

Bluetooth 기반 네트워크 자동형성 설계 및 구현

강성호[†], 추영열^{‡‡}

요 약

망의 자동형성에 대한 많은 연구들은 주로 무선 센서 망과 애드혹 망에 대해 수행되었으며 그 결과들은 아직까지 공장자동화에 적용되지 못하였다. 본 논문은 블루투스 통신과 PDA(Personal Digital Assistant)를 이용하여 조업자의 위치에 종속됨 없이 공정 환경을 감시, 제어 하는 공정 관리 시스템의 개발에 관하여 기술한다. 이는 유선망을 사용할 수 없는 회전체의 설비진단에 필수적이다. 모바일 단말이 공정관리 서버의 통신 범위에 접근하면 서버는 이동 단말의 존재를 인지하여 스스로 네트워크를 형성한다. 사용자에 대한 인증과정을 거쳐 모바일 단말의 소유자 권한에 따른 모니터링 제어 프로그램을 자동으로 다운로드하여 설치한다. 또한 모바일 단말이 서버의 통신 반경을 벗어나게 되면 네트워크에서 제외하고 프로그램을 자동으로 삭제하여 리소스를 줄이고 모바일 단말의 분실 시 발생할 수 있는 보안상의 문제를 방지한다. 개발된 기능들은 공장 시뮬레이터에서 동작을 확인하였다.

Design and Implementation of Network Self-Configuration Based on Bluetooth

Seong-ho Kang[†], Young-yeol Choo^{‡‡}

ABSTRACT

Numerous researches on network self-configuration have been conducted on Wireless Sensor Network (WSN) and Ad Hoc network but the results have not been applied yet for factory automation. This paper presents development of intelligent process management systems conducting process monitoring and control irrelevant to physical position of a plant operator. The systems are indispensable for diagnosis of rotating machines which cannot exploit wired network. The system was implemented in a Personal Digital Assistant (PDA) using Bluetooth communication protocol. When a mobile terminal reaches to communication range of the process management server, the server detects the mobile terminal to re-configure plant network automatically. The server authenticates a user of the terminal to download and installs monitoring and control program considering authorized level of the user. If the terminal leaves communication range of the server, it deletes the node from the network and removes the program automatically to save resources and prevent security problems such as missing terminal. Operation of developed functions was verified in a testbed emulating steel-making plant.

Key words: Factory Automation, Bluetooth(블루투스), Self-Configuration(자동 형성), Ubiquitous Computing(유비쿼터스 컴퓨팅)

* 교신저자(Corresponding Author) : 추영열, 주소 : 부산
시 남구 용당동 535(608-711), 전화 : 051)629-1179, FAX
: 051)629-3753, E-mail : yychoo@tu.ac.kr
접수일 : 2008년 1월 26일, 완료일 : 2008년 8월 18일
† 준희원, 동명대학교 컴퓨터공학과 석사

(E-mail : calmsea90@nate.com)

‡‡ 종신희원, 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT
연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (IITA-
2008-C1090-0801-0004)

1. 서 론

유비쿼터스 환경을 구축하기 위해서는 자율적이고 다양한 요소(entity)들의 공통의 문맥(context)을 인지하고 처리 할 수 있는 기술, 즉 주어진 상황에 적절한 서비스를 제공하기 위한 상황인지기술이 필요하다. 상황인지기술에 기반한 *smart environment* 구축을 위해서 다양한 상황정보 (context information)가 유연하게 결합 (seamless integration)되어야 한다. 이러한 정보의 획득을 위해 Wireless LAN (IEEE 802.11), Wireless Sensor Network (WSN), Bluetooth등과 같은 무선 및 모바일 네트워크 기술이 필수적으로 요구된다.

