

반도체 제조업에서의 RFID Active 태그를 이용한 위치추적 시스템 구축 사례 및 스케줄링 개선 방안에 관한 연구

김갑용[†] · 채명신 · 유재언

서울벤처정보대학원대학교 정보경영학과

Case Study on Location Tracking System using RFID Active Tag and Improvement of Scheduling System in Semiconductor Manufacturing

Gahm Yong Kim · Myoung Sin Chae · Jae Eon Yu

Department of Information Management, Seoul University of Venture & Information,

37-18, Samsung-Dong, Kangnam-Gu, Seoul, 135-867, Korea

Recently, ubiquitous computing paradigm considers as a tool for making innovation and competitive strength in manufacturing industry like other industries. Particularly, the location-based service that enables us to trace real-time logistics make effective management of schedules for inventory control, facilities and equipments, jobs planning, and facilitate the processes of information management and intelligence, which relate with ERP and SCM in organizations.

Our study tries to build the location-based system for products of semiconductors in manufacturing place and suggests the good conditions and effective tracking procedures for positions of products. Our study show that the system is good for the saving of time in tracking products, however, it has to be improved in terms of accuracy. The study verifies the application of RFID technology in manufacturing industry and suggests the improvement of photograph process through RFID. In addition, our research introduces the future operation of FAB in semiconductors' processes that relate with real-time automation and RFID in manufacturing company.

Keyword: RFID, LBS, ubiquitous, semiconductor manufacturing

1. 서론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 기술은 제조, 물류, 교통, 정보 및 의료 서비스 등 사회 전반의 다양한 분야에서 활발하게 연구가 진행되고 있다. 기업체에서는 여러 종류의 어플리케이션(ERP, SCM, PLM, MES) 등을 통하여 수집되고 있는 생산/판매/재고 정보 등이, 공급자와 소비자와의 관계에서 실제 물류의 흐름과 함께 동기화 될수록, 기업의 경쟁력 향상에 중요한 요소로서 작용하고 있다는 것을 인식 하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 기

술은 이러한 정보를 실시간으로 정확하게 파악하는데 있어서 필수적인 기술로 느끼고 있으며, 특히 제조 분야에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 생산기술의 접목을 통하여 제조 현장의 생산성 향상을 가능케 하는 유비쿼터스 매뉴팩처링 패러다임에 주목을 하고 있다.

유비쿼터스 매뉴팩처링 환경의 기반이 되는 여러 요소 기술들 중, 현재 RFID(Radio Frequency IDentification) 기술의 적용이 가장 활발하게 이루어지고 있다. RFID 기술은 마이크로 칩이 내장된 라벨을 통해 비접촉식으로, 이동 중에도 인식이 가능

[†]연락처 : 김갑용, 135-867 서울시 강남구 삼성동 37-18 서울벤처정보대학원대학교 정보경영학과, Fax : 02-523-6767,

E-mail : gahmyong@naver.com

2008년 02월 접수, 2회 수정 후 2008년 04월 게재확정.

하기 때문이다(Klaus, 2003). Michael and McCarthi(2005)는 RFID 도입을 통하여 공급사슬에서 제품의 가시성 향상과 전체 재고 감소, 그리고 정확한 포장/선적 등의 간접적인 효과를 거둘 수 있음을 보였다. VDC(Venture Development Corporation, 2005)의 시장 전망에 따르면, 2008년까지 RFID 적용 범위가 빠르게 성장할 것으로 예상되는 경제 분야 중 제조분야가 두 번째를 나타내고 있으며, 공급사슬관리 부분에서 RFID기술의 적용이 가장 빨리 성장할 것으로 예상하고 있다(장윤석, 2006). 제조업에서의 RFID 도입의 대표적인 사례는 FORD사의 공장 내 부품재고 관리에서 볼 수 있다. FORD사에서는 각 부품에 태그를 부착하여 부품에 대한 재고관리를 실시하였으며, 조립부품 선택의 정확도 향상과 공정 수의 감소 효과를 거두고 있다. 선행 연구들은 정보기술과 통신기술 등 요소 기술적인 관점에서의 연구가 대부분으로서, 기업에서 효율적으로 RFID기술을 도입하고 효과성을 제고시키기 위해서는, 도입초기부터 RFID 구축에 필요한 제반 요소들을 고려해야 하고, 도입 후를 위한 운영 및 평가 지침이 필요하다고(이재범, 2006).

RFID 구축 업체 시각에서 기업 내 물류 분야의 RFID 도입에 대한 사례 연구는 많으나, 기업 현장에서 제조 공정 내의 적용 현황에 대한 사례 발표는 부족한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 제조 현장에 RFID기술을 이용한 위치추적 시스템의 파일럿 프로젝트 사례를 통하여 바코드 시스템을 사용하고 있는 환경에서 RFID기술을 도입할 때 우선적으로 고려해야 할 요인과, RFID 도입을 새로운 기술혁신 관점에서 RFID 도입에 영향을 미치는 요인을 파악하고 제시 하고자 한다.

반도체 제조 산업은 국내 제조업에서 세계적 경쟁력을 유지하고 있는 대표적인 산업이며, 핵심 생산 경쟁력은 FAB(Fabrication: 이하 FAB)에서의 뛰어난 제조운영능력으로 알려지고 있다. FAB의 관리자는 스테퍼 또는 스캐너 장비 관리에 최우선을 두고 있는데, 이는 장비가 고가일 뿐만 아니라 기술적 난이도가 높은 대표적인 병목공정이기 때문이다(Lee et al., 2002, 2003). 스테퍼 및 스캐너 장비는 반도체 제조 공정 중에서 포토기술을 이용하여 회로도를 웨이퍼에 프린트하는 포토공정(Photolithography)에서 사용된다.

