

# 콤바인 원격 모니터링을 위한 게이트웨이 설계 및 개발

문용균 송유환 신기영 이상식 최창현 문정환

## Design and Implementation of the Gateway for Remote Monitoring a Combine

Y. K. Moon Y. H. Song K. Y. Shin S. S. Lee C. H. Choi J. H. Mun

### Abstract

The objective of this study was to design and implement a gateway for remote monitoring a combine. Many researchers have designed and implemented trouble-shooting system of agricultural machine. but the system didn't have network system or used wired network system. But monitoring machine have been operated in the out of door. In such an environment, each machine have to be operated under on a guarantee of mobility and stability. Thus, we have developed a gateway with an embedded system including the XScale PXA255 processor and wireless network device. We have also built an embedded Linux kernel and several devices. We developed an embedded application for monitoring a combine and this application is also capable of receiving signals from other clients and sending them to a server via Wireless LAN. Finally, results of performance evaluation which measured CPU share and memory sizes have shown that it is possible to provide monitoring service stably.

**Keywords :** Monitoring system, Gateway, Server, Embedded linux system.

### 1. 서론

1960년대 이후의 지속적인 경제 성장 및 도시화 과정은 농촌 사회의 노동력 유출을 가속화 하였으며 노동 인구의 부족, 기존 인구의 노령화 및 부녀화를 초래하였다. 이러한 변화는 노임의 상승으로 이어져 농가의 부담은 가중되고 소득은 감소하였다. 따라서 정부는 '농업 기계화 기본계획'을 1980년부터 시행하여, 일반 기계화 촉진 사업, 생산비 절감 기계화 사업이 진행되었다(농업기계연감, 2001). 이러한 사업은 농업 기계의 보급을 확대하였으며, 적기 영농을 실현하고, 식량의 안정적 생산을 가능하게 하였다. 2006년 국내 보급된 농업 기계는 트랙터 236,707대, 이앙기 325,351대, 콤바인 86,492대로 벼 농사 기계화율이 90%에 달한다(농림부, 2006).

그러나 농업기계의 보급 확대에 따라 잦은 기계 고장과 빈

번한 안전사고 발생, 부실한 사후 봉사 등의 각종 소비자 문제가 발생하였다. 특히 콤바인은 연평균 3.1회 수리를 받아 농업 기계 중 고장이 가장 많은 기종이며(농업공학연구소, 2005), 일시적인 고장으로 적기 영농을 추진하기 어려워 농업 기계의 사후 관리가 강조되고 있다. 하지만 국내의 사후 관리 체계는 아직도 고장 신고, 대리점 재고 파악, 방문 수리 순서의 근대적인 관리 체계로 운영되고 있으며, 이 조차도 농업인의 전문 지식 부족, 보관 관리 미숙, 고장 원인 파악의 어려움 및 부품 재고 부족으로 제대로 운영되지 못하는 실정이다. 따라서 콤바인의 고장 유무를 지속적으로 측정 하고, 정보를 원격으로 전송하고 관리하여 농업인 및 수리원에게 제공할 수 있는 체계적인 사후 관리 시스템 개발의 필요성이 대두되고 있다. 또한 이를 위해서 각국의 여러 연구자들에 의해 다양한 방법이 시도되고 있으며 보고된 연구는 크게 고장 진단 시스

This study was conducted by the research fund (204057-3) supported by Agricultural Research & Development Promotion Center (ARPC). The article was submitted for publication in April 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in June 2007. The authors are Y. K. Moon, Y. H. Song, K. Y. Shin, Research Assistant, S. S. Lee, Research Professor, C. H. Choi, and J. H. Mun, Professor, KSAM member, Dept. of Biomechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea. Corresponding author: J. H. Mun, Professor, Dept. of Biomechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, 440-746; Fax: +82-31-299-4825; E-mail: <jmun@skku.ac.kr>.

템 분야와 네트워크 시스템 분야로 나뉜다.

고장 진단 시스템에 관한 연구는 주로 진동 특성에 관한 연구가 진행되어 왔으며, 이를 콤바인 설계 및 기계 진단에 응용하였다(김 등, 2001; 최 등, 2001; Li 등, 2007). 이를 바탕으로 최 등(2007)은 콤바인 예취부의 고장 진단을 위하여 고장 특성에 관한 연구를 수행하였다. 보고된 연구는 리그 파손유무, 칼날 작동유무, 칼날 이격 및 구동축 마모의 상태 진단이 가능함을 나타내어 콤바인 고장 진단 가능성을 제시하였다. 그러나 현재까지의 고장 진단 시스템 관련 연구는 네트워크 시스템이 적용되지 않아 원격지에서의 정보 확인이 불가능하다.