유비쿼터스 기술의 응용으로 제조공정에서의 자동화를 들 수 있다. 공장 환경은 고전압, 고온, 분진 등의 환경과 통신 헤더의 실시간 서비스 요구 등으로 필드버스와 같은 별도의 공장 통신망이 발전되어 왔다[1,2]. 현대의 공장은 자동화 통신망을 근간으로 다수의 설비들이 연계되어 센서 및 제어기들에 의해 제품 및 공정에 대한 감시와 제어 기능이 수행되면서, 이를 기기로 부터의 헤더들이 실시간으로 전달된다[3,4]. 이러한 개별공정의 자동화 및 네트워크에 의해 통합된 자동화는 성숙단계에 이르렀으며 여기에 더하여 유비쿼터스 기술을 공장환경에 적용하려 시도가 유럽공동체의 Framework Program 6의 일환으로 SmartFactory라는 제목으로 시도되고 있다 [5]. 유비쿼터스 기술은 상황인지 기술에 바탕한 지능형 서비스의 제공, RFID(Radio Frequency IDentification)/USN(Ubiquitous Sensor Network)의 응용을 위한 모바일 통신망이 주요한 기반이 되나 엄격한 공정진행과 실시간 서비스에 대한 요구로 이를 공장자동화에 적용하기 위해서는 많은 기술적 제약이 있다. 특히, 센서 네트워크에서의 자동 망형성, 망복구 등의 기술은 적용시 실시간 응답성을 보장하도록 세심한 고려가 필요하다. [5]의 경우 생산 제품의 사양이 변경될 경우 소프트웨어의 수정없이 즉시 새로운 생산 지시에 적용할 수 있는 시스템을 목표로 지능형 제어 단말기, "useware"라 명명된 기존의통신 사양의 상위에 공통의 서비스 인터페이스를 두어 다양한 기기간 개방형 통신을 지원하는 기술, 웹기반의 양방향 인터페이스를 주 내용으로 하고 있다. 하지만 여기서는 공장 내의 다양한 기기들이 서로 다른

통신 사양을 갖는 것을 전제로 하여 망의 자동형성은 다루지 않고 있다. 자동 망형성 알고리즘은 센서 네트워크와 이더넷 상에서의 대규모 망 관리를 위한 연구가 있으나[6-8] 이는 실시간 공정의 자동화에는 직접 적용될 수 없으며 공장환경에 적용은 아직 시도되지 못하고 있다. [6]의 경우 통신거리가 제한된 네트워크 접속기를 부착한 다수의 이동로봇간 애드혹 망 자동형성에 대해 제안하고 있으나 이는 공장 환경에서의 자율주행 이동기기 환경과는 다르다.

이러한 배경에서 본 논문은 블루투스[9] 모바일 단말을 이용하여 관리자의 위치에 따라 유기적으로 공정 환경을 감시, 제어 하는 모니터링 관리 시스템을 제안하고 구현하였다. 각 공장의 Server가 이동 단말의 존재를 자동으로 인지하여 자동으로 링크가 형성되고(Self-Configuration) 인증과정을 거쳐 모바일 단말의 소유자 권한에 따른 모니터링 제어 프로그램을 자동으로 다운로드하여 설치한다. 이를 통해 사용자의 개입을 최소화하여 작업이 Seamless하게 이루어지게 함으로써 공장환경에서 *smart environment*를 구현하는 "Smart Factory"를 제안하고 구현하였다. 또한 모바일 단말이 공장을 이탈하게 되면 모바일 기기에서 이를 자동으로 인지하고 프로그램을 삭제하여 리소스를 줄이며, 모바일 단말의 분실과 같은 상황에서 발생할 수 있는 보안상의 문제를 방지코자 ID와 패스워드에 의한 신원인증 기능을 구현하였다. 이러한 기능은 공장 환경에서 유선 네트워크를 사용할 수 없는 회전체의 설비 관리 시, 그리고 한 명의 설비관리자가 다수의 공정을 관리하거나 원격에서 조업자 통신을 통해 설비를 조정하여야 하는 장치 산업의 경우에 대단히 유용하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 블루투스의 개념과 기술적 특징, 네트워크 구성에 대해서 기술하고 3장에서는 Smart Factory System의 구성에 대해서 기술한다. 그리고 4장에서는 블루투스를 이용하여 Self-configuration을 적용한 압연 공정 시뮬레이터를 제어할 수 있는 Smart Factory System의 세부 동작 및 기능에 대해서 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 블루투스(Bluetooth)

블루투스는 근거리, 저전력 무선 인터페이스 장비

표 1. 블루투스 사양

Frequency Band	2.4GHz 대역의 ISM (2.402GHz ~ 2.480GHz)
전송 속도	Rate : 1Mbps
변조방식	GFSK (Guassian Frequency Shift Keying)
전송 거리	10m ~ 100m
주파수 호핑 방식	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) per sec 1600th hopping 1 time slot = 625us 79/23 channel hopping
송신 파워	class1 : 100mW class2 : 2.5mW class : 1mW

로써 2.4GHz의 ISM(Industrial, Scientific, and Medical)의 주파수 대역을 사용한다[10]. 다른 무선 장비와의 주파수 충돌을 피하기 위해 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식의 물리적인 채널을 가진다[11]. 블루투스의 간략한 사양을 표 1에 요약하였다.