반도체 포토공정은 20~30개의 레이어(Layer)로 구성되며, 매 레이어 마다 스테퍼(Stepper) 및 스캐너(Scanner) 장비에서 레티클(Reticle)이라고 하는 원판을 이용하여 프린팅하게 된다. 따라서 스테퍼 및 스캐너를 사용하는 포토공정은 한 제품이 완성되기 위해 레이어 수만큼의 레티클이 필요하다. 한 개의 라인 내에 200종류의 제품이 생산되고 있으면, 4000~6000개의 서로 다른 레티클이 필요하고 스테퍼 또는 스캐너에서는 수시로 레티클을 변경해야 하는 준비 과정 및 작업 변환 이 발생하게 되는데, 레티클 교체의 최소화를 통해서 스테퍼의 가동률을 높이는 것이 중요한 관리 항목 중의 하나이다. 반도체 FAB이 첨단화되고 제품의 종류가 다양화되면서 이와 같은 교체는 더욱 빈번이 발생하게 된다. 레티클 교체는 제품의 종류의 따라 5분에서 길게는 1시간 정도 소요되기도 하는데, 작업에 필요한 레

티클을 찾아 해당 장비에 로딩 하는 교체 과정에서의 시간 단축은 FAB의 생산성 향상에 중요한 관리 항목이 된다.

본 연구는 RFID기술을 반도체 FAB에 적용하는 파일럿 프로젝트를 추진해 봄으로써 신기술의 현장 적용 여부를 가능해 보고, 향후 유비쿼터스 매뉴팩처링을 위한 현실적인 출발점으로서의 의미가 있다고 볼 수 있다. 본 논문의 구성은, 제 2장에서 유비쿼터스 위치기반 서비스와 RFID 관련 연구 동향을 살펴보고, 제 3장에서 파일럿으로 구현된 위치추적 시스템에 대한 필요성과 시스템 개요를 설명한다. 제 4장에서는 위치추적 파일럿 시스템의 실제 위치추적 결과를 살펴보고, 제 5장에서는 스케줄러와의 연동성을 기술하며, 제 6장에서는 RFID와 연동된 FAB의 운영모습을 설명하고, 마지막으로 제 7장에서 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 문헌 연구

2.1 RFID 기술

유비쿼터스 위치기반 서비스(LBS: Location-Based Service)는 GPS 위성을 이용한 자동항법장치 및 이동통신망 기반의 서비스 등으로 이미 일상생활에서 없어서는 안 되는 기술로 자리매김하고 있다. 그러나 GPS 위성이나 이동통신망을 이용한 광역 위치추적 기술은 위치추정의 정확도가 낮을 뿐만 아니라, 실내 및 음영지역에서는 사용하는데 많은 어려움이 있다. 최근에는 Wi-Fi, Zigbee, UWB(Ultra Wideband), 블루투스(Bluetooth), RFID, 초음파(Ultrasonic), IrDA(Infrared Data Association) 등과 같은 근거리 통신 기술을 이용한 실내 및 근거리 위치추적 기술에 많은 관심이 집중되고 있다(조영수 외, 2007). 이는 광역 위치추적 기술과 같은 넓은 지역에서의 위치추적에는 한계가 있지만, 실제로 사람들이 활동하는 공간을 중심으로 수 미터 이내에서는 높은 위치추정 정확도를 제공할 수 있기 때문이다.

근거리 위치추적 기술 중, 비접촉식 인식시스템인 RFID는 국내는 물론 전 세계적으로 물류, 유통, 군사, 식품 등 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 추진되고 있다. RFID 시스템은 태그에 생산, 유통, 보관 및 폐기에 이르는 전 라이프사이클의 정보를 저장하고, 리더를 통해 태그에 저장된 정보를 수집한 후, 인공 위성이나 이동통신망과 연계하고 정보시스템과 통합하여 사용하는 기술을 의미한다. 실시간 위치추적 시스템(RTLS: Real-Time Locating System)은 최근에 주목을 받고 있는 RFID기술의 무선을 이용, 원격에서 감지 및 인식하여 정보의 교환을 가능케 하는 기술로 산업 전반에 많은 응용서비스가 가능하여 연구개발과 확산이 이루어지고 있다(Albano, 2002). RFID 시스템은 추적 대상에 부착되는 RFID 태그, 특정 지역에 위치해 추적 대상의 위치를 확인하는 RFID 리더(리시버, 액티베이터), 추적 애플리케이션 소프트웨어가 탑재되는 데이터 처리 시스템으로 구성되며, 태그는 능동형(Active type)과 수동형(Passive type)으로 구분된다(박성수, 2003).

2.2 제조업에서의 RFID 도입

김용국(2007)은 여러 기업들로 구성된 공급사슬에서 RFID 기술을 도입하였을 때 기대할 수 있는 효과를 측정하고, 분석하기 위한 모형이 필요함을 보이고, SCOR(Supply Chain Operations Reference) 모형을 기반으로 한 ROI(Return On Investment: 투자 수익률) 분석 모델을 통하여 표준적인 성과지표를 제시하였다. 이러한 효과 측정은 RFID기술을 도입하고자 하는 기업의 입장에서는 필수적인 사항으로 사전 검토가 면밀히 이루어져야 한다.

