

사물인터넷을 이용한 증착 공정의 개선된 순서제어의 부하 균등의 해석

조성의*, 김정호**, 양정모***

(주)오토웨어 대표*, 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수**, 한국산학연합회***

Deposition Process Load Balancing Analysis through Improved Sequence Control using the Internet of Things

Sung-Euy Jo*, Jeong-Ho Kim**, Jung-Mo Yang***

Autoware Co., Ltd.*

Dept. of Computer Science, Hanbat National University**

Dept. of Business Support, Korea Association of University, Research Institute and Industry***

요 약 본 논문에서는 사물인터넷을 증착 순서 공정에 적용하여 증착 공정을 진행하는 과정의 제어에 온도제어기, 압력제어기, 가스제어기, 입출력 제어기 등 네 가지 종류를 대체하여 개선된 순서제어에 따른 부하균등을 해석하였다. 먼저 증착 설비에서 사물인터넷의 적용 전과 후의 시퀀스 절차를 통해 각각의 기능을 갖는 온도제어기, 압력제어기, 가스제어기, 입출력 제어기로 제어에 필요한 데이터를 전송받아서 개선된 시퀀스 순서대로 실행을 비교하여 순서과정을 제안하였다. 또한, 증착 공정에서 사물인터넷의 도입 전과 후를 비교하면서 증착 공정의 시퀀스 다이어그램을 작성하여 증착공정의 센싱 영역에 대한 부하 균등을 수행하였다. 이를 위해 각 센서입출력을 랜덤 프로세스와 버스트 프로세스 도착으로 모델링하고 CPU 부하와 메모리 부하를 수행한 결과를 도출하였다. 결과적으로 증착설비의 증착 공정에 장비제어기에서 수행하던 일부 기능을 사물인터넷에서 수행함으로써 장비제어기의 부하 균등 조절로 부하를 감소시키고 순서제어의 감소로 신뢰성은 높아지는 결과를 확인하였다. 본 논문을 통해 확인한 바와 같이, 사물인터넷을 증착 공정에 적용하면 설비의 확장 시에도 장비제어기의 부하를 최소화 함으로써 설비의 안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 증착 공정, 사물인터넷, 증착설비, 장비제어기, 부하균등, 순서제어

Abstract In this paper, four types of deposition control processes such as temperature, pressure, input/output(I/O), and gas were replaced by the Internet of Things(IoT) to analyze the data load and sequence procedure before and after the application of it. Through this analysis, we designed the load balancing in the sensing area of the deposition process by creating the sequence diagram of the deposition process. In order to do this, we were modeling of the sensor I/O according to the arrival process and derived the result of measuring the load of CPU and memory. As a result, it was confirmed that the reliability on the deposition processes were improved through performing some functions of the equipment controllers by the IoT. As confirmed through this paper, by applying the IoT to the deposition process, it is expected that the stability of the equipment will be improved by minimizing the load on the equipment controller even when the equipment is expanded.

Key Words : Deposition Process, Internet of Things, Deposition Equipment, Equipment Controller, Load Balancing, Sequence Control

Received 23 October 2017, Revised 30 November 2017
Accepted 20 December 2017, Published 28 December 2017
Corresponding Author: Jeong-Ho Kim
(Hanbat National University)
Email: jhkim@hanbat.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 연구의 개요

사물인터넷(Internet of Things)의 상호운용 범위는 휴대용 스마트기기나 개인용 컴퓨터와 함께 센서, 구동기 등을 포함한 다양한 산업용 설비에서 사물인터넷과 연결되고 상호운용 될 것이다[1, 2]. 본 논문에서는 이러한 사물인터넷의 센서의 호환성을 활용하여 증착 공정의 부하와 순서제어 과정을 수행함으로써 공정을 최적화하기 위한 개선된 순서제어와 부하 해석을 수행한다.

웨이퍼를 진공 챔버에 넣고 가열하는 등의 증착 공정을 수행하기 위해서는 온도제어기, 압력제어기, 가스제어기, 입출력제어기 등 다양한 제어기의 역할이 필요하며, 이러한 제어기들은 상호 간에 필요한 데이터를 교환하며 증착 공정을 진행한다[3]. 사물인터넷을 통해 증착 공정 과정에서 발생하는 순서제어가 간략화 되고, 부하를 균등하게 조절하고 제어함으로써 증착 공정의 신뢰성을 제고할 수 있다. 사물인터넷을 이용한 증착 공정 부하 균등의 설계와 해석을 통해 증착 순서 공정을 최적화함과 동시에 사물인터넷의 산업분야 활용도를 실질적으로 확산할 수 있는 계기를 제공하고자 한다.

