

## 데이터 트래픽의 우선 순위를 갖는 반도체 장비 통신 프로토콜 구현

김두용<sup>†</sup> · 김기완 · 조현찬<sup>\*</sup>

<sup>†</sup>순천향대학교 전자공학과, <sup>\*</sup>한국기술교육대학교 전자공학과

### The Implementation of Communication Protocol for Semiconductor Equipments with Priority of Data Traffic

Doo Yong Kim<sup>†</sup>, Kiwan Kim and Hyun Chan Cho<sup>\*</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Electronic Eng., Soonchunhyang Univ.

<sup>\*</sup>Dept. of Electronic Eng., Korea Univ. of Technology and Education

#### ABSTRACT

The semiconductor equipments generate a lot of data traffic via communication channels for the effective manufacturing processes of semiconductors and for the automation of semiconductor equipments. These data should be sent to a host computer in order to keep in a safe. The IEEE 802.11e specification gives differentiated and distributed access to a wireless communication medium with four access categories. These four access categories use different priority parameters which lead to quality of service in data traffic. In this paper, it is shown that the throughput of data depends upon the priority parameters provided by IEEE802.11e. We implement the usage of priority parameters in the SECS protocol for semiconductor equipments. It is necessary that the data from semiconductor equipments should be classified with certain priority for the effective use of our proposed method. Therefore, our scheme will contribute to improving the performance of the manufacturing processes of semiconductors.

**Key Words** : IEEE802.11e, Quality of Service(QoS) , Priority , SECS Protocol

#### 1. 서 론

최근에는 무선랜이 매우 중요한 통신 인프라 역할을 하면서 많은 인기를 얻고 있다. 데이터 전송률에 있어서도 초기에는 1 Mbps에서 현재는 수십 Mbps까지 제공되고 있다. 따라서 공장, 사무실, 가정, 그리고 기타 공공 장소 등 특정한 장소에 제약을 받지 않고 스마트폰 등과 같은 단말기를 이용해 인터넷을 통해 데이터

서비스를 제공하는데 매우 유용한 기반 기술이 될 뿐 아니라 반도체 제조 공정을 위한 통신 인프라 역할을 충분히 담당할 수 있다[1].

그리고 무선랜 기술의 빠른 발전과 함께 멀티미디어 실시간 응용 서비스에 대한 필요성이 대두 되고 있는데 이는 높은 속도의 데이터 전송률과 실시간 응용을

위한 차별화된 서비스 품질(QoS)에 대한 요구로 인해 IEEE 802.11 e 무선랜 표준이 제안되고 있다[2].

IEEE 802.11 e는 전송 채널 접근 제어 방식으로 HCF(Hybrid Coordination Function)를 사용한다. HCF 방식은 경쟁에 기초한 채널 접근 방식과 폴링에 기초한 방식으로 구성되어 있다. 경쟁을 기초로 하는 방식은 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)로 알려져 있으며 4개의 액세스 카테고리를 갖고 사용자들에게 차별화된 우선 순위 서비스를 제공할 수 있다. 많은 연구 논문들은 서비스 품질의 차별화를 위해 EDCA 방식이 높은 우선 순위를 갖는 트래픽이 낮은 지연과 함께 많은 데이터 처리율을 얻기 위해 매우 효과적인 방법이라는 것을 알려주고 있다[3,4].

폴링에 기초한 방식은 주기적으로 이동 단말기에 데이터를 전송할 수 있는 기회를 제공하는 방식으로 순차 순환 방법으로 폴링을 실시하고 각 이동 단말기가

<sup>†</sup>E-mail : dooykim@sch.ac.kr

전송할 수 있는 시간을 일정 시간 할당한다면 이를 통해 데이터 트래픽의 지연 시간을 보장할 수 있는 장점이 있다.

반도체 산업의 발전으로 다양한 종류의 장비 수요가 증가하고 관리해야 할 데이터 양이 빠른 속도로 증가하고 있다. 따라서 서로 장비들 간 통합의 필요성이 대두되어 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)의 장비 자동화 부문(Equipment Automation Division)에서 반도체 장비와 외부 컴퓨터간의 인터페이스를 위한 데이터 통신 표준 규약의 필요성을 인식하고, SECS(SEMI Equipment Communication Standard)를 만들어 발표하였다[5].