최근 많은 제조업체에서 RFID기술을 활용한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하기 위한 노력이 진행되고 있으며, 특히 생산성과 효율성 향상을 위한 목적으로 RFID기술 도입을 추진하고 있는 상황이다. 제조업에서의 RFID기술 도입은 생산성과 수익률 향상 측면에서 자재, 부품, 재고의 추적과 확인을 목적으로 추진되고 있으며, 간접적으로 정보의 활용성이 강화되어 운영과 생산 비용의 감소 효과를 거둘 수 있다. RFID기술을 적용한 제조 현장에서는 실시간 생산 정보의 공유, 작업의 투명성 확보를 통하여 정보 활용 능력이 강해지고, 생산 현장 정보 인프라의 기반이 구축되어 작업 효율성 증대, 작업에 대한 실시간 실적 처리, 사이클 시간(Cycle Time)의 감소로 생산성 증가가 가능하다. 그리고 재공과 재고 관리에 소요되는 시간과 비용이 감소됨으로써, 수익성 향상의 효과를 나타내고 있다.

<그림 1>은 반도체 공장에서의 RFID기술 도입과 관련된 사례이다. 생산공정관리시스템(MES: Manufacturing Execution System)과 연동된 RFID기술로, 장비의 현황을 실시간으로 파악하고, 지체되고 있는 공정 및 장비에 대한 실적관리, 로트에 대한 실시간 물류의 위치추적이 가능해짐에 따라, 진행할 공정과 장비를 자동으로 결정할 수 있으며, 로트의 우선순위와 속성에 따른 관리가 가능해짐을 보여 주고 있다.

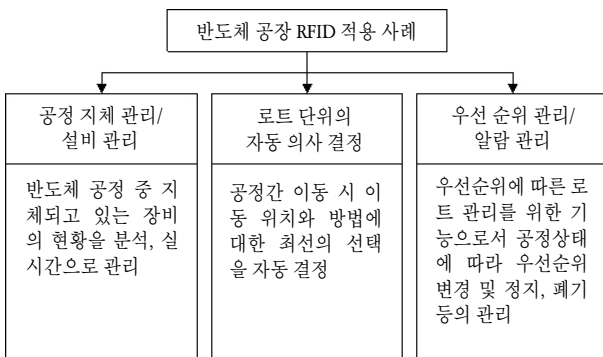


그림 1. 반도체 공장의 RFID 적용 사례

본 사례 연구에서는 실제 산업 현장인 반도체 제조 공장에 RFID기술을 설치하여 위치추적 시스템을 적용하고, 제조업에서의 물류 추적을 위한 RFID기술의 적용성과 효율성을 평가한다. 이러한 평가를 바탕으로 기업 관점에서 RFID기술을 적용하기 위한 고려 사항을 제시한다.

3. 반도체 FAB에서의 레티클 위치추적 시스템

반도체 제조업은 고부가가치를 창출하는 첨단 산업으로서, 고가의 장비 운용을 위한 대규모 설비 투자가 필수적이다. 또한 FAB 공정은 Re-Entrant Flow와 Job-Shop 형태의 장비 운영으로 다른 제조 산업에 비하여 공정의 복잡성이 높아서, 장비 유휴시간 단축을 위한 설비 운용, 생산성 향상을 위한 자동화 및 로트 단위 작업 진행 등은 제조 현장에서 중요한 관리 항목이다.

특히, 포토공정은 웨이퍼에 레티클을 이용하여 회로 패턴을 형성하여 원하는 부분에 불순물을 주입하기 위한 것으로 다른 공정에 비하여 고가의 장비와 긴 프로세스 시간이 소요된다. 포토공정에서 사용되는 레티클은 로트와 함께 장비에 로딩 되어야 하기 때문에, 로트를 진행하기 위해 필수적으로 준비되어야 하는 부자재이다. 일반적으로 반도체 FAB에는 다수의 포토 장비가 존재하며, 주문형 비메모리 반도체 생산라인에서는 소량 다수 고객의 제품을 생산하게 됨에 따라 많은 종류의 레티클이 필요하고, 각 제품별 고객의 납기 약속을 지키기 위해서는 레티클의 교체와 이동이 빈번하게 발생하여, 작업에 필요한 레티클의 위치 파악이 중요한 생산성 향상 요인으로 작용한다. 실제 제조현장에서는 하루 30~50회 정도의 레티클 교체가 일어나고 있다. 이는 고객 당 소량 주문량이 늘어나면서, 고객납기 만족을 위해서 빈번한 레티클 교체를 하여 작업을 하고 있기 때문이며, 레티클 교체에 대한 적절한 운영 대책이 생산성 관리에 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구의 대상이 되는 반도체 FAB에서는 물류 정보화를 위하여 현재 바코드 시스템을 사용하고 있다. 바코드 시스템은 생산공정관리시스템(MES)과 연동되어 로트의 진행 조건 및 장비에 대한 유효성을 확인하고, 런시트(Run Sheet) 작성에 필요한 데이터를 자동으로 수집하게 해줌으로써 생산 효율을 높이기 위한 수단으로 활용되고 있다. 바코드의 경우 레이저 판독기(Reader)를 바코드에 직접 접촉시켜야 하지만, RFID는 안테나와 태그만 있으면 판독기를 직접 접촉하지 않아도 쉽게 상품의 정보를 식별할 수 있으며 필요한 정보를 삽입할 수도 있다(양경식, 2005). 또한, 바코드 시스템은 판독기와 접촉된 최종 위치와 시간을 정보화하기 때문에, 판독기를 거치지 않으면 실물의 위치를 파악하기 어렵다.