2. 사물인터넷을 이용한 증착 공정 해석

2.1 증착 설비와 사물인터넷 구성

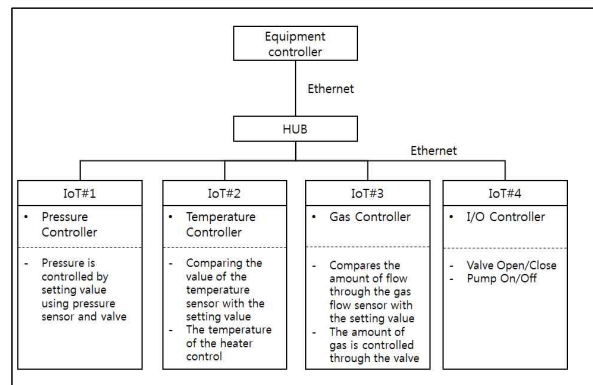
증착설비는 웨이퍼를 진공 챔버에 넣고 가열한 후 적절한 가스를 주입하여 가스의 화학반응을 통해서 가열된 웨이퍼에 용도에 따른 특정물질을 증착하도록 만든 설비이다[4, 5]. [Fig. 1]에서 왼쪽은 장비 전체이며, 오른쪽은 챔버 내부를 보여주고 있다.



[Fig. 1] Deposition equipment

증착 공정의 구성은 가스를 챔버 내부로 흐르게 하는 장치와 챔버 내부에 동등하게 펼쳐지도록 하는 샤워헤드가 상부에 설치되고, 하부에는 웨이퍼를 안착시킬 수 있는 히터 블록이 설치된다. 이러한 증착 공정은 가스를 챔버로 분사하는 과정을 통해 화학 반응을 일으킴으로써 웨이퍼에 특정 물질을 증착시키는 공정이다[6].

[Fig. 2]는 증착 공정제어를 위해 압력제어기, 온도제어기, 가스제어기, 그리고 입출력제어기에 사물인터넷을 도입한 구성됨을 나타내었다.



[Fig. 2] Connection design of the equipment controller and Internet of Things

구성된 사물인터넷과 데이터를 실시간으로 주고받으면서 수집된 센싱 데이터에 따라 증착 공정의 개선된 제어 순서를 설정하고, 이 제어 시퀀스에 따라 적합한 사물인터넷에 필요한 센싱 데이터를 전송하고, 해당 사물인터넷이 특유의 제어 기능을 수행하도록 구성한다.

[Fig. 2]에서 압력제어기는 사용자가 지정한 압력을 진공 챔버의 압력에 적용하여 진공 게이지 센서로부터 진공도를 받아들이어 사용자가 지정한 압력과 비교하게 된다. 이에 따라 펌프 밸브를 조절하여 챔버의 압력을 일정하게 유지하게 된다. 이 과정에서 압력의 변화를 일정하게 유지시킴과 동시에 웨이퍼의 균일한 증착으로 사물인터넷 센싱으로 제품의 균일도를 유지하여 제품의 질을 개선시킬 수 있다[7].

온도제어기는 사용자가 설정한 온도로 챔버 안에 설치된 히터의 온도를 유지한다. 즉 현재 온도 값을 설정 값과 비교하여 히터에 공급되는 전기량을 조절이 가능한 사물인터넷 센싱 온도를 유지하여 증착되는 물질의 표면 규칙적인 증착이 수행될 수 있다. 이에 따른 순서제어의

개선이 수행되었다.

가스제어기는 가스의 양이 시간당 일정하게 지속적으로 공급하여 챔버의 압력 가변도를 유지시켜 사물인터넷 센싱으로 입출력제어기로 전송한다. 즉 압력은 유입되는 가스의 양과 펌프에 의해서 배출되는 가스의 양을 동일하게 유지하는 개선된 순서제어를 수행하게 한다. 입출력제어기는 장비제어기에 연결된 압력, 온도, 가스센서의 사물신호에 따라서 펌프의 가동여부나 밸브의 개폐기능을 순서에 따라 수행하게 된다. 따라서 증착 공정이 진행되고 장비 제어기는 개선된 순서제어에 따라 사물인터넷과 통신을 수행함으로써 장비 제어기 부하를 줄이는 효과가 발생하게 된다.

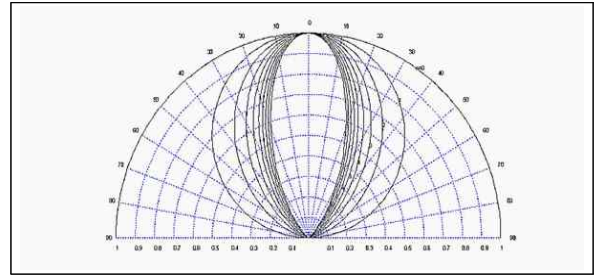
따라서 증착준비 과정에서는 웨이퍼를 챔버 안에 넣고 진공상태를 유지하는 순서로, 증착진행은 일정한 압력과 가스의 반응을 통한 증착이 이루어지는 과정의 순서로 설정한다. 증착종료는 증착이 완료된 후 온도를 낮추고 챔버 내부의 압력을 대기압으로 유지시키게 한다. 증착설비의 사물인터넷을 적용한 증착 공정에 대한 개선된 순서제어 진행과정을 <Table 1>에 나타내었다.