블루투스의 네트워크는 하나의 Master와 7개의 Slave로 구성되는 피코넷(Piconet)을 기반으로 한다. 또한 이러한 피코넷 간의 상호연결을 스캐터넷(Scatternet)으로 정의하여 블루투스의 확장형 네트워크를 제공한다. 각 피코넷을 중계하는 브리지 노드(Bridge node)로써는 한 피코넷의 Master가 피코넷 간의 데이터를 중계하는 Master-Slave 브리지(M/S Bridge) 형태와 피코넷의 Slave가 중계 역할을 하는 Slave-Slave 브리지(S/S Bridge) 형태가 있다. 브리

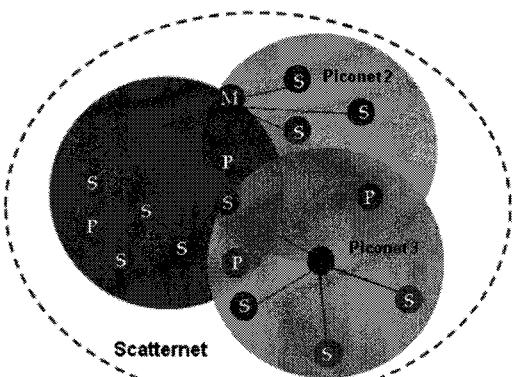


그림 1. Bluetooth Network

지 노드의 역할과 배치에 따라 피코넷은 다양한 방법으로 연결될 수 있으며 피코넷의 접속 방식에 따라 여러 형태의 스캐터넷 토플로지(Topology)가 가능하다.

블루투스의 Master와 Slave의 연결은 그림 2와 같아 Inquiry, Inquiry scan, Inquiry response, Page, Page scan, Slave response, Master response, Connection 순으로 연결되며 TDD(Time Division Duplex) 기법을 사용하여 채널을 625us 타임 슬롯으로 나누어 각 슬롯에 대하여 다른 hop 주파수를 사용한다. 이는 초당 1600회 hop rate을 제공한다. 하나의 슬롯마다 하나의 패킷이 전달되며 계속된 슬롯들은 교대로 송신과 수신에 사용된다. 피코넷은 Master의 액세스 코드(Access Code)에 의해 식별되며, 같은 피코넷에 속한 노드들은 FHS(Frequence Hop Synchronization) 필드에 의해 각 노드간의 클럭이 동기화된다[12].

망 자동형성 및 자동치유 (self-healing)는 ad hoc 망과 WSN을 대상으로는 많은 연구가 수행되었으나 이를 실시간 공정제어에의 적용하는 데는 다음과 같은 사항이 고려되어 있지 않아 적용되지 못하고 있다. 첫째, 공정제어의 경우 엄격한 실시간성이 요구되어 자동형성 및 자동치유 과정에서 발생하는 시간 지연이 공정마다 상이한 시간제약성 (timing constraint)을 만족하는지에 최악의 경우 성능(worstcase performance)을 대상으로 분석되어 있지 않다. 기존의 연구는 망 구성의 신뢰성 및 에너지 효율성에 치중되어 공장 환경의 가장 중요한 요소인

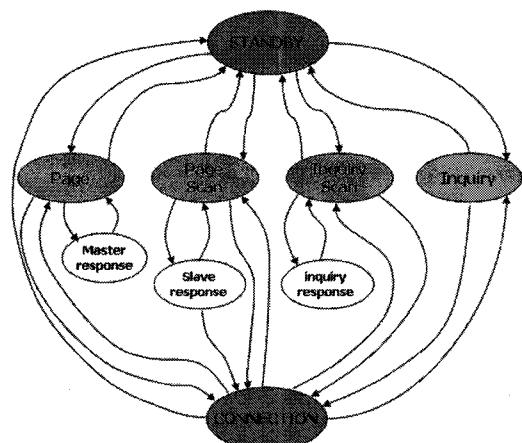


그림 2. Bluetooth의 연결상태(State)

시간의 제약에 대한 연구가 미비하다. 둘째는 공정에 따라 수행해야 할 작업들이 자동화 기기들에 구현되어 사전에 계획된 순서에 따라 동작하므로 이러한 예외사항이 발생되지 않도록 사전에 검증되고 이에 따라 각 태스크가 정적으로 scheduling 되는 용용이 대부분이다. 향후 이동기기와 WSN 기술이 발전함에 따라 실시간 공정에 적용할 필요성이 발생할 경우 필요성이 대두될 것이다. 셋째는 WSN, ad hoc 망의 용용 환경이 분진, 소음, 진동 등을 갖는 공장환경과 제약 조건이 달라 원자력 발전소 제어설비, 철강공정과 같이 국제 표준에 의해 제어시스템의 사양이 보수적으로 규격화되어 있는 환경에 적합하지 않다는 점이다. 넷째는 무선통신의 전송거리 제한과 전자파 간섭 현상에 따른 시스템의 불안정성에 대하여 완벽한 해결책이 없다는 점을 들 수 있다.