바코드 시스템을 이용하는 반도체 제조 현장 작업자의 물류 관리에 대한 개선점과 요구 사항은 다음과 같다. 첫째, 레티클 관리 시스템과 작업자 화면에 나타나는 레티클 위치 정보는 바코드 리더기의 최종판별 위치를 나타내기 때문에, 실물의 위치 정확도가 낮다. 둘째, 인쇄된 바코드가 지워지거나 훼손되면 판별이 불가능하며, 판독기로 식별하지 않으면 바코드 시스템 상에 정보가 갱신되지 않는다. 마지막으로, 바코드로는 이동 중인 레티클의 실물위치를 실시간으로 파악이 불가능하여, 레티클 보관 및 출고 관리 등에 지연이 발생한다.

이와 같이, RFID기술을 이용한 실시간 위치추적 시스템은 실제 물류의 정확한 위치를 파악하고 싶은 현장의 요구사항,

그리고, 생산성 향상을 위한 신기술의 도입 관점에서 그 필요성이 증가하게 되었다. 위치추적 시스템에 대한 적용가능성과 효율성을 평가하기 위하여, 레티클을 추적 대상으로 하는 파일럿 시스템을 다음과 같이 구축하게 되었다. 포토 룸 전체의 크기에 비례하여, 위치추적기는 반경 10m로 설치하는 것이 설치 개수나 신호 강도 등을 고려하여 적정하다고 판단이 되어, 가로 7개/세로 3개 총 21개가 설치되었다. 라우터와 코디네이터는 위치추적기와의 배선을 고려하여 설치하였다.

<그림 2>에서 보이는 바와 같이 반도체 생산 라인은 유연성을 확보하기 위해 개방형의 포토공정 레이아웃으로 설계되어 있다.

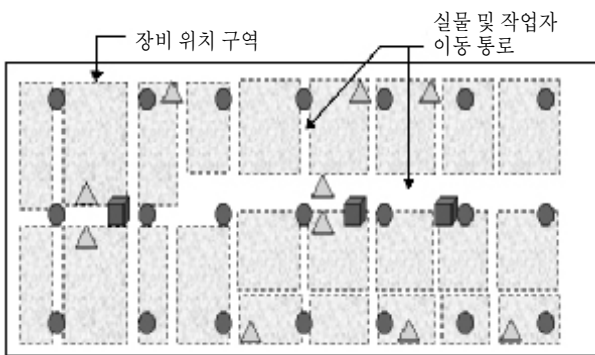


그림 2. 포토공정의 레이아웃과 장비 위치

포토공정으로의 로트 이동 경로를 확보하기 위하여 장비를 기준으로 블록 형으로 실물과 작업자가 이동할 수 있으나, 실제 물류는 복잡한 동선과 흐름을 보이게 된다. 레티클은 장비나 레티클 저장장치 또는 상/중/하 3단의 작업대로 이루어진 셸프(Shelf)에 위치한다. 셸프는 현재 별도의 관리번호는 부여되어 있지 않고, 작업자는 진행할 로트를 우선 확인한 후, 필요한 레티클을 로딩 되어 있는 장비에서, 또는 레티클 저장장치에서 진행할 장비 근처에 있는 셸프로 이동하여 보관한다. 그러나 급작스러운 수요의 증가로 라인 재공이 늘어나면서, 레티클 보관 장소가 부족하게 될 경우에는 임의의 장소에 레티클을 보관하거나, 장기간 고객의 요청이 없다가 긴급 수주가 발생 될 경우, 작업자가 작업의 편리성을 위하여 레티클을 가장 가까운 장비 근처에 갖다 놓을 경우 등, 바코드의 최종 식별 위치와는 다른 곳에 레티클이 존재하게 되는 경우가 실제 제조현장에서 자주 발생하게 되는데, 이럴 경우 필요한 레티클을 찾는 데 상당한 시간이 소요된다. 물론 관리를 통해서도 일부 해결이 가능하기도 하지만, 근무 조교대 시, 레티클 이동 후 바코드 식별 누락 등의 환경적인 요인과 실수도 원인이 되기 때문에, 작업자의 편의성 향상을 위해서는 실시간의 위치추적이 필요하다는 것이 현장의 요구사항이었다.

반도체 RFID적용은 대부분 FAB내 수동형(Passive Type)을 적용한 사례로, Pod에 부착하여 로트를 실시간으로 관리하는 용도로 사용하거나, 고정되어 있는 레티클 저장장치(Stocker)에 적용하여 레티클의 입출력 수량을 관리하는 용도로는 적용

된 사례는 많이 있으나, 본 연구에서는 능동형(Active Type) Zigbee기술을 적용하여, 고정적 위치가 아닌 이동 중인 임의의 위치에 있는 레티클을 찾아야 하는 경우이며, 특히 반도체 제조 장치에 RFID신호가 영향을 줄 수 가 있어, 일반적으로는 100밀리와트를 출력을 사용하나, 1밀리와트의 극히 미약한 출력으로 위치추적을 해야 하는 비교적 기술의 난이도가 높은 경우에 해당이 되며, 이러한 적용은 반도체 업체에 적용하여 성공된 사례가 많지 않아, 신기술을 실제 현장에 파일럿으로 적용해 본 것에 의미가 있다.

Zigbee 무선통신을 이용한 레티클 위치추적 파일럿 시스템은 약 2개월의 기간이 소요되었으며 구축 범위는 포토 장비 구역을 대상으로 구현되었다. <표 1>과 같이 서버 및 작업자용 화면 프로그램이 개발되었으며, 하드웨어는 위치추적기, 라우터, 코디네이터가 사용되었다.