<Table 1> Process of deposition stage

| No | Division | Process |
|----|----------------------------|--|
| 1 | Preparation for deposition | 1) Wafer chamber input 2) Make vacuum |
| 2 | Deposition progress | 1) Raise the temperature to the set temperature. 2) Gas shed as much as the set value. 3) The set value control the pressure. 4) The deposition proceeds for a predetermined time. |
| 3 | Deposition termination | 1) Stop Gas. 2) Lower the temperature by turning off the heater. 3) When the temperature reaches the atmospheric temperature, the chamber is set at atmospheric pressure by flowing Gas. 4) The wafers that have undergone the deposition process are taken out of the chamber. |

2.2 증착 공정 해석

증착분포는 증착방향에 따른 증착속도의 과정으로 L. Holland, W. Steckelmacher 이 제안한 증착방향에 따른 상대적인 증착속도를 [Fig. 3]에 나타내었다[8].



[Fig. 3] Relative deposition rate of the deposition direction

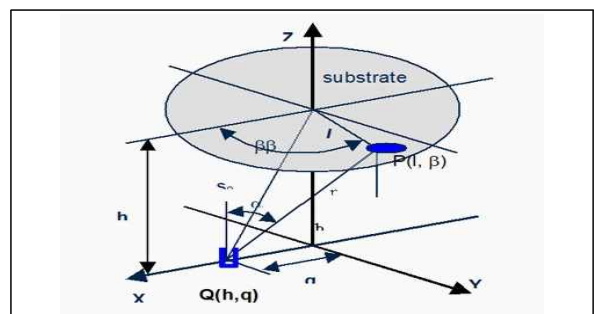
[식 1]에서 $m()$ 은 증발원의 수직에서 랜덤한 각으로 증발되는 물질량이고 m_0 은 0 일 때의 증발량이다[9]. n 은 증발조건과 증착원의 형태에 따라서 가변적인 상수로, 증발 물질의 이방성 규모를 나타낸다.

$$m(\alpha_{x,y}) = m_{\alpha(0,0)} \cos^n(\alpha_{x,y}) \quad (1)$$

점 증착원을 활용할 경우 n 값에 따라 증착의 형태와 증착속도가 가변적이므로 n 값을 정확히 산출할 수 있다면 증착효율과 증착 박막의 두께를 추정할 수 있다. 실험적으로 이러한 n 값은 점 증착원으로 부터의 증착 박막 두께 분포를 계산하여 [식 2]를 구할 수 있다.

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n \ln m_{x,y}}{\sum_{i=1}^n \ln \cos \alpha_{x,y}} \quad (2)$$

점 증착원의 n 값을 알면 Fig. 4에서 증착원의 위치인 Q 를 이미 알고 있는 경우라면, 증착면 P 에서의 박막의 두께는 cosine 함수로 표현할 수 있다. [Fig. 4]에서 β , l 은 기판 중심과 증착원의 직선과 측정점 간의 각도와 기판 중심에서의 거리이다. 여기서 b , h , q 는 증착원 간의 경사각, 기판과 증착원과의 높이, 중심에서의 거리이다.



[Fig. 4] A schematic diagram for the case of deposition from the deposition source Q to the substrate position

[Fig. 4]에서 기관위의 특정한 위치 P에서의 박막 두께는 [식 3]으로 표현된다.

$$t = \iiint_{t,s,\beta} \frac{\Gamma s d\beta ds}{\pi \rho} \frac{h^2}{r^4} dt \tag{3}$$

$$= \iint_{t,s} \frac{2\Gamma h^2}{\rho} \frac{h^2 + l^2 + q^2}{[(h^2 - l^2 + q^2)^2 h + (2lh)^2]^{\frac{2}{3}}} q dq dt$$

<Table 2>는 장비제어기와 사물인터넷 간에 전송되는 제어기별 주요 센싱 데이터를 나타내었다.

