

# 반도체 스퍼터 공정에서 CTC와 단위기기의 SECS 프로토콜 적용으로 실시간 자료 전송 해석

조성익    김정호  
 한밭대학교    정보통신전문대학원  
 컴퓨터공학과  
 sejo@autoware.kr    jhkim@hanbat.ac.kr

## Analysis of Real Data Transmission for SECS Protocol between CTC and System Unit in Semiconductor Sputter Process

Sung-euy Jo    Jeong-Ho Kim  
 Dept of Computer Science, Hanbat National University

### 요 약

산업공정에서 공정 정보처리의 극대화를 위하여 PLC, 로봇 등의 여러 프로그램식 단위제어기가 네트워크로 연결되어 운영되고 있다. 대부분이 RS232C와 고유 장비의 전송절차에 의해 수행되어 왔지만, ISO 등에서는 반도체공정에 적용을 위한 SECS에 대한 프로토콜을 표준화하였다. 본 연구는 반도체 스퍼터 공정에 PLC, 로봇, 반송장치의 연결에 SECS-II를 적용하고, HSMS를 활용하여 TCP/IP와 Host를 연결하여 계층구조의 네트워크를 운영하였다. 전송 메시지 type을 stream과 function으로 나누어 송수신 확인과 데이터 전송절차를 설정하여 공정이 정상적으로 운영됨을 확인하였다.

### 1. 서론

산업공정에서 컴퓨터의 도입은 자동화의 발전을 이루었으며, 공정의 PLC, 로봇 등의 여러 단위제어기들은 네트워크 기술을 적용하여 생산의 효율성과 융통성을 향상시키고 있다. 반도체 생산라인은 반도체의 집적도가 높아지면서 생산장비 및 시설에 지속적인 자동화가 전개되어 각 반도체 제조와 장비사이의 통신이 필요하다.

ISO의 SEMI (Semiconductor Equipment Materials International)에서는 각 장비간의 통신을 위한 SECS(SEMI Equipment Communications Standard) 규약을 제안하여, 반도체 제조 장비의 통신에 적용토록 권고하였다. SECS는 반도체 장비간의 복잡한 공정을 원활히 수행하여 반도체 장비의 성능을 향상시킬 수 있다. SECS는 Message 전송을 담당하는 SECS-I과 Message를 만족시키기 위한 SECS-II로 나누어진다. SECS-I은 RS-232C통신을 위한 규약을 권고하며, SECS-II는 SECS-I을 이용해서 장비와 장비간, HOST와 장비간의 메시지 전송을 만족시키기 위한 메시지 형식을 권고한다.

반도체 생산 공장도 많은 발전을 거듭하면서 한 생산라인에 많은 장비들의 관리에 HOST와 반도체 공정 장비들과 RS-232C 통신을 기반으로 하는 SECS-I Protocol은 부적합하게 되었다. 이에 따라 본 연구는 반도체 스퍼터

공정에서 하부 PLC, 로봇 등의 단위기기는 SECS-II로 연결하고, 상위계층의 Host와는 HSMS(High-Speed SECS Message Service)를 사용하여 TCP/IP 프로토콜을 적용한 계층구조의 시스템을 구축하였다. 구축된 시스템에서 SECS-II와 PLC간의 Message 형태와 길이를 조정된 동기방식의 효율적인 데이터 전송절차를 해석하였다.

### 2. SECS 프로토콜

#### 2.1 특성

SECS-I 표준은 반도체 제조 공장에서 장비를 서로 연결하기 위한 컴퓨터와 컴퓨터간의 통신 프로토콜을 정의한다. SECS-I은 다음과 같은 특징을 가진다.

- Point To Point, Multi Point, Loop에 대비한다.
- RS-232C, RS-422, IEEE488등의 사용이 가능하다.
- 비동기 및 송신자와 수신자 사이에 동기적으로 동작한다.
- 충돌을 피하기 위하여 전이중 방식을 이용한다.

SECS-II는 SECS-I 이외의 프로토콜들과 함께 사용될 수 있다. TCP/IP를 지원하는 HSMS사용해서도 구현이 가능하다. SECS-II는 다음과 같은 중요한 부분들이 있다.

- Data Item Formats : 개개의 자료 항목들(필드)의 포맷을 정의한다. 정수 자료를 위한 특정한 포맷을 포함

- 해서 Floating-Point, List 등의 type 등이 사용된다.
- 표준 자료 항목 정의 : 이것은 특정한 목적에 적합하도록 일정한 자료 항목들을 정의한다.
  - 표준 메시지 구조 : 이것은 특정한 Stream 그리고 함수 부호들의 사용자를 정의한다.

2.2 계층

SECS-I, II와 사용자 응용 프로그램의 계층 구조를 (그림 1)에 나타내었다.