표 1. 파일럿 시스템 구성

구분	항목	수량	세부 기능
프로그램	Server 프로그램	1(Set)	◦ 기준 정보 DB 저장 및 Data Mining ◦ Zigbee 디바이스 관리
	작업자 화면	1(Set)	◦ 위치 판단 로직 수행 및 위치 정보 표시 ◦ 태그 알람 기능
하드웨어	● 위치추적기	21(EA)	◦ 주기적 위치 정보 수집/발신
	▲ 라우터	10(EA)	◦ 태그와 코디네이터간 데이터 전송
	▣ 코디네이터	3(EA)	◦ 서버로의 데이터 전송 및 로그 기록
	PC Server	1(EA)	◦ 프로그램 실행

<그림 3>에서 보는 바와 같이, RFID Active 태그는 레티클에 부착하였고, 라우터와 코디네이터를 설치하였으며, 위치추적은 개발된 화면을 통해 확인할 수 있다. <그림 3>과 같이 화면상의 3미터 이내의 추적 유효에 따라 1, 2, 3순위로 표시되어 사용하는 실물의 위치를 파악하게 된다. 적용된 RFID에서 1, 2, 3순위는 반경 3M 이내의 존재 확률이 각각 50%, 30%, 20%일 경우를 나타내며, 1순위의 실물이 존재할 확률이 높기 때문에, 해당 위치추적기 근방부터 위치를 탐색하게 된다. RFID 시스템을 이용하면, 표시되는 순위에 따라서 최대 10m의 반경 이내에 추적하는 레티클이 존재하게 된다.

구성 항목	실물	기능
UI		- 위치 정보 표시 - 태그 Alarm 기능
Server		- 기준 정보 관리 및 데이터 마이닝 - 디바이스 관리
코디네이터		- 서버로 데이터 전송 및 로그 기록
라우터		- 태그와 코디네이터간 데이터 전송
위치추적기		- TAG 신호에 대한 위치 추적
태그		- 설정 Time 및 이동시 신호 발생

그림 3. 파일럿 시스템의 구성 요소와 화면의 예

4. RFID 파일럿 시스템 구축 결과

레티클의 위치를 추적하는 테스트를 실시하여 RFID 시스템의 성능을 평가하였다. 성능 평가는 레티클의 위치를 추적하는데 소요되는 시간과 적중률로 측정하였으며, 테스트는 레티클이 주로 보관되는 션프와 임의의 장소에 레티클을 위치시킨 뒤, 파일럿 시스템의 추적 결과를 바탕으로 실물을 찾으려 하였으며, 레티클을 찾는데 소요된 시간과 순위별 적중률을 측정하였다. <그림 4>와 같이 추적하고자 하는 레티클의 위치는 근처에 있는 위치추적기의 순위로 나타내어 탐색할 수 있다. 여기서 1순위는 3미터 이내에 위치한 경우, 2순위는 6미터 이내에 위치한 경우, 3순위는 9미터 이내에 위치한 경우를 각각 말하며 기타위치는 9미터밖에 위치한 경우를 의미한다.

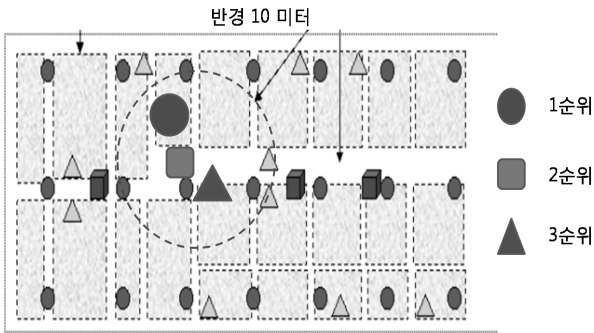


그림 4. 레티클 위치표시 화면

<그림 5>는 레티클 위치에 따라 1분 이내에 위치추적에 성공한 비율을 나타낸 그림이다. 지정된 장소인 션프에 위치한 경우, 9미터 이내에 있는 레티클 추적 성공률은 92%이며, 3미터 이내는 58%이었다. 션프와 같이 정해진 구역이 아닌 바닥, 장비 내부, 션프 밑 등 임의의 장소에 레티클을 위치시키고, 사용자가 위치 탐색을 수행할 경우에는 9미터 이내는 85%로 7% 감소했으나, 3미터 이내는 39%로 19% 감소하였다. 그러나 추적 율은 감소하였지만, 임의의 위치에 놓아도 찾아낸다는 것은, 이는 현 RFID기술로서는 9미터 내의 레티클 추적을 현장에

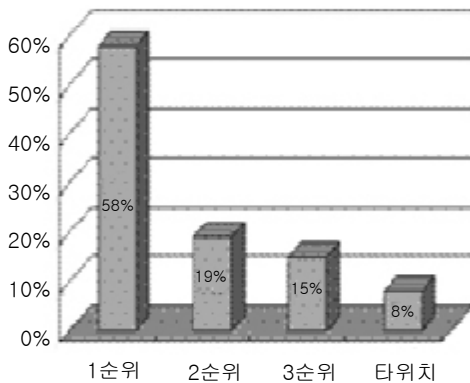


그림 5. 1분 이내에 위치추적이 성공한 비율(좌: 션프 위치, 우: 임의의 장소 위치)

서 원할 경우에는 적용이 가능하나, 3미터 이내에서 레티클 찾기를 원한다면 RFID기술을 적용하더라도 보완적으로 레티클 위치를 지정하여 관리하여야 함을 의미한다. 그러나 관리부실이 발생하더라도 레티클 위치를 파악할 수 있다는 것은 RFID가 현장의 레티클 관리의 유용한 수단이 될 수 있음을 나타낸다.