본 논문은 위와 같은 문제점에도 불구하고 유비쿼터스 기술의 공장자동화 적용에 대한 선행 연구의 한 결과로써 블루투스 기술을 이용한 상황인지형 공정 감시 시스템의 구현을 자동 망 형성 기능을 중심으로 기술한다.

3. Smart Factory System 구성

근래의 공장 환경은 공장자동화에 따라 설비관리자가 운전실의 관리자와 통신하면서 설비의 검사 및 조정 등의 업무를 수행하는 경우가 빈번하다. 이 경우 운전자와 통신 및 동일한 제어기기의 상태를 보면서 조업과 설비의 관리가 진행되므로 이를 지원할 보다 지능화된 시스템의 구축이 필요하다[2].

이 장에서는 제철소의 암연공정을 예로써 작업자 또는 관리자의 위치에 따른 적절한 관리시스템을 운영하고 조업자의 대략적인 위치를 인지하는 지능형 무선 공정관리 시스템의 구현에 대해 설명한다.

3.1 공장 Simulator

시스템의 구현 및 테스트를 위해 그림 3과 같이 암연 공정을 모사하는 공정 시뮬레이터를 설계, 제작하였다. 시뮬레이터의 제어와 모니터링을 위한 D/I(Digital Input), D/O(Digital Output)와 A/O(Analog Output), A/I(Analog Input) 통신이 가능한 DAQ(Data Acquisition) 보드를 장착하고 Master PC는 기기와 DAQ 보드를 통해 제어 및 상태감시를

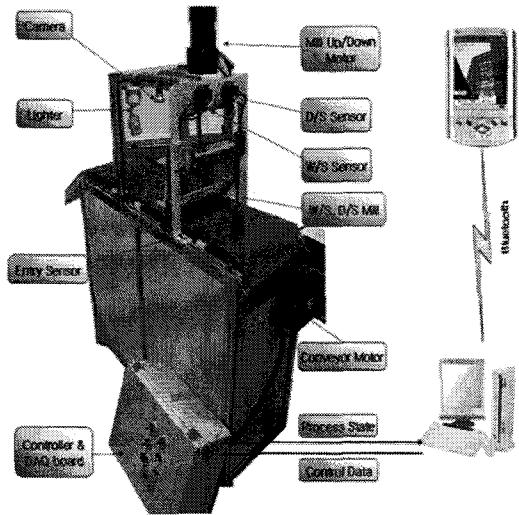


그림 3. 암연공정 Simulator

수행한다. 또한 최종의 품질 검사 단계로 카메라를 이용, 철판의 화상 정보를 분석하여 품질을 판별한다. 기기의 구성은 철판의 이동을 위한 컨베이어와 암연을 위한 롤을 장착하였고 롤의 D/S(Driver Side), W/S(Work Side) 제어를 위해 레이저 센서를 통하여 측정하고 서버에 전송한다.

각각의 생산위치에 부착된 센서에 암연 롤의 위치, 철판 표면의 화상정보 등 측정된 데이터는 전체 공정을 제어 관리하는 Server로 전달된다. 시뮬레이터가 제공하는 기능은 다음과 같다.

- 철판의 이동을 관리하는 컨베이어 벨트의 동작
- D/S, W/S의 정보를 수신
- 롤의 높이를 제어
- 공정 중 철판의 화상정보를 수집
- 조명을 제어할 수 있는 기능

3.2 시스템 전체 구성

아래 그림 4는 시스템의 전체 구성 및 기능을 나타낸다. 중앙 Server는 시뮬레이터를 제어하고 블루투스 네트워크를 관리하며, 클라이언트는 PDA 상에 구현하였으며 공장의 작업자가 이를 통해 공정을 감시, 제어한다.

Server_Agent는 블루투스 통신을 이용하여 모바일 단말이 Server의 통신 반경에 진입하였는지를 감지하고 단말의 가입, 탈퇴를 수행 한다. 기능별로 각 모듈을 살펴보면 단말기의 등록/수정/삭제, 사용자