현재 대부분의 반도체 장비에 적용되는 SECS 통신 규약은 SECS-I(SEMI Equipment Communication Standard1 Message Transfer) 과 이를 기반으로 상위 계층의 통신 규약인 SECS-II(SEMI Equipment Communication Standard2 Message Content), GEM (Generic Model for Communications and Control of Manufacturing Equipment)를 개발하여 표준 규약으로 자리 잡게 되었다[6,7]. 그러나 SECS-I는 속도의 제약으로 인해 빠른 속도를 제공하는 새로운 통신 규약을 필요로 하게 되어 HSMS(High-Speed SECS Message Services)라는 통신 규약이 개발되었다[8].

따라서 SECS 통신 규약은 장비와 호스트 간에 통신을 담당하고 설정하는 하위 통신 규약인 SECS-I 및 TCP/IP기반인 HSMS로 구성되고, 하위 통신 규약에서 교환되는 메시지를 해석하여 의미를 규정하는 SECS-II와 SECS-II메시지를 받을 시 장비들이 취해야 하는 절차를 규정한 GEM과 GEM으로 부터 파생된 특정 장비에 대한 표준을 제공하는 SEM 으로 구성되어 있다.

SECS-II는 장비와 호스트 간에 메시지 전송 규약에 따라 교환되는 메시지가 해석될 수 있도록 그 구조 및 의미를 규정한다. 이 표준에서 정의된 메시지는 일반적인 반도체 제조에 필요한 대부분의 내용을 포함하고 있으며 정의 되어 있지 않은 메시지는 장비에 따라서 필요한 메시지를 정의해서 사용할 수 있도록 허용한다.

최근에는 웹 기반 반도체 장비 통신 규약인 Interface A, B, C 가 제안되고 있으며 SECS 기반 통신 규약에 비해 보다 다양한 기능을 제공한다. EDA(Equipment Data Acquisition)로 알려진 Interface A는 반도체 장비로부터 발생된 데이터를 효과적으로 관리하고 모니터링하기 위해 4개의 표준으로 구성되어 있다. Interface B는 반도체 장비간 서로의 데이터를 효율적으로 공유하기 위한 표준을 제공하며 Interface C

는 공장 외부에서 장비의 원격 관리와 진단을 가능하게 하기 위한 표준을 제공한다[9].

본 논문에서는 데이터 트래픽의 우선 순위를 갖는 반도체 장비 통신 프로토콜을 구현하기 위해 IEEE 802.11e에서 제공하는 경쟁에 근거한 EDCA방식을 이용하여 장비로부터 발생되는 데이터 트래픽에 우선 순위를 부여하는 방법을 사용한다. 이를 위해 반도체 장비에서 발생되는 데이터에 대한 우선 순위를 호스트로 요청하면 호스트에서는 현재의 실시간 트래픽 상황과 다른 장비의 트래픽 상태 정보 등을 종합적으로 고려하여 데이터 트래픽에 대한 우선 순위를 결정하여 이를 반도체 장비에 통보하면 이를 바탕으로 필요한 서비스 품질 파라미터를 사용하여 데이터를 전송하는 방법을 제안한다. 그리고 본 논문에서 제시한 방법을 SECS통신 규약에 통합하여 구현한다.

본 논문의 구성은 제 2장에서 ns2 네트워크 시뮬레이터[10]를 이용하여 장비간 트래픽의 우선순위에 따른 데이터 처리율을 다양한 트래픽 환경에서 분석한다. 그리고 시뮬레이션에서 사용된 IEEE 802.11e소스 프로그램은 참고문헌[11]에서 제공된 모듈을 이용한다. 제 3장에서는 반도체 장비에서 발생하는 트래픽에 우선 순위를 부여하여 SECS 통신 규약과 통합하여 운영하는 방법을 제시하며 마지막으로 제 4장의 결론 및 향후 과제로 이루어져 있다.

