킷의 도착 간격 분포는 포아송 분포를 갖는 것으로 가정하여 생산 공정에 적합한 M/G/1의 큐 모델로서 그룹 관리 네트워크 운영의 토큰 로테이션 시간과 대기 시간에 대한 해석식을 유도하였다.

그룹 관리 네트워크의 운영에서 데이타 패킷의 길이를 10 바이트에서 100 바이트까지 변화시킬 경우, 이에 대응한 대기 시간의 변화는 주어진 조건하에서 10 msec 이하의 값을 가진다. 따라서 프로그래므블 콘트롤러 등의 단위 제어 기기가 수십 msec 정도의 응답 하한선을 가지고 있으며 데이타 패킷의 크기는 60 바이트를 넘지 않으므로 이의 실시간 처리에 충분히 적용 가능함을 알 수 있다. 또한, 본 연구에서 설계된 그룹 관리 네트워크는 제안된 대기 시간의 해석식은 인식 패킷의 서비스 시간, 토큰 버스 운영의 소프트웨어 지연 시간, 그리고 전송 안정 여유 등의 오버헤드를 고려하더라도 노드의 수가 40 이하이고, 평균 도착율이 40 packet/sec 이하이면, Jayasumana의 결과보다 확장되고 개선된 결과로서 네트워크의 안정된 동작을 수행함을 알 수 있었다.

참고문헌

[이석주, 1994] 이석주, 기업생존을 위한 새로운 패러다임 CIM, 도서출판 기술, 1994

[김정호, 1994] 김정호, CIM 구축 실무 기술, 도서출판 기술, 1994

[CALS 동향 및 추진사례 워크샵 자료집, 1996] CALS 동향 및 추진사례 워크샵 자료집, 중앙대학교, 1996.4

[이영해 외, 1996] 기존 CIM을 활용한 제조업체에서의 CALS구축방안, 한국CALS/EC 학회지, 1996년 12월

[김성희 외, 1996] 김성희 외 CALS 추진계획안 자료, 생산기술연구원/한국과학기술원, 1996

[W. H. Roeder, 1994] "Communications between programmable controllers in the industrial environment", *IEEE Trans. on Industry Applications*, May/Jun. 1994.

[Leonard Kleinriock, 1975] *Queueing Systems Volume 1 ; Theory*, John Wiley & Sons, Inc., 1975.

[K. Sam Sanmugan,1991] *Block Oriented Network Simulator*, Third Edition,COMDISCO, 1991.

[P. J. Kuehn, 1992] "Multiqueue systems with non exhaustive cyclics service," *The Bell System Technical Journal*, vol.58, no.3, March, PP 671-698, 1992.

[Anura P. Jayasumana, Geeetha G. Jayasumana, 1993] "On the use of the IEEE 802.4 token bus in distributed real-time control systems," *IEEE Trans.Industrial Electronics*, vol.36, no.3, 1993.

[Luping Liang et al., 1990] "Process groups and group communications : classifications and Requirements", *IEEE Computer*, 1990.

[K. Chang and D. Sandhu, 1991] "Mean waiting time approximations in cyclic service systems with exhaustive limited service policy," *IEEE INFOCOM'91*, April, 1991, pp.1168-1177, 1991.

저자소개

김정호

- 학력

1980년 경북대학교 전자공학과 졸업
1983년 경북대학교 대학원 전자공학과(컴퓨터공학 전공) 공학 석사
1995년 경북대학교 대학원 전자공학과 (컴퓨터공학 전공) 공학 박사

-경력

1983년 3월~1996년 2월 한국전자통신연구소 책임연구원/실장
1989년 5월~1995년 4월 ISO/TC 184 연구위원 (CIM-Industrial network)
1990년 4월~1991년 11월 IBM/Intel Research Center 파견연구원(Industrial Net & CIM)
1996년 3월~현재 : 대전산업대학교 공학군 컴퓨터공학 및 산업 공학부 조교수

-기타

1989년 8월 : 정보처리기술사
1990년 8월 : 정보통신기술사
저 서 : CIM 구축 실무 기술, 산업용 네트워크
전공 분야 : 컴퓨터통합생산(CIM) 및 동시 공학, 산업용 네트워크