<Table 2> Controls transmitted between controller and IoT

| Division | Transfer to equipment controller | Receive from equipment controller |
|-------------------------------|--|--|
| Pressure Controller (IoT1) | <ul style="list-style-type: none"> - Pressure inside the chamber - Current controlled pressure - Difference between current pressure and setting pressure | <ul style="list-style-type: none"> - Initialization command - Pressure to control |
| Temperature Controller (IoT2) | <ul style="list-style-type: none"> - Current temperature - Target temperature - Difference between current temperature and target value | <ul style="list-style-type: none"> - Initialization command - Temperature to control |
| Gas Controller (IoT3) | <ul style="list-style-type: none"> - Current gas flow rate - Difference between current flowing amount and target value | <ul style="list-style-type: none"> - Initialization command - Gas to be shed |

3. 사물인터넷을 이용한 증착 공정 해석

증착 공정에 사물인터넷의 적용 전후를 비교하기 위해 각종 제어기의 정보도착 프로세스를 모델링하고 이를 통해 부하균등의 해석하고자 한다. 각각의 사물인터넷 정보의 수신은 센싱 별로 수행한 MathLab의 결과로써 event_load를 가지며 포아송 프로세스에 의해 생성된다. 여기서 event_load는 IoT 센싱의 입력 파라미터이며 그 값은 0과 1 사이에 분포한다. event_load는 임의의 타임 슬롯에 이벤트가 발생할 확률이고 (1-event_load)는 이벤트가 발생하지 않을 확률이다[10].

증착 공정에 적용된 사물인터넷은 정규화 적용에 따라 CPU 자원량($C_{Vn}^T(t)$), 메모리 자원량($M_{Vn}^T(t)$)을 사물인터넷에 할당되어지고, 사용 가능한 자원의 총량을 나타낸다. 사물인터넷이 사용 중인 경우, 사물인터넷은 사용 중 자원량($C_{Vn}^U(t)$, $M_{Vn}^U(t)$) 정보를 가지게 된다. 여기서 M, C는 각각 메모리, CPU를 의미하며, 네트워크의 자원은 TCP/IP 연계로 본 논문에서는 고려하지 않는다. 따라서 증착 공정의 운영 측면에서 시스템 자원으로 설정한 CPU, 메모리 총 자원량($C_{Hm}^T(t)$, $M_{Hm}^T(t)$)과 사물인터넷 센싱의 사용 중인 자원량($C_{Hm}^U(t)$, $M_{Hm}^U(t)$) 정보를 가지며, 호스트 0에서 호스트 m까지 모든 호스트는 [식 4], [식 5]와 같이 동등한 규모의 자원을 할당 받게 된다.

$$C_{H1}^T(t) = C_{H2}^T(t) = \dots = C_{Hm}^T(t) \tag{4}$$

$$M_{H1}^T(t) = M_{H2}^T(t) = \dots = M_{Hm}^T(t) \tag{5}$$

증착 공정에서 사물인터넷 센싱에서 규정된 범위를 초과하는 경우, 버스티 프로세스 모델로 적용하여 시뮬레이션을 수행한다. MathLab에서 사용자의 입력값은 군집성 C2의 값과 이벤트의 부하량, 그리고 정보의 정상과 이상은 타임 슬롯마다 이벤트를 발생할 확률인 a로 표현된다. 타임 슬롯의 이벤트 발생확률인 a의 값에 따라 이벤트 손실률, Input과 Output의 링크 이용률, 이벤트 지연 등이 변경된다. 따라서 파라미터의 값을 다양하게 설정해 사물인터넷 센싱의 버스티 특성을 해석할 수 있다.

또한 사물인터넷 간의 비교 과정 수행 시 사물인터넷의 총 자원량은 서로 상이하기 때문에 MathLab 설정에 근거하여 절대치에 의한 공통적인 지표표를 활용한다. 공통적인 지표표를 활용하는 이유는 이를 척도로 상이한 단위의 자원을 비교하는데 용이하기 때문이다. 따라서 사물인터넷의 메모리와 호스트 CPU로 척도 자원량(C_{Vn}^s , M_{Vn}^s)을 정의하고 상호 간의 비교를 위한 공통 척도의 역할은 척도 자원량이 수행하게 된다. 사물인터넷 척도 자원량은 [식 6]과 [식 7]과 같이 C_{Vn} , M_{Vn} 의 최대값으로 정의한다.

$$C_V^S = \max(C_{Vn}) \quad (6)$$

$$M_V^S = \max(M_{Vn}) \quad (7)$$

자원사용의 부하 균등을 위해 [식 8], [식 9]와 같이 절대 척도값(C^{Ab} , M^{Ab})을 정의한다. 절대 척도값은 공통 척도로써 자원으로 할당한 사물인터넷의 메모리와 호스트 CPU 간의 상호 비교에 공통적으로 사용할 수 있다.