## 2. 시뮬레이션 모델 및 결과 분석

위의 Fig. 1은 본 논문에서 데이터의 우선 순위를 고려하여 반도체 장비를 제어 하는 방법을 제안하는데 사용된 시뮬레이션 모델이다. 그림으로부터 각 반도체 장비와 호스트서버는 무선 기지국 역할을 하는 액세스 포인트를 통해 공정에 필요한 데이터를 송수신하며 액세스 포인트와 호스트서버는 유선으로 연결되어 있다. 반도체 장비에서는 많은 종류의 데이터가 발생되는데 예를 들면 반도체 장비의 전체적인 상태 정보, 장비 센서와 관련된 데이터, 장비의 특정한 부분을 감시한 데이터, 알람 신호를 관리하기 위한 데이터 그리고 재료의 이송과 관련된 데이터 등 이외에도 수 많은 데이터가 발생된다. 그리고 반도체 장비에서 발생된 데이터는 호스트서버로 전송되어서 엄격하게 관리되어 향후 장비에서 문제가 발생 할 경우 이를 추적하기 위한 기초 데이터로 사용될 수 있으며 장비 및 공정의 개선을 위해 필요하다. 이와 같이 장비에서 발생된 수 많은 종류의 데이터 가운데 특정한 데이터 예를 들면 알람과 관련된 데이터, 센서 데이터 등 다른 데이터 보다 우선적

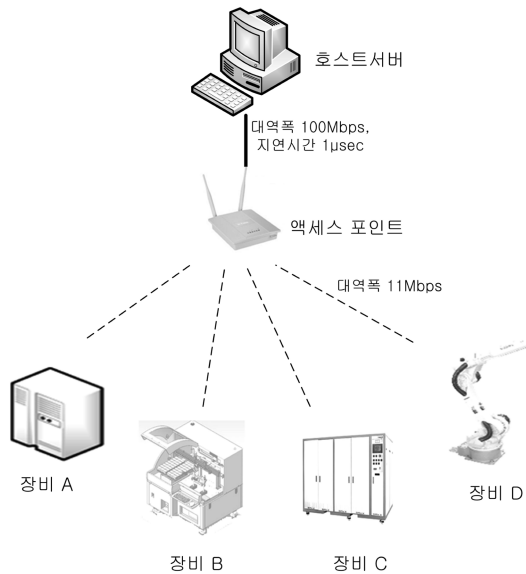


Fig. 1. Simulation model.

으로 호스트서버로 보내어져 이에 상응하는 처리와 절차가 빠르게 이루어지도록 하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 무선랜 환경에서 IEEE 802.11e 에서 제안하는 데이터 트래픽에 우선 순위를 적용하는 방법을 사용한다. IEEE 802.11e의 EDCA 방식은 4개의 우선순위를 갖는 액세스 카테고리를 가지고 차별화된 무선 채널 접근을 제어하며 데이터 트래픽에 대한 우선 순위는 위의 그림2에서 보는 바와 같이 Inter-Frame-Space(IFS)와 백오프시간(Backoff-time)에 의해 결정된다. IFS 는 데이터를 전송하기 전에 기다려야 하는 시간을 나타낸다. EDCA 에서는 여러 종류의 IFS로 SIFS, PIFS, AIFS 등을 제공하는데 AIFS 크기는 고정된 SIFS 크기와 슬롯시간 개수의 합으로 구성된다.

만약 두 개 이상의 장비에서 무선 채널을 이용하여 동시에 데이터 전송을 시도할 경우 데이터의 충돌로 인해 손상이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기

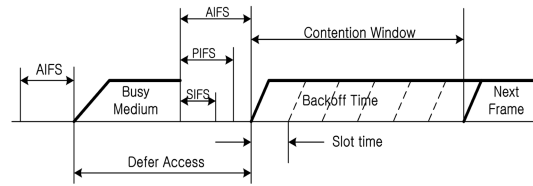


Fig. 2. IEEE 802.11e EDCA channel access.

위해 데이터의 충돌이 발생할 경우 각 데이터 소스들은 일정시간 데이터 전송을 자제하게 되는데 이를 백오프시간이라 하며 슬롯시간 개수로 결정된다. 이때 백오프시간은 최초 설정된 최소 경쟁 윈도우( $CW_{min}$ ) 크기와 최대 경쟁 윈도우( $CW_{max}$ ) 크기 사이에서 결정된다. 즉 데이터 전송이 충돌 없이 목적지인 호스트까지 전달된다면 다음에 사용할 경쟁 윈도우 값은 항상  $CW_{min}$  으로 설정되어 백오프시간을 줄일 수 있다. 그러나 각 데이터 전송시 충돌이 발생한다면 최대 CW 값에 도달할 때까지 CW값을 매 충돌 시 마다 두 배로 증가시키므로 데이터의 충돌을 최소화하려고 시도한다. 따라서 데이터 전송 시 의무적으로 기다려야 하는 시간을 나타내는 AIFS 크기와 충돌 시 백오프시간을 결정하는 CW의 최소값과 최대값을 조절한다면 각 장비에서 발생하는 데이터의 우선 순위에 따른 데이터 처리율에 차등을 줄 수 있을 것이다.