네트워크 시스템에 관한 연구는 정보 수집을 위한 서버 시스템(Server System)과 전송을 위한 게이트웨이 시스템(Gateway System)으로 나뉘어 진행되어 왔으며, 농업기계의 자동화, 영상 수신, 곤충의 이주, 작물의 성장 상태 모니터링, 지리 정보 시스템에 응용되었다(Jensen 등, 2000; Chung 등, 2001; Drake 등, 2002; Stentz 등, 2002). 서버 시스템은 농업 분야뿐만 아니라 산업 전반에 응용되어 많은 연구가 진행되었다. 특히 최근의 연구(Mathiyalagan 등, 2005)는 원격지에서 전송된 정보를 수신하고, 웹(Web) 서비스를 통해 사용자에게 정보를 제공할 수 있는 서버 시스템을 개발의 가능성을 제시하였다. 그러나 보고된 서버 시스템을 사후 관리 시스템에 적용하기 위해서는 노외 지역에서 정보 전송이 가능한 게이트웨이 시스템 개발이 선행되어야만 한다.

게이트웨이 시스템은 주로 서버 시스템과 연동하여 모니터링(Monitoring) 시스템에 응용되었다. 그러나 보고된 연구(Jensen 등, 2000; Chung 등, 2001; Drake 등, 2002)는 디지털 신호 기반의 표준화된 통신 방식을 사용하지 않아 각 노드(Node) 간 동기화가 유지되기 어렵고, 타 기기와 호환되지 않으며, 노외 작업 중 발생하는 잡음에 큰 영향을 받는다는 한계점을 지닌다. 그리고 McKinion 등(2004)이 정밀 농업을 위하여 제시한 트랙터, 피커, 분사기, 콤바인 간 영상 전송 시스템은 2년 동안 성공적으로 운용하였다. 하지만 PC를 이용하여 게이트웨이 시스템을 구현하였기 때문에 입·출력부의 확장이 어렵고 안정적인 서비스가 불가능한 한계점을 지닌다. 따라서 노외 지역에서 정보 전송을 위해서는 노드 간 동기화를 유지할 수 있고, 타 기기와 연동이 가능하며, 통신 시 잡음을 최소화할 수 있는 디지털 신호 기반의 표준화된 통신 방식을 사용해야 한다(Wei 등, 2005). 또한 임베디드 시스템을 이용하여 입·출력 부의 확장이 가능하도록 해야 하며, 안정적인 서비스가 가능하도록 개발해야 한다(Samad 등, 2007).

그러므로 본 연구에서는 임베디드 시스템과 표준화된 네트워크 시스템을 이용하여 원격 모니터링 게이트웨이를 개발하

고자 한다. 이를 위하여 워터폴(Waterfall) 모델(Sommerville, 1982)을 기반으로, 게이트웨이의 요구사항 정의, 설계, 구현 및 성능평가를 수행하고 사후 관리 시스템 개발 가능성 및 한계점에 관하여 제시하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 게이트웨이의 요구사항 및 설계

사후 관리 시스템을 그림 1과 같은 클라이언트-서버(Client-Server) 구조로 나타내었다. (A)는 노외 지역에서의 콤바인 원격 모니터링 시스템을 의미한다. (A)는 콤바인의 이동성을 보장해야 하며 서버 시스템(D)로의 정보 전송이 가능하여야 한다. (B)와 (C)는 농업인과 수리원으로 서버 시스템(D)으로부터 정보를 제공받을 수 있어야 한다. 이를 바탕으로 본 연구에서 개발하고자 하는 모니터링 게이트웨이는 그림 2에 나타내었다.

콤바인(D)에는 그림 2와 같이 측정 시스템(E)과 게이트웨이(F)를 장착하여 현재 상태를 측정하고 정보 전송이 가능하도록 설계하였다. 최적의 네트워크 시스템 설계를 위하여 선행 연구(McKinion 등, 2004)에서 2년 동안 성공적으로 운용한 무선랜(Wireless LAN, IEEE 802.11)을 사용하도록 설계하였다.