<그림 6>은 시간적인 측면에서 RFID와 바코드간의 레티클의 위치추적에 소요되는 시간은 비교한 그래프이다. RFID기술을 이용할 경우, 10분 이내에 92% 레티클 위치 파악이 가능하나, 바코드의 경우에는 75% 정도이다. <그림 6>의 데이터를 평균해 보면, RFID 경우 하나의 레티클을 찾는데 평균 10분 정도의 시간이 소요되며, 바코드의 경우 15분 정도의 시간이 소요됨을 알 수 있다. 하나의 로트가 스테퍼 장비에서 가공되는 시간을 평균 40분이라고 할 때, 전체 작업시간은 RFID 경우 50분(40+10), 바코드의 경우 55분(40+15)으로서 약 10%의 차이가 난다고 할 수 있다.

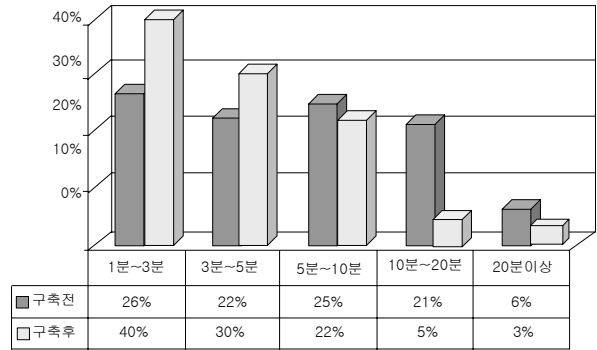
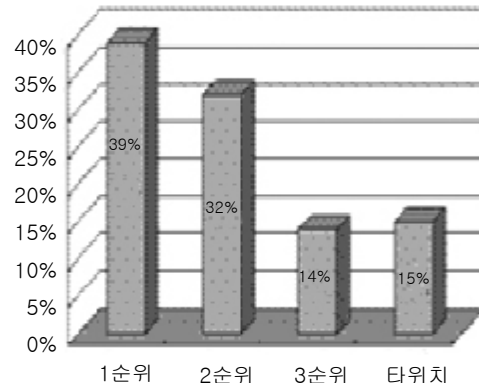


그림 6. 위치추적시스템 구축 전과 후의 레티클 위치 파악에 소요되는 시간의 비율

최종적으로 구축된 파일럿 위치추적 시스템을 통하여 생산 라인 내에서 장비와의 전과 간섭 없이 로트나 레티클 등 실물의 위치추적이 가능한 것을 확인할 수 있었다. 실제 현장 작업자의 사용 전후의 효과에 대해 설문 조사 결과, 약 52%의 작업자가 실물의 위치 파악에 도움이 될 수 있다고 파악이 되었다.



5. RFID에 의한 포토공정의 스케줄링 개선 방안

<그림 7>은 FAB에서 이루어지는 생산관리체계를 나타낸 것이다. 라인플래너(Line Planner)에서 일별 일정 계획이 주어지면 라인 스케줄러에 의해 라인 전체 재공의 적정 분산 배치를 고려하여 투입계획이 생성되고, 이는 확산(Diffusion), 포토(Photo), 식각(Etch), 박막(Thin Film)이라고 하는 각 공정 별로 우선순위 및 장비 할당(Dispatch) 과정을 거쳐 실제로 작업이 진행된다. 스케줄러에서는 장비 현재 상태, 로트의 우선순위, 제품 또는 공정에 따라 가능/불가능 장비를 지정하는 규칙, 장비 별 공정 우선순위, 최대 연속 진행 로트 수, 사전 작업 예약 로트, 제작업 로트 등의 요소가 반영된다. 이 모든 과정에서의 데이터는 생산공정관리시스템(MES)에 의해 관리되며 저장된다. 로트는 자동반송장치(AMHS)에 의해서 이동 된다.

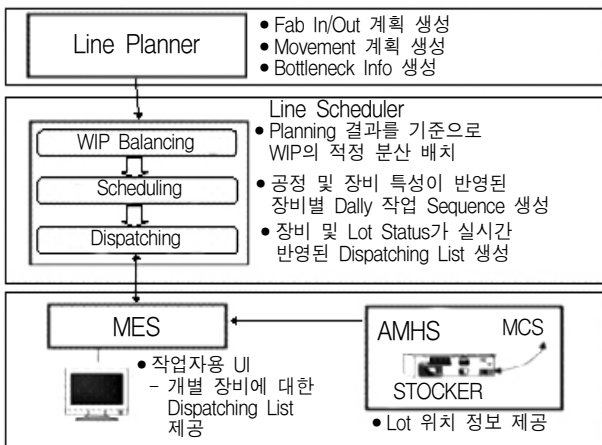


그림 7. FAB에서의 라인 스케줄러의 위치

FAB에서는 가장 고가의 장비를 사용하고 있는 포토공정의 생산성 향상이 중요하며, 포토공정을 담당하는 설비인 스테퍼나 스캐너의 가동률을 극대화함으로써 FAB의 생산 용량을 최대화 한다. 스테퍼나 스캐너의 작업을 위해서는 가장 중요한 원부자재의 하나인 레티클이 필요한데, 레티클 관리항목으로는 레티클의 실물과 레티클 정보와의 일치치를 위한 기준 정보 관리, 레티클 위치 정보의 정확도, 레티클 검사 주기 초과 여부 및 사용 가능 예상 시간 관리 등이 있다.