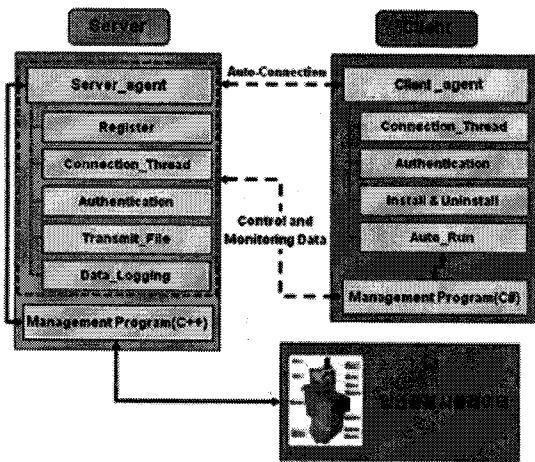


그림 4. 시스템 전체 구성

인증, 네트워크 감시, 프로그램 전송 모듈, 로깅 (Logging) 프로그램 모듈로 구성된다. 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 단말기의 정보 등록/수정/삭제 모듈 : 사원정보, 기기의 MAC (Media Access Control) 주소를 사전에 정의하여 조업자의 권한을 지정
- 네트워크 감시 모듈 : 모바일 단말의 네트워크 가입/탈퇴를 모니터링
- 사용자 인증 모듈 : 네트워크 진입 시 사전에 정의된 사용자의 권한을 지정하고 인증을 통한 모니터링 제어의 권한 설정
- 프로그램 전송모듈 : 모바일 단말이 네트워크에 접속하여 인증이 완료되면 공정 관리 프로그램을 단말기기로 전송
- 데이터 로깅 기능

Client_Agent는 블루투스 기능을 탑재한 이동 단말이 Server의 블루투스 통신영역으로 진입 시 동작하는 Agent이다. Client_Agent는 네트워크 자동 접속, 사용자 인증, Auto-Install/Uninstall 모듈, 시스템 제어 모듈로 구성된다. 기능은 아래와 같다.

- 네트워크 자동접속 모듈 : 단말의 블루투스 네트워크를 감시하여 Server의 통신영역으로의 진입을 감지하고 접속
- 사용자 인증 모듈 : Server로 단말의 MAC 주소와 ID, Password를 전송하여 단말의 권한을 부여 받음
- Auto-Install/Uninstall 모듈 : Server와의 통신을 감지하여 다운로드 된 프로그램을 설치하고

통신영역 이탈 시 프로그램 자동 삭제

- 시스템 제어 모듈 : 설치된 프로그램을 구동하는 시스템 본 논문에서는 앱연 공정 관리 모듈을 다운로드 하여 실행

4. Network self-configuration 구현

4.1 개요

관리자가 블루투스가 탑재된 이동 단말을 소지하고 공장에 진입 했을 때 공장의 Server는 관리자의 이동 단말을 자동으로 인식하여 이동 단말의 인증을 통해 네트워크를 구성한다. 네트워크 형성 후 관리자의 권한이나 직책에 따라 프로그램을 자동으로 전송하고 공정 관리 프로그램이 모바일단말에 설치됨에 따라 공정을 모니터링, 제어 할 수 있다. 또한 관리자가 통신 영역을 이탈하였을 경우 이동 단말은 전송 받은 정보와 프로그램을 자동으로 삭제하여 자원을 효율적으로 관리한다. 블루투스의 SDP(Service Discovery Protocol)를 통해 PIN번호 교환 등의 과정을 거쳐 Self-Configuration 기능을 구현하였다. 본 논문에서는 Self-Configuration의 동작을 작업자의 이동에 따른 네트워크의 자동설정을 담당하는 Auto-connection과 공장 내부 장비를 제어 모니터링 하는 Auto-management의 두 기능으로 구분하여 시스템을 구현하였다.

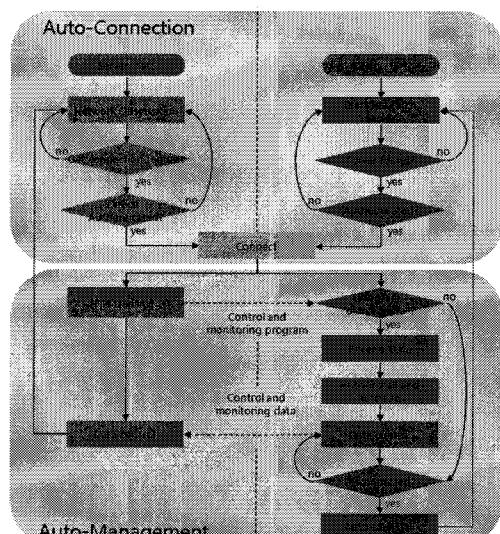


그림 5. Self-configuration 과정 순서도

그림 5는 블루투스를 이용한 망 자동형성 과정을 설명한다. 다음과 같은 순서로 기능이 수행된다.

- 1) 작업자가 PDA를 가지고 공장 영역에 진입.
- 2) PDA는 작업영역으로의 진입을 감지하고 접속 요청.
- 3) Server는 PDA에게 사용자의 ID와 패스워드를 요구
- 4) PDA는 작업자에게 ID와 패스워드 입력을 요구, 입력된 정보를 서버에 전송.
- 5) Server는 저장된 ID 및 패스워드 정보와 비교하여 인증
- 6) 인증이 성공하면 작업자의 권한에 따라 공정 프로그램 및 데이터의 전송, 실행.
- 7) 작업자는 무선랜을 통해 공정 감시 및 제어.
- 8) Server는 주기적으로 PDA의 영역내 존재를 확인
- 9) 응답이 없을 경우 블루투스 등록 리스트에서 삭제
- 10) 영역 내 재진입하여 접속 요청시 세션 재설정.