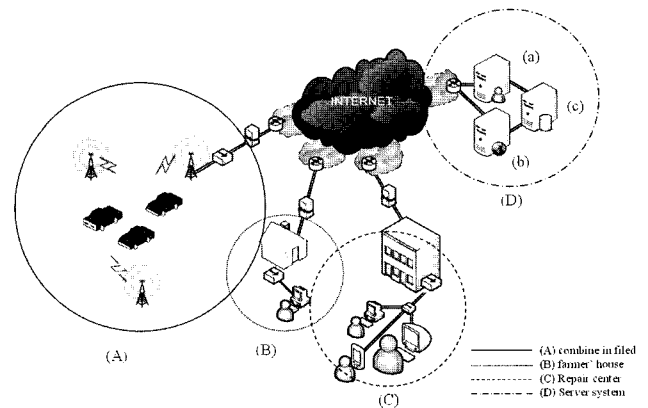


Fig. 1 The whole system for remote monitoring.

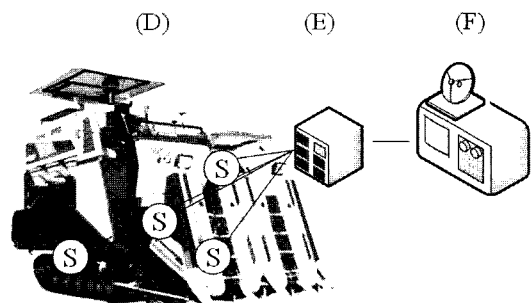


Fig. 2 Monitoring gateway in a combine.

나. 게이트웨이 시스템 설계 및 구현

1) 측정 시스템 시뮬레이터

게이트웨이의 개발을 위해서는 각종 측정 기기와의 연동이 필수적이다. 하지만 다양한 통신 환경, 측정 시간 및 측정 횟수의 제한성, 고장 데이터 발생의 어려움이 존재하여 게이트웨이 성능 평가에 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 측정 시스템을 대체 할 수 있는 시뮬레이터를 그림 3과 같이 개발하여 측정 시간 및 횟수를 늘리고, 실제 실험에서 측정하기 어려운 제한 영역의 데이터를 발생

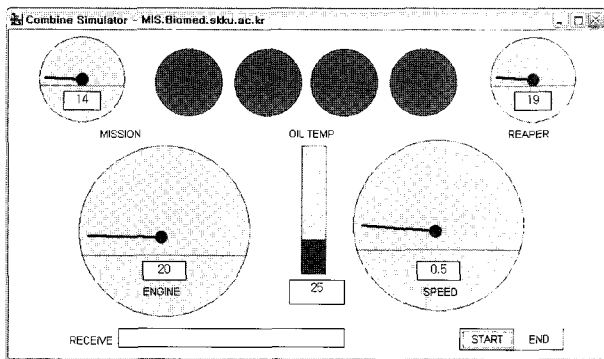


Fig. 3 Combine Simulator.

시킬 수 있도록 하였다. 시뮬레이터는 2,400 bps부터 115,200 bps까지 다양한 통신 환경을 지원하도록 개발되었다. 그리고

동기화/비동기화 통신 방식을 선택할 수 있으며 샘플링 주기는 1/60 Hz-200 Hz까지 설정 가능하도록 개발되었다. 엔진 RPM, 트랜스 미션 RPM, 예취 RPM, 유압온도, 예취부 승하강 상태, 주행속도의 정보를 모의 생성하여 전송할 수 있도록 개발되었다.

2) 게이트웨이 시스템

가) 하드웨어의 선정

기존의 연구(McKinion 등, 2004; Craessaerts 등, 2005)에서 사용한 PC는 입·출력 부의 확장이 어렵고 안정적인 서비스가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 임베디드 하드웨어를 사용하고, 운영체제(Operating System) 및 어플리케이션(Application)을 개발하여 게이트웨이를 개발하였다. 임베디드 시스템은 실시간 처리, 이동성, 기기의 독립성, 서비스의 안정성, 시스템의 확장성을 보장할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이를 바탕으로 선정한 하드웨어는 하이버스 社의 X-Hyper255B 개발 보드이며, 그 구조는 그림 4와 같다. X-Hyper255B의 주요 제원은 표 1로 나타내었다. 본 개발 보드는 400 MHz XScale 프로세서를 사용하였으며, 64 MB의 램(RAM)을 사용하여 임베디드 운영체제를 설치, 운용할 수 있으며 이를 통해 기기의 효율적인 자원 사용이 가능하게 하였다. 또한 PCMCIA, CF, MMC 슬롯을 장착하여 McKinion 등(2004)이 운용한 무선랜 및 대용량 메모리의 설치가 가능하도록 설계되었다.