스케줄러에서 레티클 관련해서 반영하는 주요 로직은, 레티클 교체 감소를 위한 동일 사용 Lot의 연속 진행 횟수 제한 로직, 레티클 준비 상황에 따른 로트 진행 가능 여부 점검 후 진행 우선순위 조정 로직, 단 한 개만 있는 레티클인데 두 개 이상의 로트가 대기할 경우 납기 우선순위에 따라 한쪽 장비에서만 진행 가능하도록 하는 로직, 두 개의 레티클이 존재할 경우 장비에 동시에 할당하게 하는 로직, 레티클이 수리 또는 검사 상태일 경우에는 디스패칭 리스트에서 제외하는 로직 등이 있다. 레티클은 제품의 종류에 따라 교체를 필요로 하여 가능한 한 같은 제품을 연속 사용할 수 있도록 하는 것이 생산성 향상에

중요한 관리 항목으로, 이 과정에서 자동화된 설비를 통해 실시간으로 해당 레티클이 추적되고 최단 시간 내에 작업이 이루어지는 것이 필수적이다.

레티클 검사 시의 사례를 보면, 현재 제조 현장에서는 레티클을 일정 로트 이상 사용하거나, 일정 기간이 지나면 세척을 하고, 검사를 타 부서에 의뢰하게 되어 있는데, 이럴 경우 레티클의 상황이 실시간으로 파악이 되지 않아, 일정 시간 레티클 확보가 가능하지 않다고 판단하여, 스케줄러에서 로트 할당을 하지 않게 로직이 설계 설계되어 있다. RFID에 의해 실시간으로 추적이 되면 언제 레티클 확보가 가능하다고 예측 할 수 있어, 스케줄러의 입력 정보로 활용이 가능하여 스케줄러의 디스패칭 정확도를 높여 줄 수 있을 것이다.

6. RFID기술을 이용한 반도체 FAB 운영 모습

<그림 8>은 FAB에서의 RFID기술을 이용한 FAB의 향후 운영 모습을 나타내고 있다. 현재는 1일 1회 정도의 FAB 제조계획이 라인 플래닝 시스템에 의해서 생성되면, 재공과 장비 등 FAB 전반에 대한 분석과 함께, 스케줄링이 이루어진다. 이를 근거로 FAB의 통상적인 운영시간 단위의 8시간 또는 12시간의 시프트(Shift) 단위로 스케줄링이 되고, 이 결과는 공정 부문별로 분리되어 해당 공정에 전달되어 실행되는 디스패칭 과정이 이루어진다. <그림 8>과 같이 RFID 시스템이 도입되면 실시간 위치 정보와 레티클 저장장치와 장비/셀프 간의 이동 시간에 대한 누적 정보를 수집할 수 있다. 이를 바탕으로 기존의 생산공정관리시스템(MES)에 실시간 물류 정보를 제공한다면, 실물의 위치를 단시간 내에 탐색할 수 있다. 또한 레티클 저장장치 간의 이동 시간을 기본으로, 다음 공정의 예상 작업 시작 시간을 제공하는 스케줄링 시스템에 레티클 저장장치와 셀프, 셀프와 장비간의 이동 시간 등 보다 세분화된 이동 시간의 정보가 누적 수집되면 스케줄링 시스템의 정확도가 향상되어 작업 능률과 만족도 제고의 효과를 거둘 수 있다

디스패칭은 실제 제조현장에서는 실행을 위해 일정시간 단위로 실행되고 있다. 일부 자동화 된 라인에서는 실시간 단위로 실행되고 있지만, 모든 물류흐름에 대한 정보 즉 4M(Man,

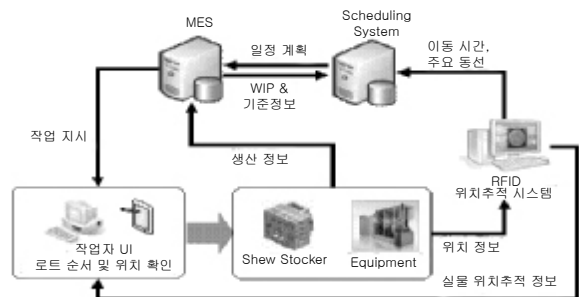


그림 8. RFID 시스템과 FAB 운영 시스템의 연관도

Machine, Material, Method)에 대한 정보가 실시간으로 연동되어 있지 않기 때문에 디스패칭의 정확도가 떨어진 상태로 운영되고 있는 것이 현실이다. 이를 개선하기 위해서는, RFID 시스템은 레티클에 대한 위치추적뿐만 아니라, 4M에 해당되는 모든 실물의 정보를 생산계획 시스템에 실시간으로 제공하여 예상 작업 시간의 정확도를 높이고, 장비의 로딩 시간을 단축시킬 수 있는 기반 시스템이 되어야 한다. 또한, 작업자 동선과 로트의 동선등과 같은 내용을 컴퓨터로 모델링 하여 결과를 시물레이션을 해 보고(디지털 팩토리화), RFID 시스템을 통하여 실시간으로 수집된 정보와 시물레이션 결과를 비교 분석하여 차이를 개선하게 되면, 최적의 장비 배치와 작업자 당 최적의 장비할당 등 FAB의 효율적인 운영이 가능하게 된다.