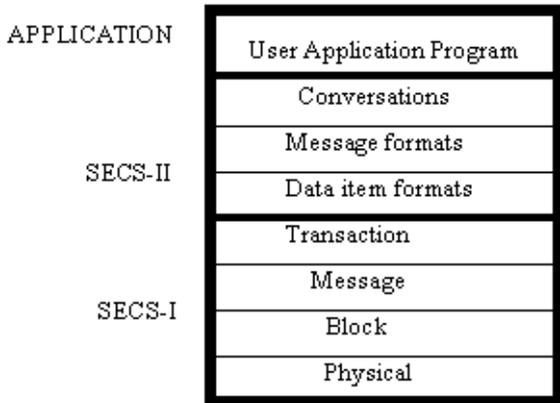


그림 2. SECS-I, II의 계층 구조

2.2.1 SECS-I 계층

- 1)Physical Layer : 이 계층은 물리적인 연결을 전기적 특성을 정의한다.
- 2)Block Layer : 이 계층은 블록 또는 패킷 포맷 그리고 하나의 전송을 위한 프로토콜을 정의한다. 즉 Master/Slave규격, 라인 명령, 충돌발견, checksum 검사, 문자의 타임아웃, 블록 프로토콜 타임아웃, 오류 재시행의 한계 등의 기능을 수행한다.
- 3)Message Layer : 이 계층은 전송과 수신을 위한 몇몇의 블록들로 정의된다. 이 층은 블록 타임아웃 사이에 포함된다. SECS 블록 헤더는 이 계층에 의해서 프로세스 된다.
- 4)Transaction Layer : 이 계층은 응답에 관계되는 메시지에 대응하기 위한 주요한 메시지를 정의한다. 이 계층은 트랜잭션 타임아웃을 포함한다. SECS 블록 헤더는 이 계층에서 프로세스 된다.

2.2.2 SECS-II 계층

- 1)Data Item Formats : ASCII, Integer, Floating-point, 기타 등의 Data Format을 선언한다. 바이트 길이는 이 자료 항목 안에 포함하고 있는 자료의 길이를 열거하는 Unsigned 2진법 수를 포함하고 있다. 자료는 0 부터 7,995,144 바이트로 표기한다.
- 2)Message Formats : HOST와 장치 사이의 통신에 사용되

- 는 모든 메시지들을 정의한다. Stream을 호출함으로써 메시지를 할당할 수 있다. 각각의 Stream은 숫자를 지정한다.
- 3)Conversation : Stream에 의한 메시지를 통해서 서로 간의 데이터 통신이 이루어진다.

3 SECS를 이용한 반도체 스퍼터 공정 적용

3.1 네트워크 구성

반도체 공정에서 Wafer 관련 작업 장치로서 Excimer UV장비, loader/unloader의 로봇, PLC 2대로 설정하여 SECS를 적용한다.

(그림 2)에 공정 장치에 대한 구성을 나타내었다.



여기서 UNIT1인 Sputter 장비는 플라즈마를 활용한 Sputter 장비이며, UNIT2 loader/unloader는 ROBOT를 이용하여 웨이퍼가 장착된 Cassette에서 웨이퍼를 한장씩 Sputter 장비에 공급하고, 공정이 완료된 웨이퍼를 Sputter 장비에서 다시 Cassette로 이송하는 장치이다. 또한 UNIT1과 UNIT2는 장비 제어를 PLC를 사용하며 UNIT2의 PLC가 Master가 되고 UNIT1의 PLC가 Slave가 된다.

(그림 2)에 제시된 장비의 연결 형태는 (그림 3)과 같다. PLC1과 PLC2 그리고 Robot의 접속은 Ring형태로 연결되며, Wafer Sputter 공정을 위해서 GAS를 Chamber내로 유입시키고 플라즈마를 통해서 Sputter 공정을 정해진 시간 동안 수행하는 것과, Sputter 공정이 완료된 후 Sputter 모듈에서 정확하고 주어진 시간내에 wafer를 빼내어 cassette에 이송해야 하므로 장치간 데이터의 실시간 통신과 Host와의 SECS Protocol에 의한 정확한 데이터 전송이 요구된다.