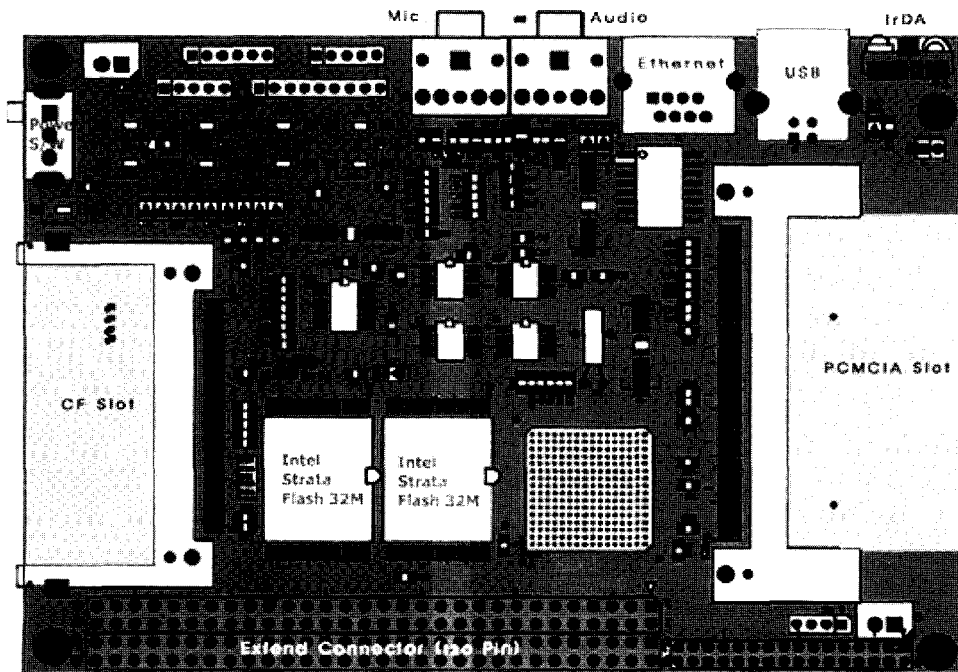


Fig. 4 X-Hyper255B (Hybus, Korea)

Table 1 Specification of X-Hyper255B

Item	Description
Processor	Intel PXA255 400 MHz
SDRAM	Samsung 64 MB
Flash	Intel Strata Flash 32 MB
Ethernet	CS8900A 10BaseT
Display	LG TFT LCD 6.4" (640*480)
Touch	ADS7843 (Touch Screen)
Serial	2 Port
JTAG	1 Port
PCMCIA	1 Slot
RTC	RTC4513 (Real Time Clock)
CF	1 Slot
Connector	120 PIN Connector for GPIO, Address and Data Bus

나) 임베디드 운영체제(Embedded Operating System) 개발  
 커널(Kernel)은 운영체제의 핵심을 이루는 요소로서 어플리케이션과 하드웨어 간의 연동을 가능하게 하며, 어플리케이션 간 자원관리가 가능하도록 개발되어야 한다. 본 연구에서는 2.4.18 버전의 리눅스(Linux) 커널을 바탕으로 측정 신호 수집 및 저장이 가능하도록 부분적으로 수정 및 추가하여 재 컴파일 되었다. 임베디드 운영체제는 그림 5와 같은 순서로 개발이 진행되어 콤바인 제어와 정보 수신을 위한 RS-232 및 유선랜, 정보 전송을 하기 위한 무선랜(Wireless LAN, IEEE 802.11b), 신호의 저장을 위한 CF 메모리 카드를 운용할 수 있도록 수정 설계 및 구축(Build) 되었다. 최종 구축한 결과는 그림 6과 같다.