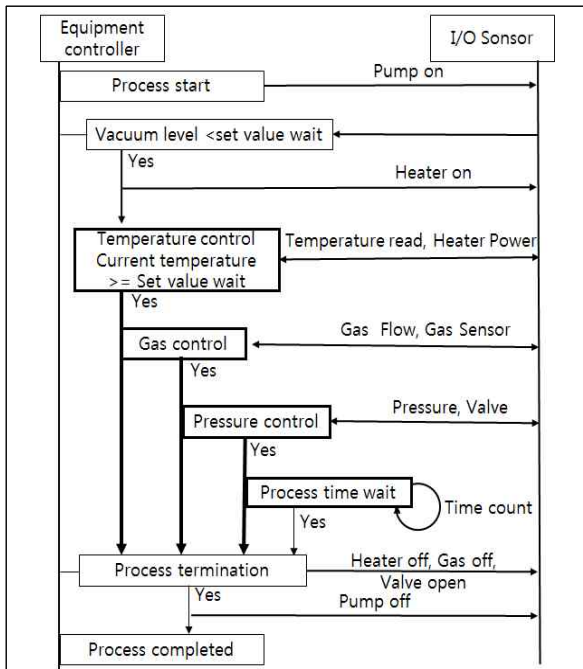
$$C^{Ab} = C^U / C^S \quad (8)$$

$$M^{Ab} = M^U / M^S \quad (9)$$

4. 증착 공정 운영 구성에 따른 해석

4.1 사물인터넷을 적용 전의 시퀀스에 전송 절차

[Fig. 5]는 사물인터넷을 사용하기 전 공정 데이터 전송의 제어 시퀀스를 나타내었다. 사물인터넷을 사용하기 전 공정 데이터의 전송 제어 시퀀스는 사물인터넷과의 데이터를 전송 없이 각종 센서들과의 인터페이스를 통해서 제어를 진행한다.

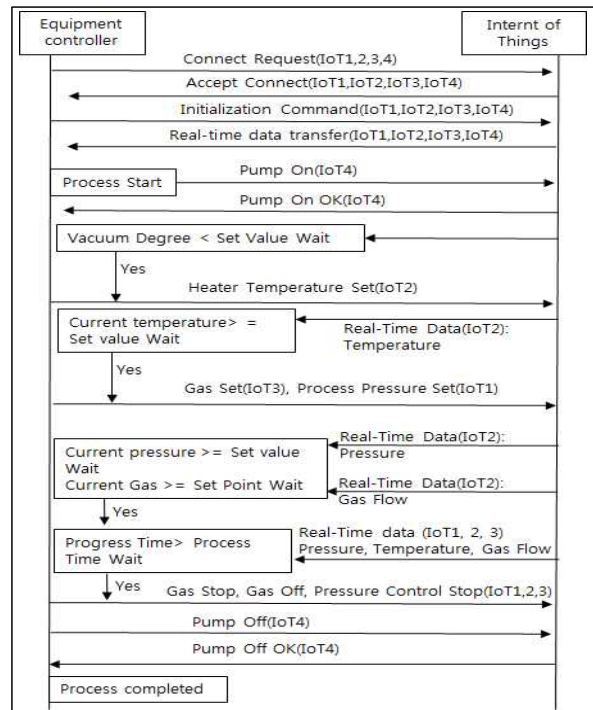


[Fig. 5] Data transfer procedure in the Deposition process

[Fig. 5]에서 증착 공정이 시작되면 펌프의 on 신호를 통해 챔버의 진공이 설정치과 일치할 때까지 대기한 후 온도제어기의 신호에 따라 현재온도가 설정치와 일치할 때까지 다시 대기하게 순서제어를 반복하게 된다. 또한 온도제어기는 공정이 끝날 때까지 반복적으로 온도를 제어하게 된다. 공정을 위한 온도에 적합한 수치에 도달하면 [식 2]로 적용한 가스제어기와 압력제어기를 가동하여 가스와 압력을 제어한다. 따라서 온도, 가스, 압력제어기는 센싱 역할에 적합한 제어 기능을 지속적으로 유지하게 된다. 이러한 대기시간과 순서제어의 반복과정으로 인해 장비제어기는 부하가 증가하고 신뢰성과 안정성이 낮아질 가능성이 발생할 수 있다.

4.2 사물인터넷을 적용 전의 시퀀스에 전송 절차

[Fig. 6]은 증착 공정 진행과정에 따른 사물인터넷을 적용한 후 공정 프로세스에 따라 증착 공정을 수행하기 위한 데이터의 전송 과정을 나타내었다.



[Fig. 6] Data transfer procedure of controller and IoT

증착 공정을 개시하기에 앞서 사물인터넷은 장비제어기 측에 자신의 상태를 연결과 동시에 전송하여야 한다.

이는 장비제어기가 증착설비의 상태를 파악하기 위해 각각의 사물인터넷에 대한 상태를 사전에 파악해야 하기 때문이다. 사물인터넷이 상호운용이 가능한 상태가 되면 장비제어기는 초기화 신호를 송신하고 사물인터넷은 자신의 제어기를 초기화하여 준비 상태로 전이한 후 자신의 상태를 장비제어기에 전송하여 설비의 상태를 장비제어기가 동시에 센싱을 수집함으로써 순서제어과정의 대기 시간이 줄어든다.