4.2 Auto_Connection

Auto_Connection은 작업자의 작업영역 진입, 이를 감시하여 모바일 단말의 이동을 인지하여 관리하는 모듈이다(그림 6 참조). 본 논문에서는 모바일 디바이스들의 컴포넌트 함수들을 제공하는 “In The Hand”의 블루투스 라이브러리를 사용하여 블루투스 Personal Area Network (PAN) 프로파일을 구현하고 이를 보완하여 자동접속 추가하였다.

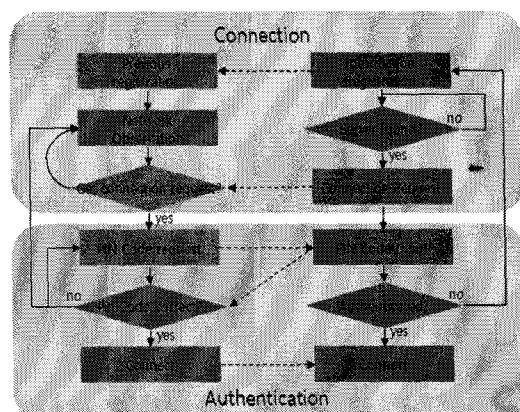


그림 6. Auto_Connection 과정 순서도

4.2.1 Connection

작업자의 이동 단말은 Client_Agent를 통하여 일정한 시간간격으로 Server 측으로 연결을 시도한다. 이동 단말이 블루투스 통신 영역(공장)에 진입하면 네트워크를 구성하기 위해 통신 반경에 위치하는 블루투스 기기들의 서비스를 SDP(Service Discovery Protocol)을 통해 파악하고 각 노드들의 필요한 정보를 획득하여 네트워크를 형성한다. 하지만 모바일 단말의 빈번한 이동으로 서비스 발견을 위한 멀티캐스트 메시지의 패킷 과부하가 빈번히 발생한다. 이러한 서비스 발견 패킷의 과부하를 감소하고 네트워크를 형성하기 위해 연결에 필요한 정보(상대방 Bluetooth address)를 각 Agent에 사전에 등록한다. 즉, 단말기는 연결될 블루투스 정보를 이미 가지고 있어 서비스 발견 단계가 필요 없으므로 패킷 과부하 없이 자동으로 네트워크가 형성될 수 있다. 이는 새로운 장비를 통해 네트워크를 접속하기 위해서는 사전에 각 장비들의 정보를 교환해야 함을 의미하며 Server를 제외한 유휴상태의 각 블루투스 장비들은 블루투스의 Connected, Sniff, Hold, Park모드 중 Park 모드로써 동작한다.

4.2.2 Authentication

Server_Agent 역시 모바일 단말의 블루투스 정보와 작업자의 정보들을 저장하고 있으며 이동 단말의 연결 요청 시 저장된 정보(Device MAC address, 작업자 ID, Password)를 검사하여 인증과정을 거쳐 연결을 수락한다. Server 측은 ID와 패스워드를 통한 인증 과정을 통해 보안을 유지 하며 등록되지 않은 사용자가 블루투스 네트워크에 접속을 시도할 경우 Server에의 접속을 차단한다. 작업자가 단말기를 분실 했을 경우 Client_Agent의 인증 모듈인 사용자 아이디와 패스워드를 통해 일정정도 보안기능을 제공한다.

4.3 Auto_Management

Auto_Management는 공정 제어에 필요한 공정 제어 프로그램의 전송, 설치, 삭제를 담당하는 모듈이다. Auto_Connection 모듈에 의해 네트워크가 형성되면 공정제어 프로그램을 자동으로 전송하게 되고 이를 수신한 모바일 단말은 프로그램을 파싱하여 설치한다. 또한 작업자가 작업 영역을 벗어나게 되면

자동으로 공정제어 프로그램을 모바일에서 삭제한다. 하지만 작업자가 원하지 않은 네트워크 종료 상황이 발생 할 수 있으므로 프로그램의 삭제여부를 사용자가 선택을 할 수 있도록 설계하였으며 네트워크를 이탈하여 일정 시간이 지나면 자동으로 프로그램을 삭제한다.