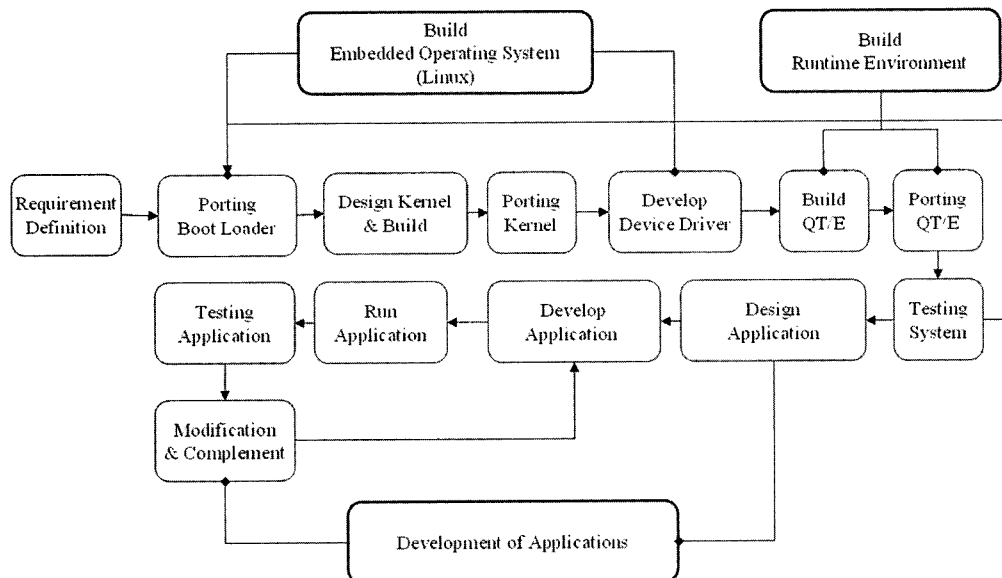


Fig. 5 Schematic diagram for developing embedded system.

다) 임베디드 어플리케이션 개발

게이트웨이의 실질적인 역할을 수행할 수 있는 임베디드 어플리케이션(Application)은 임베디드 환경에서 동작할 수 있는 교차 개발 환경에서 개발되었다. GUI 환경을 위해 트롤테크(TrollTech)社의 QT 라이브러리(Library)를 사용하였으며, 그래프 환경 구현은 트롤테크社의 QWT 라이브러리를 사용하였다. 어플리케이션은 선행연구(Sommerville, 1982)의 데이터 수집 시스템 구조(The architecture of a flux monitoring system)를 참고하여 그림 7과 같이 설계하였다. 개발된 어플리케이션은 크게 7부분으로 구성되어 있으며 MVC(Model-View-

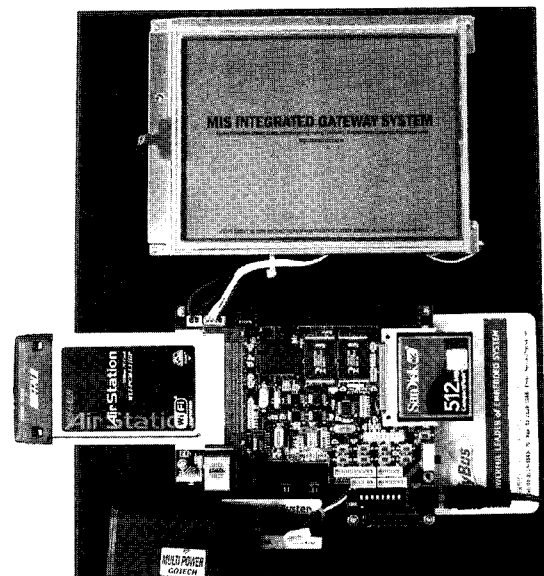


Fig. 6 Embedded system with developed embedded operating system.

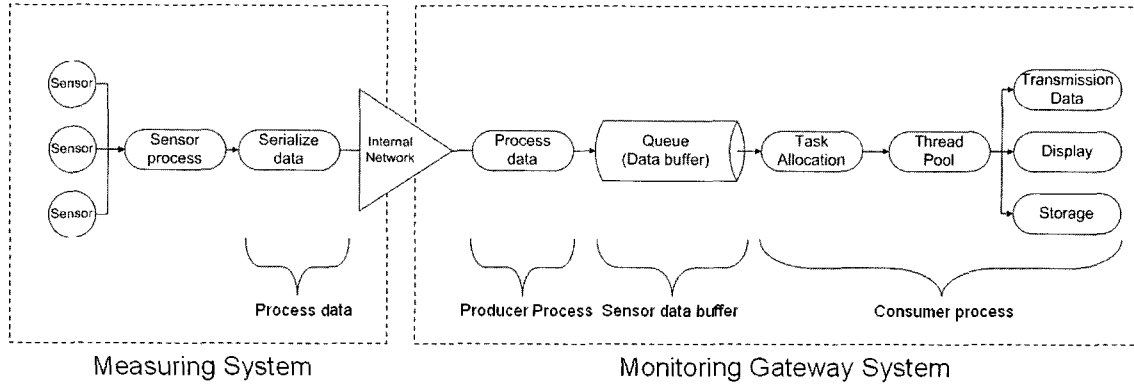


Fig. 7 The architecture of a monitoring gateway system.