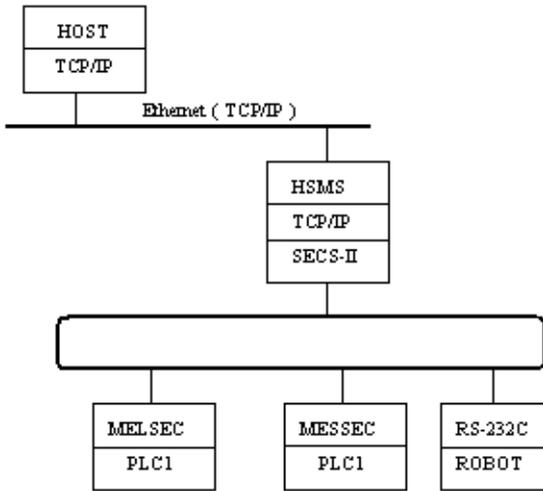


그림 3. Wafer이송 관련 작업 장치들의 구성 형태

3.2 전송 형태와 메시지

HSMS(High-speed SECS Message Services) 적용은 SEMI E37-95 HIGH-SPEED SECS MESSAGE SERVICES(HSMS) GENERIC SERVICES 및 SEMI 37.1-95 HIGH-SPEED SECS MESSAGE SERVICES SINGLE-SESSION MODE(HSMS-SS)의 권고 규격을 기준으로 구성하였다.

물리적 연결에서 프레임 유형은 IEEE 802.3u FasEthernet(100Mbps)이며 커넥터는 RJ-45(8pin)를 활용하여 Ethernet Media로 100Base TX(Twisted Pair)를 사용한다.

HSMS Message Format과 Heater / Type은 다음과 같다.

○Message Format

Number of Bytes	Description
4 Bytes	Message Length. MSB First.
10 Bytes	Message Header
0-n Bytes	Message Text

○Message Header : Ptype은 항상 0(SECS-II Encoding)을 사용한다.

Byte	Description
0-1	Session ID (Device ID)
2	Header Byte 2
3	Header Bte 3
4	Ptype
5	Stype
6-9	System Bytes

○Stype에서 설정 가능한 값은 아래와 같다.

Value	Description
0	Data Message
1	Select req
2	Select rsp
5	Linktest req
6	Linktest rep
9	Separate req

4. SECS적용 반도체 공정 운영 구성에 따른 해석

4.1 Message Type

Message는 Stream과 Function으로 나누어진다. (표 1)에서 F(1차)는 송신 명령이고 1차에 대한 응답이 2차의 function이 된다. S1F1 명령은 통신을 처음 연결하기 위한 초기화 명령인데, S1F1을 송신하면 수신측에서는 확인을 위해서 S1F2를 다시 송신하게 되며, 이로서 통신 가능 상태가 된다. SECS-II 의 메시지는 송신측에서 수신자가 수신 여부를 반드시 송신하도록 하고 있다. 따라서 일방적으로 계속해서 송신하거나 수신하지는 않고, 송신 후 수신측이 정상적으로 수신하였는지의 여부를 확인 후 응답함으로써 통신상의 에러를 최소화하여 정확한 데이터를 송수신이 이루어지도록 구성된다. S5F1에 의해서 전해진 Alarm 데이터가 공정장치에서 HOST에게 송신되고 HOST는 Alarm 데이터 수신 여부 확인을 위해서 S5F2 SECS-II 메시지를 송신한다.

표 1. Stream/Function 간략한 리스트

S	F(1차)	F(2차)	1차 통신방향	내용해설
1	1	2	E ↔ H	통신 구성을 초기화하기 위한 명령
5	1	2	E ↔ H	Alarm 데이터 송신
6	3	4	E ↔ H	공정 데이터 송신
6	11	12	E ↔ H	이벤트 데이터 송신

(표 2)는 반도체 공정 장비가 Host와 통신을 재개하기 위하여 행해지는 메시지 전송에 따른 순서를 표기한 표이다. 장비 운영자가 장비 제어용 모니터에서 ON-LINE 버튼을 누르면 HOST에 S1F1을 전송하면, Host는 다시 S1F2를 장비에 전송함으로써 ON\_LINE이 형성된다. 이후 장비는 장비 상태를 ON-LINE로 수정한 후 장비 상태를 HOST에 S6F11의 메시지와 함께 이벤트 자료를 전송하고, Host가 F6F12로 응답하면, 장비의 날짜와 시간을 Host에 전송하여 장비의 시간과 HOST 시간을 동기화 시키면서 ON-LINE 초기화가 종료된다. (표 3)은 Host에서 통신 재개를 위해서 S1F1명령을 장비에 송신하고 장비는 S1F2를

전송하며, 그 이후는 (표 2)와 동일한 방법으로 이루어진다.