4.3.1 Transmit file

Server_Agent는 Client_Agent로부터 연결 요청을 받고 인증과정을 거쳐 등록된 장비로 확인되면 블루투스의 “File Transfer Profile”을 통해서 공정 관리 프로그램을 전송한다. Server 측은 Client_Agent 상태 정보를 Device Class를 생성하여 보관한다. Server는 파일 전송 이전에 Client를 위한 Device Class를 생성하고 프로그램 전송 상태를 확인 한 다음 Client의 관리프로그램의 존재 여부에 따라 파일을 전송 한다.

4.3.2 Receive_File / Auto_Run / Auto_Uninstall

Server_Agent에서 전송한 관리 프로그램은 모바일 단말의 Client_Agent에서 자동으로 수신한다. 이 때 전송 된 프로그램은 실행 파일로써 Client_Agent의 실행 모듈을 통해 공정을 파악한 후 자동으로 실행된다. 또한 연결된 블루투스 장비들은 주기적으로 Poll, Null 데이터를 송수신하여 네트워크 범위 내 접속 상태를 감시한다. 데이터의 송수신이 없을 경우 Client_Agent는 범위를 벗어난 것으로 간주, 프로그램의 삭제 여부를 작업자에게 알리며 만약 삭제하지 않았을 경우 Client_Agent의 Timer Class를 통해 지정된 시간이 지난 후에는 자동으로 삭제된다. GUI 프로그램을 통해 Server_Agent의 모니터링과 로깅을 관리하고 Client의 진입, 탈퇴, 제어 메시지의 송신 이력을 저장하여 작업자의 활동내역을 검색한다.

4.4 구현된 망 자동형성 시간 측정

이상에 구현된 자동형성을 위한 연결 지연 시간을 확인하기 위해 테스트 베드 상에서 측정하였다. 측정 방법은 다음과 같다 (그림 7 참조).

- PDA는 망의 범위에 들어가면 연결 요청 메시지를 자신의 ID 및 패스워드와 함께 서버에 보낸다.
- 서버는 블루투스 주소와 ID/패스워드 쌍이 이

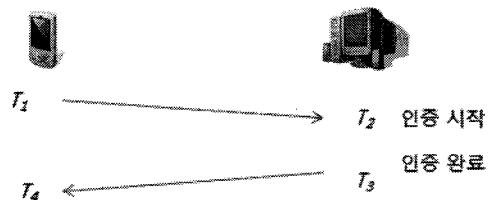


그림 7. 구현된 시스템의 망 형성 연결 지연시간 성능 측정

미 등록된 사용자인지 인증한다.

- 인증이 성공하면 연결을 허락하고 공정감시 모듈을 전송한다.

연결 지연시간 측정시 PDA와 서버의 클럭이 동조되어 있지 않으므로 연결 지연 시간은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$T_d = T_4 - T_1 - (T_3 - T_2) \quad (1)$$

(1)식에서 $T_1 \dots T_4$ 및 T_d 는 다음과 같다.

T_d : 연결 지연 시간

T_1 : PDA가 연결 요청 메시지를 전송했을 때의 PDA 시스템 시작

T_2 : 서버가 메시지를 수신했을 때의 서버 시스템 시작

T_3 : 서버가 인증 완료 후 연결 수락 메시지를 보낸 순간의 서버 시스템 시작

T_4 : PDA가 수락 메시지를 받았을 때의 PDA 시스템 시작

(1)식에서의 T_d 는 서버가 연결 수락 메시지와 함께 $(T_3 - T_2)$ 값을 송신함으로써 PDA에서 계산하였다. 총 5회 측정하였고 각 회수마다 10번 반복 측정하여 평균을 구한 결과를 표 2에 나타내었다. 지연시간의 평균은 약 0.6초 정도로 통상 공장환경에서 GUI update 시간으로 요청되는 1초 이내였다.