장비제어기와 각각의 사물인터넷이 연결되면 웨이퍼를 넣고 챔버를 닫은 후 [Fig. 6]의 데이터 전송 절차에 따라 데이터를 송수신하면서 증착 공정을 진행할 수 있다. <Table 3>은 입출력 제어 IoT, 압력제어 IoT, 가스 제어 IoT, 온도제어 IoT에 속한 사물인터넷의 입출력 센서를 나타내었다. 이러한 IoT 제어기들은 입출력 센서를 통해서 증착 장비의 공정을 실행한다.

<Table 3> Input/Output sensors of IoT Implementation

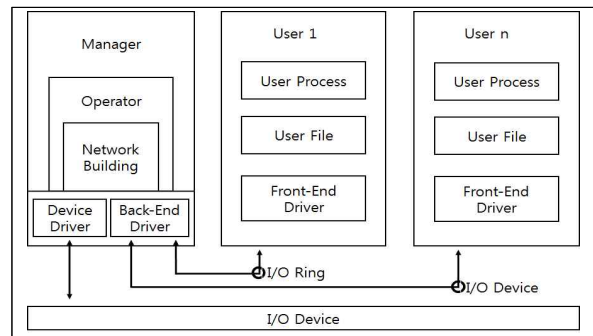
| Division | Input Sensor | Output Sensor | Range |
|-------------------------------|--|--|--|
| Input Controller (IoT1) | - Chamber pressure read | - Pressure valve control | - Pressure : 0.0001 ~ 760 Torr - Pressure Valve: 0 ~ 100% |
| Temperature Controller (IoT2) | - Control temperature read - Monitor temperature read | - Heater power control | - Temperature : 25 ~ 900°C - Power: 0 ~ 100% |
| Gas Controller (IoT3) | - Ar gas read - O2 gas read | - Ar gas valve control - O2 gas valve control | - Ar, O2 Gas: 0 ~ 200 Scm - Gas Valve : 0 ~ 100% |
| I/O Controller (IoT4) | - Door open sensor - Pump on/off status | - Pump on/off | - on/off - open/close |

구성은 압력제어 IoT1, 온도제어 IoT2, 가스제어 IoT3, 그리고 입출력 제어 IoT4로 구성되며, 이 구성에 따라 증착공정 전, 증착공정, 증착공정 후로 단계적인 개선된 순서제어 절차에 따라 수행한다. 장비제어기는 챔버를 진공상태로 만들기 위해 IoT4에 명령하여 진공펌프를 가동하게 되고 진공펌프 가동이 확인되면 챔버가 정

해진 압력에 도달하게 된다. 진공수치가 적절한 압력에 도달하면 사용자가 지정한 온도 값 신호를 송신하여 적절한 온도에 도달하게 된다. 지정한 온도에 도달하면 IoT1와 IoT3에 각각 입력 설정치와 가스의 흐르는 양을 각각 전송하여 순서제어를 수행하면서 증착 공정 시간을 측정하여 설정시간(약 300sec)동안 공정 상태를 유지한다. 공정시간이 경과하면 4개의 사물인터넷에게 온도를 낮추고, 가스 흐름을 정지시키며, 압력제어를 정지시켜서 증착 공정을 완료하게 된다.

4.3 공정 부하 해석을 위한 시뮬레이션

[Fig. 7]은 증착 공정의 데이터를 압력, 온도, 가스, I/O 제어기 공정 데이터를 송수신하기 위해 채널 접속단자 모듈의 I/O ring을 가상 PCI 주소 공간을 대체하여 사용토록 변경한 방식을 나타낸다.



[Fig. 7] Node operation method of the I/O device

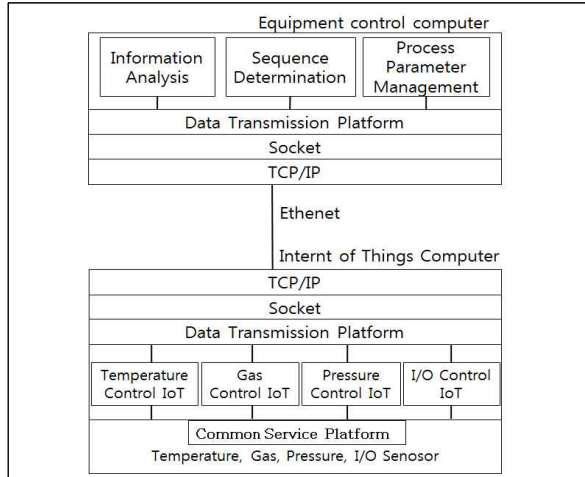
[Fig. 7]은 사물인터넷을 사용자로, 장비제어기를 관리자로 시뮬레이션 하여 I/O ring 형태로 연결한 구조이다. 이러한 구조는 물리 네트워크를 디바이스 드라이버가 직접 접근함으로써 별개의 메모리 영역을 사용함에 따라 디바이스 간의 간섭을 최소화 할 수 있다. Fig. 8은 시뮬레이션을 위한 구성이며 수행절차는 다음과 같은 3단계로 요약된다.