Control) 형태로 개발되었다. TCP/IP, RS-232, USB 관련 입출력을 제어 할 수 있도록 개발되었으며, 불필요한 스레드 생성을 막기 위해 큐와 스레드 풀(Thread Pool)을 사용하였다. 최종 성능평가를 위해서 기존의 연구(Wu 등, 2007)에서 CPU 및 메모리 상태 측정을 위하여 이용한 리눅스의 /proc/ 이하 하드웨어 추적 파일을 이용하여 실행 시 게이트웨이의 자원 상황을 측정하였다. 또한 성능측정 모델이 최대한 수행 연산에 장애가 되지 않도록 멀티 프로세스 방식을 사용하여 독립적으로 수행되게 하였다. 최종 개발한 게이트웨이는 그림 8과 같다.

## 2) 서버 어플리케이션

개발된 게이트웨이로부터 전송된 데이터의 손실률 과악을 위해 서버 어플리케이션을 그림 10과 같이 개발하였다. 서버 어플리케이션은 객체지향형 언어인 JAVA 기술을 이용하여 개발하였으며 동시 접속, 다중 접속, 접속 유지, 요청 수락, 데이터 재전송 기능을 수행할 수 있도록 개발하였다. 개발된 서버는 JAVA NIO 기반의 멀티 스레딩(Multi-Threading) 방식을 채택하여 내부적으로 발생하는 스레드의 수를 최소화하고, 입출력 성능을 강화하였다.

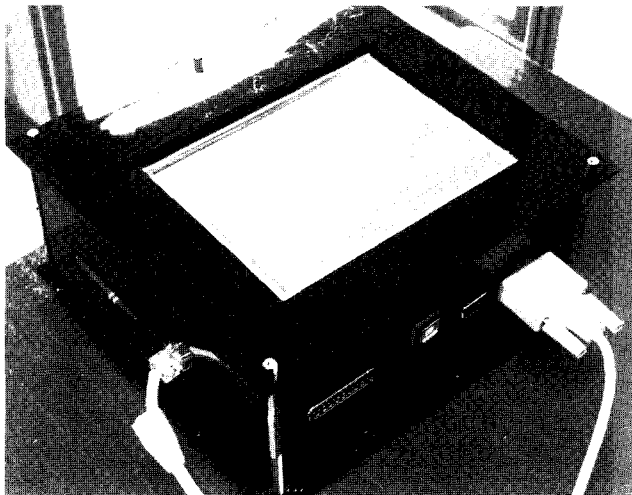


Fig. 8 Monitoring Gateway.

## 다. 테스트 서버 시스템 구현

### 1) 프로토콜 정의

프로토콜은 트리거 이벤트 방식으로 개발되었으며, 농업 기계의 개인영역네트워크(Personal Area Network) 기반의 프로토콜은 아직 정의된 바가 없기 때문에 표 2와 같은 프로토콜을 정의하였다. 또한 센서부와 게이트웨이부 모두 내장형 기기 사용되기 때문에 패킷은 그림 9와 같이 최대한 간소화 하였다.

Table 2 Statement of protocol in PAN

Message Header	Message	Data
REQ	CON	Request to connection
REQ	MDT	Request of information about machine type
REQ	STT	Request of send data
REQ	END	Request to stop
REQ	WTS	Request to wait
REQ	SRE	Request to re-send
REQ	OFF	Request power off
REQ	MDS	Request information of machine settings
REQ	AMD	Request to add machine
REQ	DMD	Request to delete machine
REQ	MDT	Request information of machine type
RES	ACK	Success of request response
RES	{Device Type}	Machine type response
RES	DTT + {DATA}	Data response
RES	OFF	Power off response
RES	END	End response
RES	SCD	Success response
RES	ERR	ERR response

Type 1



Type 2



Fig. 9 Simple Structure of packet.

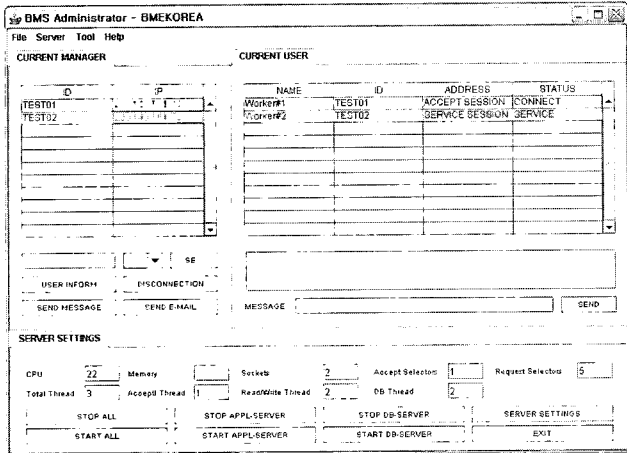


Fig. 10 The user interface of developed server application.