표 2. 장비에서 On-Line 초기화 과정

Comments	Equipment	HOST	Comments
Online Request	S1F1 →	← S1F2	Online Data
Event Report [Change to Online]	S6F11 →	← S6F12	Event Report Ack.
Data and Time Request	S2F17 →	← S2F18	Data and Time Data

표 3. HOST에서 On-Line 초기화

Comments	Equipment	HOST	Comments
Online Request	S1F1 →	← S1F2	Online Data
Event Report [Change to Online]	S6F11 →	← S6F12	Event Report Ack.
Data and Time Request	S2F17 →	← S2F18	Data and Time Data

4.2 데이터 전송절차

(그림 4)는 Sputter 공정을 위한 장비와 HOST간에 이루어지는 메시지 처리를 나타내고 있다. 장비 운영자가 PLC 모니터의 ON-LINE 버튼을 누르면, 이 명령은 SECS PC에 전달되고 SECS PC는 Host에 통신 재개를 위한 S1F1 메시지를 송신하여 연결을 시도하고, Host는 S1F2 메시지를 통해서 승인하게 된다. SECS PC는 PLC에 ON-LINE 모드 변경을 승인하면, PLC는 모드를 변경하고 장비 상태를 SECS PC에 보고하게 되며, SECS PC는 S6F11 메시지에 장비의 상태 데이터를 HOST에 송신하고 HOST는 S6F12로 응답한 후 S3F41이 메시지를 SECS PC에 송신하여 공정 시작을 명령한다. SECS PC는 PLC에 공정 시작 명령을 하달하고 PLC는 공정 시작 준비가 되었음을 SECS PC에 전송한다. SECS PC는 HOST에 S3F42 송신하여 HOST에게 공정이 시작되었음을 알림과 동시에 PLC에 공정시작 명령을 하달한다.

PLC는 공정을 수행하게 되고 공정이 완료된 후 SECS PC에 공정 완료를 알린다. SECS PC는 S6F11 메시지를 통해서 공정 종료와 함께 공정 관련 자료를 HOST에 송신하게 되고, HOST는 S6F12로 응답하게 된다. SECS PC는 PLC에게 공정 완료 메시지를 HOST에게 통보되었음을 알리게 되어 한번의 공정이 완료되게 된다.

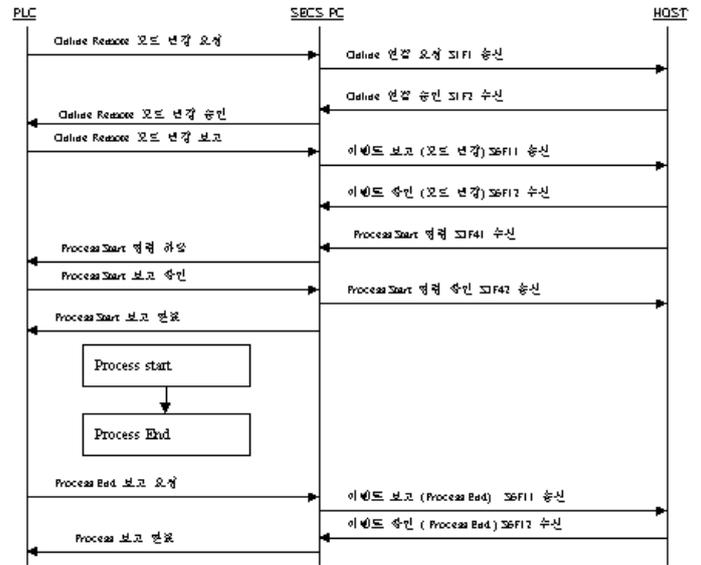


그림 4. 데이터 전송절차의 흐름도

5. 결론

산업공정에서 PLC, 로봇, 반송장치 등의 프로그램식 단위제어기기가 네트워크 기술이 통합되어 운영되고 있다. 대부분 RS232-C 등의 물리계층과 간단한 전송절차에 따라 수행되어왔지만, ISO 등에서 산업용 네트워크의 표준화로 FIB, MiniMAP, SECS 등이 제안되어 Host와 프로토콜차원에서 전송이 수행될 수 있게 되었다.

본 연구는 반도체 Sputter 공정에서 PLC, 로봇 등의 웨이퍼 Sputter 공정에 SECS-II를 적용하였으며, HSMS와 TCP/IP 프로토콜을 적용하여 계층화된 자동시스템을 구축하였다. 특히 HSMS 메시지 type을 Stream과 Function으로 나누어 송수신여부를 확인하도록 하였으며, 데이터 전송절차를 설정하여 공정이 정상적으로 운영됨을 확인하였다. 또한 반도체 공정에 SECS-II와 HSMS를 활용하였고 적용사례를 제시하여 추후 반도체 장비의 network solution 측면에서 운영되고 통합생산시스템으로의 전개가 예상된다.

6. 참고문헌

- [1] Specialists in SECS communication, GW Associates, Inc.
- [2] SEMATECH Metrology specific Equipment Model(MSEM), SEMATECH, 1995. 4.
- [3] SEMI International Standards, 1995, E37 and E37.1
- [4] 이재광, 데이터통신, 2016. 1.
- [5] 김은환, 정보통신과 컴퓨터 네트워크, 2014. 2.
- [6] 김선우, TCP/IP 윈도우 소켓 프로그래밍, 2013. 7.
- [7] 박기현, 데이터 통신과 컴퓨터 네트워크, 2016. 12.