첫째, 기존 장비제어기에서 모든 제어를 수행하는 구조에서 별도의 프로세서를 통해 온도, 가스, 압력 그리고 I/O제어를 위한 프로그램을 설치하였다. 프로그램은 센싱이 가능하고 필요할 경우 시뮬레이션을 위한 별도의 값을 입력할 수 있도록 구성하였다.

둘째, 개별 센서들의 데이터는 공통 플랫폼을 통해서 상호 운용될 수 있도록 구성하였고, 온도, 가스, 압력, I/O

제어를 위한 어플리케이션으로 추정하였다.

셋째, 장비제어기는 사물인터넷에서 수신한 정보 분석 프로그램과 시퀀스 결정 프로그램, 그리고 사물인터넷 파라메타 관리 프로그램으로 구성하였다.



[Fig. 8] Simulation configuration for performance evaluation

4.4 장비제어기 부하량 해석

증착 공정에 적용된 IoT 상태는 [식 10]과 [식 11]에 의해 판단되고 입출력 상태를 초 단위로 설정 후 관측하는 주기인 p 를 정의한다. 여기서 각종 초기 관측 시작 시간이 a 일 때, 호스트 m 은 사물인터넷의 메모리 평균 자원 사용량($M_{Hm}^{Av(p)}$)과 CPU 평균 자원 사용량($C_{Hm}^{Av(p)}$) 가진다[11, 12].

$$C_{Hm}^{Av(p)} = \sum_{t=a}^{p-a} C_{Hm}^U \quad (10)$$

$$M_{Hm}^{Au(p)} = \sum_{t=a}^{p-a} M_{Hm}^U \quad (11)$$

증가추이는 [식 12], [식 13]과 같이 정의하고 관측하는 주기 p 에 따른 사물인터넷의 메모리 자원과 호스트의 CPU 사용량 증가추이는 ($C_{Hm}^I(p)$, $M_{Hm}^I(p)$)가 된다[13, 14, 15].

$$C_{Hm}^I(p) = C_{Hm}^{Av(p)} - C_{Hm}^{Av(p-1)} \quad (12)$$

$$M_{Hm}^I(p) = M_{Hm}^{Av(p)} - M_{Hm}^{Av(p-1)} \quad (13)$$

<Table 4>는 기존 장비제어기에서 각각의 기능을 갖는 사물인터넷으로 구성할 경우 실제 프로그램에 대한 MathLab을 사용하여 시뮬레이션 값을 나타내었다. 사물인터넷 구성 후에 별도의 컴퓨터에 장비제어기와 통신하기 위한 모듈을 설계 장착하고 장비제어기에는 압력, 온도, 가스 센싱 관련 결과를 측정하여 <Table 4>와 같은 결과를 얻었다. 이는 기존의 장비제어기 한 개로 시퀀스에 대한 과정과 압력, 온도, 가스, 입출력을 개별로 순서 제어를 실행함으로써 부하를 장비제어기가 부담함에 따라 발생할 수 있는 장비 제어의 불안 요소를 제거하는 결과를 도출하였다.

<Table 4> Analysis of load before and after IoT use

| Division | Before using the IoT | After using the IoT |
|---------------------------|--|---|
| Control | <ol style="list-style-type: none"> 1. Sequence analysis and execution (Performed by each sensor) 2. Pressure control sequence 3. Temperature control sequence 4. Gas control sequence 5. I/O control sequence | <ol style="list-style-type: none"> 1. Sequence analysis and execution 2. Communication with the IoT |
| CPU Share Rate | 23% | 11% |
| Steps in Sequence Process | 25 Processes | 8 Processes |

<Table 4>에서 압력센서, 온도센서, 가스센서, 밸브의 입출력부에 대한 사물인터넷 모듈로 대체하여 증착 공정이 진행됨을 확인하였다. 이는 증착 공정 진행에 있어 CPU 부하를 23%에서 11%의 낮은 부하로 제어가 가능함을 의미한다. 메모리가 차지하는 영역도 센싱에 따른 블록을 공유하였다. 또한, 장비제어기의 순서제어 과정을 25개에서 8개로 감소시킴으로 장비제어기 부하를 현저하게 낮추는 효과를 가져왔다.