아래 그림들은 이러한 내용을 시뮬레이션 모델에 적용하여 얻은 결과들을 보여 준다. 다음 표들은 각 장비의 데이터 우선 순위를 위한 슬롯 시간 개수를 나타낸다. 또한 시뮬레이션을 위해 장비로부터 발생하는 다양한 데이터 트래픽을 가정하기 위해 ns2에서 제공하는 데이터 트래픽 소스의 디폴트 값을 사용한다. Table 1 을 사용한 Fig. 3의 시뮬레이션 결과로부터 AIFS 값과 CW 값의 차이로 우선 순위를 줄 경우 우선 순위가 높은 즉 상대적으로 AIFS 값과 CW 값이 작은 장비에서 발생된 데이터의 처리율이 상당히 높다는 것을 알 수 있다. Table 2의 값을 이용한 Fig. 4로부터 같은 종류의 데이터 트래픽 소스라 할 지라도 트래픽의 우선 순

Table. 1. Priority parameters.

	장비 A	장비 B	장비 C	장비 D
트래픽소스	cbr	ftp	pareto	exponential
우선순위값				
AIFS	2	3	5	7
CW_MIN	7	15	31	61
CW_MAX	15	31	511	1023

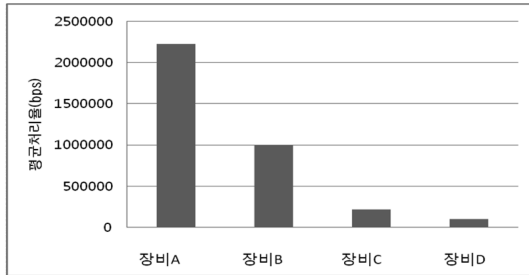


Fig. 3. Throughputs of equipments.

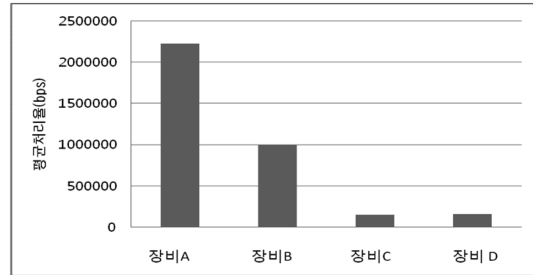


Fig. 5. Throughputs of equipments.

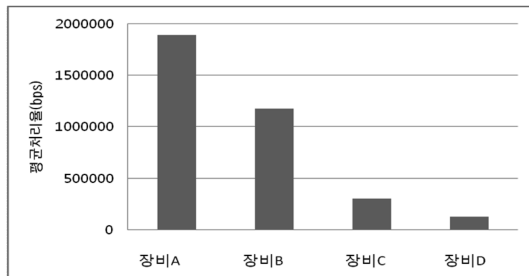


Fig. 4. Throughputs of equipments.

위에 따라 처리율도 달라진다는 것을 알 수 있다. 그리고 Table 3을 이용한 Fig. 5로부터 데이터 트래픽의 우선 순위가 같다면 처리율에 있어서도 비슷한 결과를 얻는다는 것을 볼 수 있다.

그러므로 시뮬레이션 결과로부터 본 논문에서 제안하는 방법으로 반도체 장비에서 발생하는 데이터 트래픽의 우선 순위를 결정하여 시스템을 운영하는 것이 가능하다.

### 3. 데이터 우선 순위 구현 방법

아래 Fig. 6은 시뮬레이션 분석으로 얻은 결과를 이용하여 데이터의 우선 순위를 SECS 프로토콜에 적용하여 운영하는 방법을 나타낸다.

