

# 네트워크 기반 사파이어 가공감시 시스템 개발 Development of Sapphire Process Monitoring System based on Network

\*서정모<sup>1</sup>, #김성렬<sup>1</sup>, 김철민<sup>1</sup>, 최준화<sup>1</sup>

\*J. M. Suh<sup>1</sup>, #S. R. Kim(sungrkim@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, C. M. Kim<sup>1</sup>, J. H. Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

Key words : EtherCAT, Multi Wire Saw Machine, Monitoring, Network

## 1. 서론

최근 디스플레이의 BLU(Back Light Unit)와 고효율 조명용으로 LED의 수요가 급증하여 사파이어 웨이퍼에 대한 관심이 높아지고 웨이퍼가 대구경화 되어감에 따라 웨이퍼 가공 장비들의 성능 향상이 필수적으로 요구되고 있다. 이런 웨이퍼 가공 장비에는 잉곳의 슬라이싱을 위한 멀티 와이어쏘(Multi-wire saw) 장비와 웨이퍼의 표면 품질을 향상시키는 폴리싱(DMP: Diamond Mechanical Polishing, CMP: Chemical Mechanical Polishing) 장비 등이 있다. 그러나 기존 감시 시스템의 경우 가공중 발생하는 다양한 감시인자(가공력, 온도, 유량, 웨이퍼 가공상태, 가공제거율 등)를 실시간으로 감시하기 위해서는 고속의 신호처리장치들이 필요하며 특히, 동시에 여러 신호들을 고속으로 전송하기 위한 기술이 요구되고 있다. 따라서 고품질의 제품 생산을 위해서 고속, 고정도 신호처리의 필요성이 무엇보다 중요함에 따라 많은 기업이나 연구소 등에서는 신호처리의 전송속도 향상과 시스템의 동기화를 위해 새로운 기술을 개발하고 있다. 그중에서 EtherCAT 기술은 실시간 Ethernet 기술로써, 모든 디바이스에서 데이터를 해석, 처리 및 복사할 수 있는 장점이 있고 고속 실시간 데이터 전송 및 동기화가 가능하여 장비의 가공상태 감시뿐만 아니라 모션제어도 가능하다. 따라서 본 연구에서는 EtherCAT 기술을 이용하여 사파이어 가공상태 감시를 위한 시스템을 개발하였고 성능평가를 위해 멀티 와이어쏘 장비에 적용하였다.

## 2. EtherCAT 특징

EtherCAT은 독일의 BeckHoff에서 개발한 후 2003년 11월에 ETG(EtherCAT Technology Group)을 결성하여 기술을 공개한 개방형 산업용 Ethernet

기술로 뛰어난 동기화 특성과 함께 제한된 토폴로지에 의존하지 않는 성능을 가진다. EtherCAT의 성능은 256개의 분산 디지털 I/O에 약 11  $\mu$ s, 1000개의 분산 디지털 I/O에 약 30  $\mu$ s 그리고 200개 아날로그 I/O에 50  $\mu$ s 등과 같은 업데이트 속도를 가지며, 터미널 블록, 디지털 I/O 모듈화 디바이스 등 각각의 I/O 블록사이의 데이터 전송은 모듈내부의 데이터동을 최대 1Gbps의 전송속도와 약 1.5ns의 지연시간 성능을 가진다.

## 3. 가공감시 시스템 구성

EtherCAT 기반 가공감시 시스템은 NI사의 cRIO(compactRIO)와 BeckHoff사의 EtherCAT I/O Terminal로 구성되어 있으며 사파이어 가공상태를 실시간으로 감시할 수 있도록 구성하였다. 또한 가공감시를 위해 AE, 유량, 온도 및 Force 센서가 사용되었고, Fig. 1은 PC와 cRIO, EtherCAT Terminal, 센서들 간의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 멀티 와이어쏘 장비에 적용된 가공감시 시스템은 Wire 장력, 슬라이싱 가공상태, 가공력 등의 고정도 실시간 감시가 요구되는 인자들에 대해서는 CompactRIO를 이용하고, 슬라이서의 온도, 유량 등은 EtherCAT I/O Terminal 모듈을 통해서 감시하였다. Fig. 2는 본 연구에서 개발한 감시시스템과 이를 이용하여 멀티 와이어쏘 가공공정에 적용