라. 시스템 성능평가 방법

그림 11과 같이 개발한 게이트웨이의 성능평가 및 분석을 수행하였다. 시뮬레이터와 게이트웨이는 동기화 통신 환경으로 설정하였으며, 통신 속도는 115,200 bps로, 샘플링 주기는 1 Hz로 설정하였다. 측정 데이터는 일련번호, 측정시간, 12개의 측정값으로 구성하였다.

게이트웨이는 무선랜을 이용하여 데이터를 전송할 수 있도록 별도로 AP(Access Point)를 설치하여 통신 가능지역(Hot Spot)에서 실험을 진행하였다. 실험은 1일 적정작업 시간인 8시간 씩 5회 기동하여 서버 어플리케이션의 수신율을 측정하

였으며, 게이트웨이의 CPU 점유율, 할당된 가상 메모리, 물리적 메모리, 힙(Heap) 및 스택(Stack)영역의 메모리를 추적하여, 실제 측정 성능을 평가하고, 게이트웨이 시스템 기동 시 일관성 및 안정성 평가를 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 수신율 평가

게이트웨이는 연속 8시간동안 5회 기동하였으며 결과는 표 3과 같다. 게이트웨이는 초당 1개의 데이터를 샘플링(Sampling)하여 총 28,800여개의 데이터를 서버로 전송하였다. 개발된 게이트웨이는 만일을 대비해 전송 실패 시 반복 송신이 가능하도록 구성하였으나, 5회 실험을 반복한 결과 패킷 손실은 발생하지 않았다.

Table 3 The transmission rate of gateway

Number of Experiments	Transmission Numbers	Receipt Numbers	Receipt Rate
1	28795	28795	100%
2	28801	28801	100%
3	28801	28801	100%
4	28798	28798	100%
5	28800	28800	100%

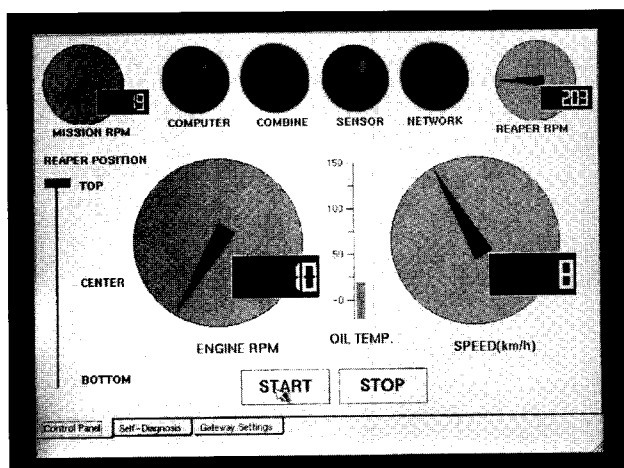


Fig. 11 The developed embedded application in gateway system.

나. CPU 점유율

수신 및 전송에 따른 어플리케이션의 CPU 점유율을 그림 12에 나타내었다. 게이트웨이 시스템은 측정 시스템의 지속적인 모니터링(Monitoring)과 안정된 전송 서비스를 구현하기 위해서 복잡한 알고리즘 및 반복 실행을 최소화해야만 한다. 이를 위하여 큐(Queue)와 멀티 스레드(Multi-Thread) 방식의 프로그램을 구현하였으며 측정된 CPU 점유율은 5회 평균 72%, 표준편차 8.81%를 나타냈으며 시간이 지날수록 감소하였다.

다. 가상 메모리(Virtual Memory)

그림 13은 어플리케이션에 할당된 가상 메모리 크기를 나

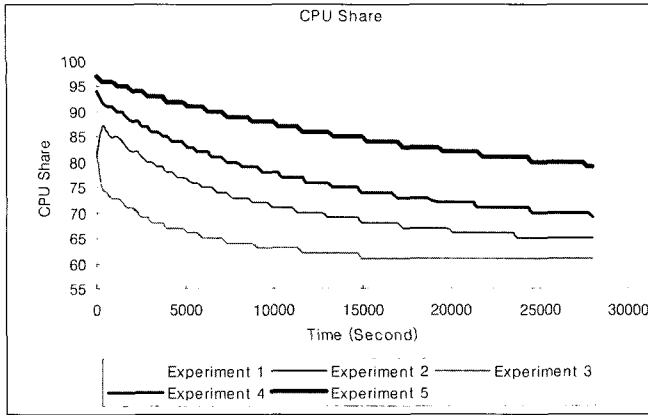


Fig. 12 The Status of CPU in receiving messages.