각 반도체 장비에서 데이터 트래픽의 우선 순위 변경에 대한 요청 메시지를 호스트 서버로 SECS 통신 규약에 맞추어 보내면 호스트 서버에서는 현재 네트워크의 실시간 트래픽 상황과 각 장비들의 트래픽 상태 정보 등을 반영하여 요청 메시지의 중요성과 시급성에 따라서 장비 들간의 메시지 우선 순위를 결정한다. 해당하는 장비의 우선 순위에 적합한 AIFS값과 CW값을 결정하여 응답 메시지에 포함하여 각 장비에 보낸다. 따라서 각 장비들은 수신된 응답 메시지로부터 새로운 AIFS 값과  $CW_{min}$  와  $CW_{max}$  값을 받아 설정을 변경하여 필요한 데이터를 호스트 서버로 보내게 된다.

그리고 다음 Fig. 7은 본 논문에서 제안한 데이터 트래픽 우선 순위 방법의 실제 구현을 위해서 사용 가능

Table 2. Priority parameters.

	장비 A	장비 B	장비 C	장비 D
트래픽소스 / 우선순위값	cbr	cbr	cbr	cbr
AIFS	2	2	4	5
CW_MIN	7	15	31	61
CW_MAX	15	31	511	1023

Table 3. Priority parameters.

	장비 A	장비 B	장비 C	장비 D
트래픽소스 / 우선순위값	cbr	cbr	cbr	cbr
AIFS	2	3	5	5
CW_MIN	7	15	31	31
CW_MAX	15	31	511	511

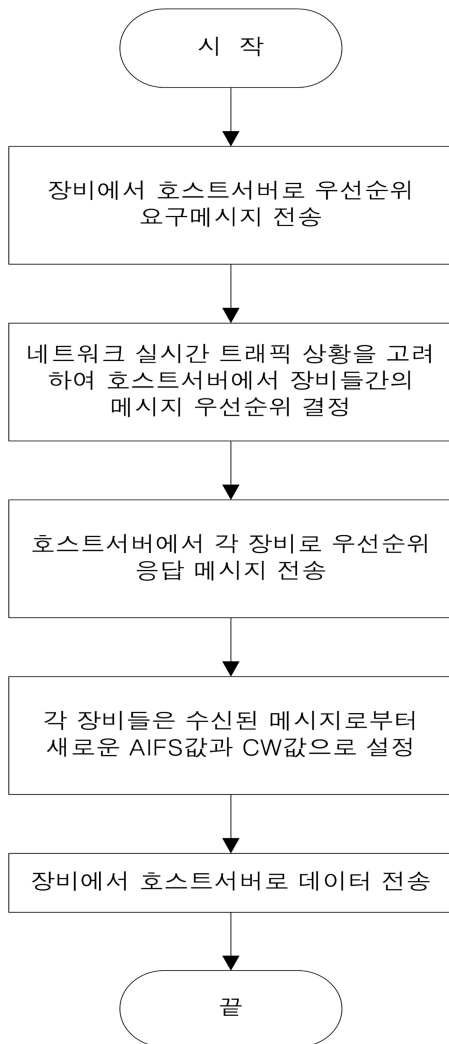


Fig. 6. Exchange of messages for priority.

한 HSMS 구조를 나타낸다. 그림에서 A는 메시지 구조에 대한 전체 길이를 나타내고 4바이트로 이루어져 있다. B는 10바이트의 헤더로서 메시지의 카테고리를 나타내는 Stream번호와 카테고리 내의 특정 메시지를 표시하는 Function번호로 구성되어 있으며 이외에도 장비 식별자와 메시지 식별자 등이 포함되어 있다. C 텍스트 부분은 헤더의 Stream번호와 Function번호에 따라 해당하는 SECS-II 메시지가 구현된다. Stream 번호 중에서 64부터 127까지 Function번호 1부터 255까지 그리고 Stream 번호 1부터 63까지 Function번호 65부터 255까지는 장비에 따라서 필요한 메시지를 사용자가 정의해서 사용할 수 있으므로 데이터의 우선 순위를 이 영역에 있는 Stream 번호와 Function 번호를

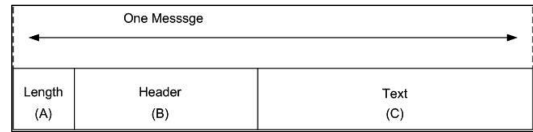


Fig. 7. HSMS structure.