7. 결론 및 향후 연구 방향

RFID는 근거리 위치추적 시스템의 대표적인 기술로서, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하는 기본적인 요소로 발전하고 있다. 물류/유통 분야에서 활발히 적용되는 RFID 기술을 생산현장에 적용하기 위해서는 많은 실질적인 연구와 실험이 필요하다. 본 연구에서는 실제 반도체 생산 라인에서 RFID 시스템의 가용성을 확인하기 위해 파일로트 시스템을 구축하여 위치추적에 소요되는 시간과 적중률을 측정하였다. 구축된 시스템은 셀프와 같은 주어진 위치에 실물이 존재할 경우에 높은 적중률을 보였으며, 분실된 실물을 빠르게 찾을 수 있는 가능성을 보여주었다.

반도체 FAB에는 로트와 함께 많은 수의 레티클이 존재한다. 진행할 로트에 대한 결정과 레티클의 준비는 작업의 편리성 측면뿐만 아니라, 제조 생산성 향상을 위해서도 중요한 관리 항목이다. RFID 시스템을 이용하면, 실물의 위치를 빨리 파악하여 작업 준비 시간을 단축할 수 있으며, 포토공정의 경우 약 10%의 레티클 추적시간 단축의 효과를 기대할 수 있다. 이러한 RFID 시스템은 위치추적이라는 기본적인 기능과 함께, 물류에 대한 이동 시간 및 물량 분포 등의 데이터를 제공함으로써, 일정 계획 시스템의 예측 정확도(장비 도착 시간, 작업 시작 시간)를 향상시킬 수 있다. 그리고 라인 내 물류 기본 정보가 수집 되면, 장비 및 부대시설의 재배치, 이동 시간 단축, 작업 인원 조정 등의 라인 운영을 위한 시물레이션을 보다 현실적으로 가능하게 해 준다.

위치추적기의 이상적인 설치장소는 직선성(Line Of Site)을 확

보 할 수 있는 천장이 제일 좋으나, 이번 연구에서는 천장에 물류 반송장치가 설치되어 있어 부착하기가 어려웠고, 설치를 하려면 일정 시간 작업 현장에 영향을 미치므로, 설치가 어려운 천장보다, 상대적으로 부착이 쉬운 장비의 상단에 부착한 결과 음영영역이 발생이 되어, RFID 적중률이 감소하였다고 판단이 된다. 위치추적기의 부착거리도 10미터가 적당하다고 하여, 라인의 레이아웃을 고려 10미터 당 배치를 하고 나서 경험적으로 위치조정을 하였으나, 향후에는 RFID 시스템 구축 시 적용되는 공간과 장애물을 고려한 위치추적기의 적절한 위치 선정 및 부착 개수의 최적화 알고리즘을 연구하여 적중률을 높이는 것이 중요한 요소이다.

또한 반도체 공장에는 많은 장비와 무선 시스템이 존재하여 주파수 상호 간섭에 의한 통신 장애가 발생할 수 있으므로, 주파수 간섭 문제를 사전 검증하여 적중률 감소를 최소화하여야 하며, 일정 계획 시스템 등 타 시스템과의 연동을 통한 작업자의 생산성 및 납기 준수율 향상에 대해 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- 김용국, 이영애 (2007), 공급사슬에서 RFID 기술의 적용을 위한 ROI 분석 모형, 한국SCM학회 2007하계발표대회.
- 양경식 (2005), 유비쿼터스 컴퓨팅 활성화를 위한 RFID 이용에 관한 연구, 건국대학교, 석사학위 논문.
- 이재범, 이학선, 정윤희, 이상철 (2006), 기술혁신의 관점에서 RFID 도입 영향요인에 관한 연구, 한국경영과학회지, 31(2), 41-55.
- 장운석 (2006), RFID의 현황 및 산업분야 활용 동향, 한국SCM학회 2006 학술대회 논문집.
- 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식 (2007), 실내 외 연속 측위 기술 동향, 전자 통신 동향분석, 22(3), 20-28.
- Albano, S. and Engels, D. W. (2002), Technical Report : Auto-ID Center Field Trial: Phase I Summary.
- <http://www.autoidcenter.org/research/MIT-AUTOID-TR-006.pdf>.
- Klaus Finkenzeller (2003), RFID Handbook, WILEY.
- Michael, K. and McCarthy, L. (2005), The Pros and Cons of RFID in Supply Chain Management, Proceedings of the international conference on mobile business, IEEE computer Society.
- Lee, Y. H. and Lee, B. J. (2003), Push-pull production planning of the re-entrant process, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 22, 922-931.
- Lee, Y. H., Park, J. K. and Kim, S. Y. (2002), Experimental study on input and bottleneck scheduling for a semiconductor Fabrication line, IIE Transactions, 34, 179-190.



김갑용

서강대학교 이공대학 물리학과 학사
서강대학교 경영대학원 MBA(MIS)
관심분야: 6시그마, RTE, SCM



채명신

텍사스 대학교 교육공학과 석사
일리노이 주립대학교(시카고) 경영정보학과
박사
현재: 서울벤처 정보대학원 대학교 정보경영
학과 교수
관심분야: HCI, e-Business/모바일 비즈니스



유재언

고려대학교 경영대학교 무역학과 석사
영국 헐 대학교 경영대학 경영시스템학과 석사
영국 링컨 대학교 경영대학 경영학과 박사
현재: 서울벤처 정보대학원 대학교 정보경영
학과 교수
관심분야: 인사 · 조직 이론, 시스템적 사고,
RTE