5. 결론

산업의 공정단위기기들이 인터넷에 연결되고 각각의 제어 특성을 갖는 새로운 개념의 사물인터넷 기기들이 개발되고 보급되고 있다. 본 논문은 증착 공정에 온도, 압

력, 가스, 입출력제어기 부분에 사물인터넷을 장착한 결과 순서제어과정은 25개에서 8개로 부하가 낮아지는 것을 확인하였다. 또한 CPU 부하는 기존의 장비 제어기보다 사물인터넷으로 대체함으로 인해서 CPU 부하가 23%에서 11%로 낮아지는 것을 확인하였다. 이는 사물인터넷의 구축으로 증착 공정의 제어의 분산과 함께 부하 균등성을 가져와 안정되게 동작함을 알 수 있다. 이는 반도체 증착 설비의 증착 공정에 적용하는데 있어서 새로운 접근과 설계라고 할 수 있다. 또한, 사물인터넷을 적용으로 증착 공정의 제어기법과 설비의 확장 시에도 장비제어기의 부하를 최소화 하면서 증착 공정을 위한 설비의 제어를 안정적이고 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

REFERENCES

- [1] J. K. Ko, S. K. Hong, B. B. Park, and N. S. Kim, "Trends of Converging Smart Devices with IoT Technology", *Electronic and Telecommunications Trends*, Vol. 28, No. 4, pp. 79-84, 2013.
- [2] B. C. Kim, "A Internet of Things(IoT) based exploration robot design for remote control and monitoring", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 1, pp. 185-190, 2015.
- [3] H. D. Kim, S. W. Lee, and S. H. Lee, "Semiconductor Process and Equipment", Bukdo Publishing Co., Ltd, 2012.
- [4] Y. J. Park, H. R. Whang, "A Study on Optimal Operation Algorithm in Semiconductor Plasma Deposition Equipment", *Korean Production & Operations Management Society*, Vol. 24, No. 1, pp. 133-147, 2013.
- [5] I. C. Kwak, Y. S. Yang, B. H. Choi, and Y. M. Kim, "Analysis of Fluid Flow in the Linear Cell Source for Organic Semiconductor Thin Film Deposition", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 26, No. 10, pp. 74-80, 2009.
- [6] Jenna Burrell, Tim Brooke, Richard Beckwith, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production", *Pervasive Computing*, IEEE, Vol. 3, Issue 1, pp. 38-45, 2004.
- [7] Hangbae Chang, "A Study on Security Strategy in ICT Convergence Environment", *The Journal of Supercomputing*, Vol. 1, No. 13, pp. 23-32, 2014.
- [8] Y. D. Kim, J. S. Kim, and H. S. Sung, "Semiconductor production process management", Hongneung Publishing Co., Ltd, 2014.
- [9] J. lee, B. Bagheri, and H. A. Kao, "A Cyber-Physical System architecture for Industry 4.0-based Manufacturing systems", *Manufacturing Letters*. Vol. 3, pp. 18-23, 2015.
- [10] A. Perrig, D. Song, R. Canetti, J. D. Tyger, and B. Briscoe, "Timed Efficient Stream Loss-Tolerant Authentication (TESLA): Multicast Source Authentication Transform Introduction", RFC 4082, 2005.
- [11] Wireless Sensor Network Blog, "Valaram Offers an Affordable Remote Sensor and Monitoring Solution for Android Devices", 2013.
- [12] S. H. Son, S. I. Jun, "Load Balancing Policies for the Desktop Virtual Desktop Services Based on the Xen", Vol. 13, No. 1, pp. 55-64, 2008.
- [13] J. M. Yang, J. H. Kim, "A Study on the Enhancement of Network Survivability through Smart Sensor Technologies Convergence", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 14, No. 8, pp. 269-276, 2016.
- [14] A. Riahi, et al., "A Systemic and Cognitive Approach for IoT Security", in *Proc. Cont.rol Computing, Networking, and Communication*, Vol. 15, No. 7, pp. 45-52, 2014.
- [15] J. O. Park, "A Study of Message Communication Method Using Attribute Based Encryption in IoT Environment", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 14, No. 10, pp. 295-302, 2016.

조 성 의(Jo, Sung Euy)



- 1990년 2월 : 한밭대학교 전자계산학과(공학석사)
- 2002년 2월 : 한밭대학교 대학원(컴퓨터공학/공학석사)
- 2017년 2월 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2007년 4월 ~ 현재 : (주)오토웨어

대표이사

- 관심분야 : 반도체공학, 공정용SW, 임베디드시스템
- E-Mail : sejo@autoware.kr

김 정 호(Kim, Jeong Ho)



- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1989년 8월 : 컴퓨터시스템응용기술사
- 1991년 12월 : 정보통신기술사
- 1994년 2월 : 단국대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1996년 2월 : 한국전자통신연구원 실장

- 1996년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 네트워크, 정보보호, 융합IT
- E-Mail : jhkim@hanbat.ac.kr

양 정 모(Yang, Jung Mo)



- 2007년 2월 : 홍익대학교 정보공학과 (공학석사)
- 2014년 5월 : 정보관리기술사
- 2017년 2월 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 한국산학연합회 사업지원본부장

- 관심분야 : 재난통신, 정보보호, IoT, 융합IT
- E-Mail : jmyang@auri.go.kr