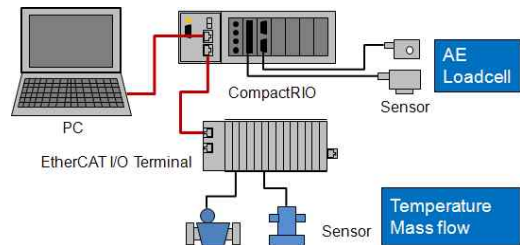


Fig. 1 Configuration of monitoring system

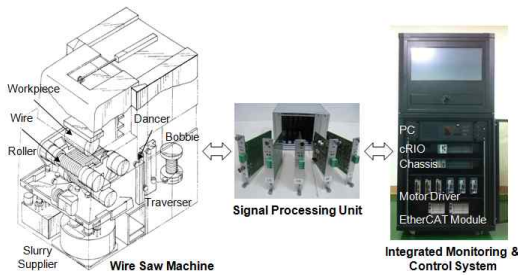


Fig. 2 Monitoring system based on EtherCAT

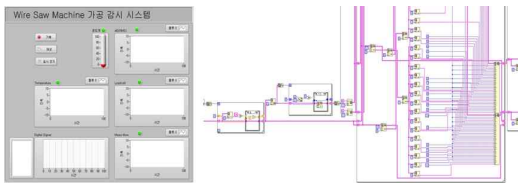


Fig. 3 Monitoring program with LabVIEW

된 시스템 구성도를 보여주고 있으며, Fig. 3은 LabVIEW를 이용하여 제작한 감시프로그램이다.

#### 4. 가공감시 시스템 성능평가

감시 시스템의 성능평가를 위해 먼저 AE, 유량, 온도 센서 및 Loadcell을 멀티 와이어쏘 장비에 부착하여 실제 사파이어 잉곳 절단 실험을 하였다. AE 센서는 Workpiece Chuck에 부착하여 잉곳 가공 중 발생하는 AE 신호의 RMS(Root Mean Square)값을 측정하였고, 유량 및 온도센서는 슬러리 공급관에 부착하여 통과하는 슬러리의 온도와 유량을 동시에 측정하였다. 또한 Loadcell은 와이어가 지나가는 댄서에 장착하여 Wire의 장력을 측정하였다. Fig. 4, 5, 6은 12시간 가공시간에서 10분씩 측정된 신호 중 일부를 추출한 것으로 AE 신호중 2V 이하로 피크가 튀는 것은 Wire의 진행방향에 매 60초마다 바뀌기 때문에 발생한 것이다. 댄서에 부착된 Loadcell 신호는 장력제어 알고리즘에 의해 8V(40N)로 일정하게 유지되고, 슬러리 유량 및 온도도 일정하게 유지됨을 확인할 수 있었다. 특히 슬러리 온도 변화를 감시함으로써 칠러(Chiller)가 정상적으로 작동함을 확인할 수 있었다.

#### 5. 결론

본 논문은 사파이어 가공공정 감시를 위한 네트워크 기반의 시스템을 개발하였고, 성능평가 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

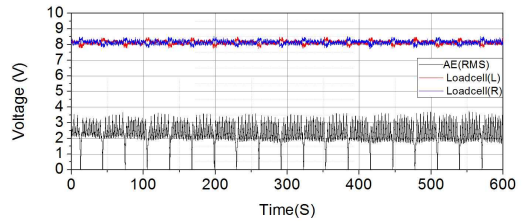


Fig. 4 Signals of AE and Loadcell

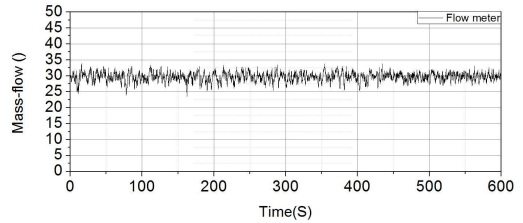


Fig. 5 Signal of mass-flow meter

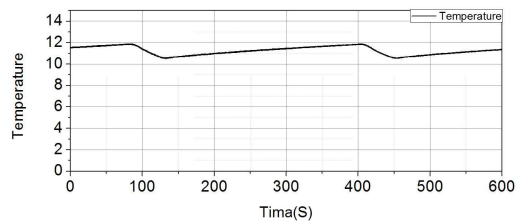


Fig 6. Signal of temperature Sensor

1. 사파이어 웨이퍼 가공공정에서 웨이퍼의 품질에 영향을 미치는 인자들을 감시하기 위한 센서들을 선정하였다.
2. EtherCAT 통신방식을 이용한 가공감시 시스템을 구성하였고, 멀티 와이어쏘 장비에 적용하여 감시 가능성을 확인할 수 있었다.
3. 향후, 사파이어 웨이퍼 가공공정중 웨이퍼의 최종 품질에 영향을 미치는 DMP 및 CMP 공정에 개발한 감시시스템을 적용하여 신뢰성 평가를 수행할 예정이다.

#### 참고문헌

1. 권옥현, 김형석, 김동성, "산업용 필드버스 통신망," 성안당, 29-35, 2004
2. EtherCAT Technology Group, "EtherCAT Brochure," ETG, 2009
3. Saito, K., Furuta, F., Umezawa, H. and Takeuchi, K., "Multi-wire slicing of large grain ingot material," Proceedings of SRF, Berlin, Germany, 467-472, 2009.