표 2. 망 형성 연결 지연시간 성능 측정 결과

회	1	2	3	4	5	평균
지연 시간 (msec.)	652.7	592.9	638.7	612.3	603.1	619.4

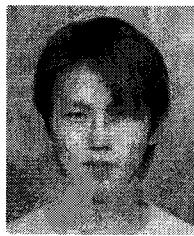
5. 결 론

본 논문에서는 제철소의 압연 공정을 모델로 유비

쿼터스 기술의 공장자동화 응용을 위한 네트워크의 자동형성 기능을 구현하였으며 네트워크의 제반사항을 관리, 감독하기 위한 Agent를 개발하였다. 망의 자동형성 기능은 블루투스의 SDP를 기반으로 개발하였으며 연결 제어를 위해 C# 기반의 “In The Hand”的 라이브러리를 사용하였다. 개발된 시스템의 동작여부를 확인하기 위해 압연공정을 모사한 테스트베드를 설계, 제작하였다. 이를 대상으로 공정의 감시 및 제어, 화상정보를 통한 제품의 표면 흠 탐지 기능을 수행하는 공정관리 서버를 구현하였으며 이동단말이 블루투스 망을 통해 서버와 접속, 동일한 기능을 수행할 수 있도록 PDA에서 동작하는 클라이언트 모듈을 개발하였다. 각각 다른 환경에서 구현된 프로그램들을 연동하기 위해 가상 터미널을 개발하여 이를 Server_Agent에 구현하였다. Server는 모바일 단말이 서버 네트워크 반경으로 진입하면 이를 파악하여 자동으로 접속, 제어 프로그램의 전송 및 수신, 설치, 삭제 기능을 수행한다. 서버와 PDA의 클라이언트는 주기적인 통신을 통해 망을 관리하고 압연공정의 테스트 베드를 감시 및 제어한다. 현재는 보안을 위해 사용자의 ID와 패스워드를 통해 간단한 신원인증 기능을 제공하나 향후 프로그램의 설치, 삭제 시 발생 할 수 있는 보안 문제에 대처할 수 있는 기능의 확대가 요구된다. 또한, 본 연구에서는 블루투스를 기반으로 망형성을 구현하였으나 블루투스가 아닌 무선 근거리 통신망 또는 센서 네트워크를 적용할 경우, 공장 환경과 센서 네트워크의 사양을 고려한 별도의 망형성 기능이 개발되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Z. W. Park and M. K. Kim, “Design of an Integrated Fieldbus Gateway,” *KORUS 2005 Proc. of The 9th Russian-Korean International Symposium on Science and Technology*, pp. 843-846, 2005.
- [2] Y. Y. Choo and C. H. Kim, “Periodic Communication Support in Multiple Access Networks Exploiting Token with Timer,” *LNCS*, Vol.2662, pp. 141-150, 2003.
- [3] U. Bilstrup and P. A. Wiberg, “Bluetooth in Industrial Environment,” *Proc. of IEEE Workshop on Factory Communication Systems (WFCS 2000)*, pp. 239-246, 2000.
- [4] D. McFarlane, S. Sarma, J. L. Chirn, C. Y. Wong, and K. Ashton, “Auto ID systems and intelligent manufacturing control,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol.16, pp. 365-376. 2003.
- [5] SmartFactory: the future of industrial automation, <http://www.dfski.ui-kl.de/smartfactory/bediensystem.en.htm>
- [6] G. Antonelli, F. Arrichiello, S. Chiaverini, and R. Setola, “A Self-configuring MANET for Coverage Area Adaptation Through Kinematic Control of a Platoon of Mobile Robots,” *Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1332-1337, Aug. 2005.
- [7] H. R. Jang, N. Leelathakul, and H. S. Kim, “Hierarchical Self-Configuration of Large-Scale Ethernet Networks,” *Proc. of IEEE GLOBECOM*, pp. 193-197, Nov. 2007.
- [8] M. R. Thoppian and R. Prakash, “A Distributed Protocol for Dynamic Address Assignment in Mobile Ad Hoc Networks,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol.5, No.1, pp. 4-19, Jan. 2006
- [9] Bluetooth SIG, “Specification of the Bluetooth System Ver1.2,” In <http://www.bluetooth.org>, 2003.
- [10] N. Golmie, O. Rebala, and N. Chevrollier, “Bluetooth Adaptive Frequency Hopping and Scheduling,” *Proc. IEEE Military Comm. Conf. (MILCOM '03)*, Vol.5, pp. 1138-1142, 2003.
- [11] P. Bhagwat, “Bluetooth: Technology for Short-Range Wireless Apps,” *IEEE INTERNET Computing*, pp. 96-103, 2001.
- [12] J. Bray and C. F. Sturman, “*Bluetooth 1.1 Connection Without Cable Second Edition*,” Prentice Hall PTR, 2001.



강 성 호

2006년 2월 동명대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2008년 2월 동명대학교 컴퓨터공학과 석사
관심분야 : USN, IPv6, Location Tracking, Ubiquitous Computing, Vision system.



추 영 열

1986년 2월 서울대학교 제어계측 공학과 졸업
1988년 2월 동대학원 석사
2002년 2월 포항공과대학 박사
1988년 6월 ~ 1994년 6월 포항산업과학기술연구원 선임 연구원
1994년 7월 ~ 2002년 8월 포스코 기술연구소 책임연구원
2002년 9월 ~ 현재 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수
2005년 1월 ~ 7월 독일 Fraunhofer IESE Visiting Scientist
2006년 11월 ~ 현재 U-Port ITRC 센터장
관심분야 : USN, Ambient Intelligence, 컴퓨터통신, 공장자동화, 네트워크 보안