사용하여 C 부분에 SECS-II 형식에 맞추어 AIFS값과  $CW_{min}$  와  $CW_{max}$  값을 전송할 수 있다.

그러므로 위에서 언급한 방법을 이용하여 각 반도체 장비들은 호스트로 보낼 메시지 종류에 따라 필요한 우선 순위를 기존의 SECS통신 규약에 맞추어 구현할 수 있으므로 쉽게 현재의 시스템에 통합하여 사용할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론 및 향후 과제

현재 반도체 제조 공정의 보다 효율적인 운영과 이를 위한 반도체 장비의 자동화로 인해 장비에서 발생되는 데이터의 종류와 양이 대단히 빠르게 증가하고 있다. 이러한 데이터들은 반도체 공정을 추적하고 감시하기 위해 호스트 서버에서 안전하게 관리되고 보관되는 것이 필요하다. 그리고 특정한 반도체 장비에서 발생된 데이터 중에는 다른 반도체 장비에서 발생된 데이터에 비해 상대적으로 높은 우선 순위를 갖고 호스트 서버로 전송되어 반도체 제조 공정에 관한 필요한 일들이 빠른 시간 내에 적절히 처리되는 것이 요구 된다.

그러므로 이와 같은 반도체 제조 공정의 요구 사항을 위해 본 논문에서는 무선 랜 환경에서 IEEE 802.11e가 제공하는 4개의 차별화된 액세스 카테고리를 이용하는 방법을 시뮬레이션 결과를 통해 보여 주고 있고 또한 이를 실제 데이터 트래픽에 적용하기 위해 반도체 장비에서 사용하는 통신 규약인 SECS 프로토콜에서 구현하는 방법을 제시하고 있다.

앞으로 데이터 우선 순위방법을 웹 기반 반도체 장비 통신 프로토콜인 Interface A에서 구현 하는 연구가 필요하며 각 반도체 장비로부터 발생되는 메시지 우선 순위를 위해 적합한 AIFS값,  $CW_{min}$  와  $CW_{max}$  값을 분석하여 낮은 순위의 데이터가 지나치게 희생되지 않고 전체적인 데이터 처리율을 높일 수 있는 우선 순위 파라미터값을 구하는 것도 필요하다. 그리고 메시지의 종류에 따라 미리 우선 순위 등급을 표준화한다면 호스트 서버는 각 반도체 장비에서 발생된 메시지에 대한 등급을 쉽게 결정하여 시스템을 원활하게 운영할 수 있을 것이다. 또한 특정한 지연 시간 내에 호스트 서버로 메시지를 전달하는 것이 요구될 경우 이를 충

족시켜 줄 수 있는 방법으로 반도체 장비에 데이터를 주기적으로 전송할 수 있는 기회를 제공하는 폴링 방법에 대한 연구도 필요하리라 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2011학년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구하였음

### 참고 문헌

1. Balachandran, A., Voelker, G. M., Bahl, P., and Rangan, V., "Characterizing User Behavior and Network Performance in a Public Wireless LAN," In the Proceedings of ACM SIGMETRICS'02. Marina Del Rey. June, 2002.
2. S. Mangold, S. Choi, P. May, O. Kein, G. Hiertz, and L. Stibor, "IEEE 802.11e Wireless LAN for quality of service", European Wireless, pp.32 -39 2002.
3. Lu Yang, "P-HCCA: A New Scheme for Real-time Traffic with QoS in IEEE 802.11e Based Networks," APAN Network Research Workshop 2004.
4. ShinHyoun Lee and Chuck Yoo, "Hop-Based Priority Technique Using 802.11e for Multimedia Streaming," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 56, No.1, Feb. 2010.
5. SEMI Equipment Communication Standard Message 1 Transfer(SECS-I), SEMI E4-0699, 1999.
6. SEMI Equipment Communication Standard Message 2 Content(SECS-), SEMI E5-1102, 2002.
7. Generic Model for Communications and Control of Manufacturing Equipment, SEMI E30-1000, 2000.
8. High-Speed SECS Message Service(HSMS) Generic Services SEMI E37-0702, 2002.
9. <http://www.cimetrix.com>
10. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
11. <http://www.tkn.tu-berlin.de/>

접수일: 2012년 11월 12일, 심사일: 2012년 11월 26일,  
 게재확정일: 2012년 11월 30일