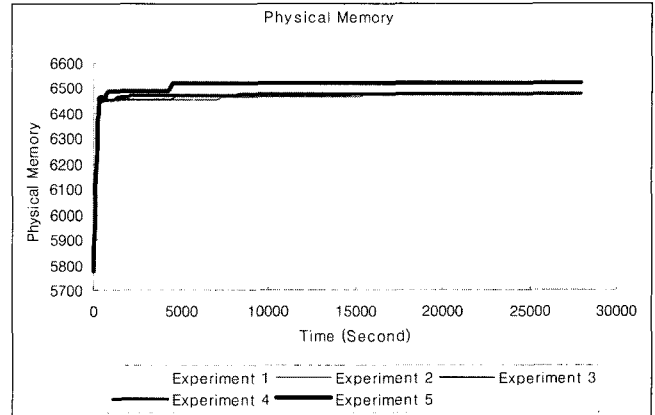


Fig. 14 The status of physical memory.

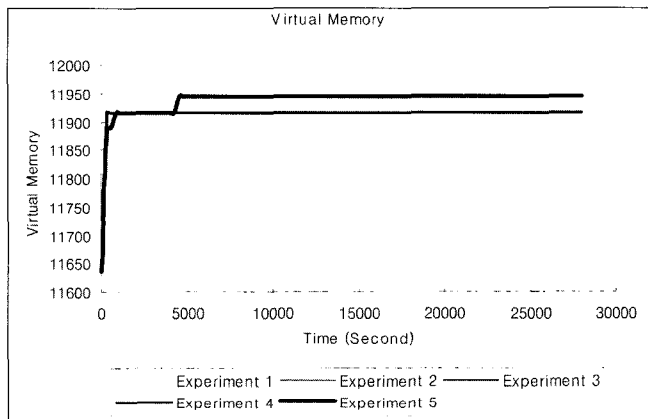


Fig. 13 The status of total virtual memory.

타낸 것이다. 가상 메모리는 하나의 프로그램이 실행될 때 프로그램 전체가 메모리에서 실행되지 않고 현재 실행에 필요한 부분만을 불러와 실행하는 기법을 기본으로 하며, 이를 통해 임베디드 운영체제는 메모리 사용을 최소화하고 어플리케이션이 안정적으로 수행되도록 지원한다. 각 실험 시 할당된 가상 메모리 크기를 살펴보면 초기 실행 후에는 일정량을 유지하는 것으로 나타났으며, 이는 반복 실험 시에도 시스템의 일관성 및 안정성을 유지함을 의미한다.

라. 물리적 메모리(Physical Memory)

그림 14는 어플리케이션에 할당된 물리적 메모리의 크기를 나타낸 것이다. 물리적 메모리는 실제 램(RAM)에 상주되는 메모리 크기를 의미하며 임베디드 운영체제는 항상 물리적 메모리를 측정하며, 메모리가 부족할 경우 가상 메모리를 사용하여 시스템을 안정적으로 수행하도록 지원한다. 측정된 물리적 메모리는 가상 메모리와 마찬가지로 초기 실행 후에는 일정량을 유지하는 것으로 나타내며, 이 결과 역시 반복 실험 시에도 시스템의 일관성 및 안정성을 유지함을 의미한다.

마. 힙 메모리와 스택 메모리(Heap Memory and Stack Memory)

그림 15는 어플리케이션의 힙(Heap) 메모리 크기를 나타낸 것이다. 힙 메모리는 자유영역 메모리이며, 코드 영역과 다른 세그먼트(Segment)들을 할당하고 남은 부분이다. 힙 부분은 어플리케이션 개발 시, 자유롭게 이용할 수 있는 부분이며, 데이터 송, 수신시 어플리케이션의 실제 데이터가 저장되는 공간이다. 힙 메모리 역시 메모리 누수 현상(Memory Leak)이 발생하지 않았다. 또한 함수(Function)나 프로시저(Procedure)에서 선언한 로컬 변수들을 저장하는 공간인 스택(Stack) 메모리는 어플리케이션의 개발 환경에 따라 메모리 누수가 발생하지만 개발 환경에 의존적이나 만큼 실질적으로 원인을 판별하기 어려운 부분이다. 하지만 그림 16과 같이 스택 메모리를 추출한 결과 초기 실행 시 16 KB를 매 회 유지하는 것으로 나타났으며, 다른 메모리 누수 현상이 발생하지 않았다.

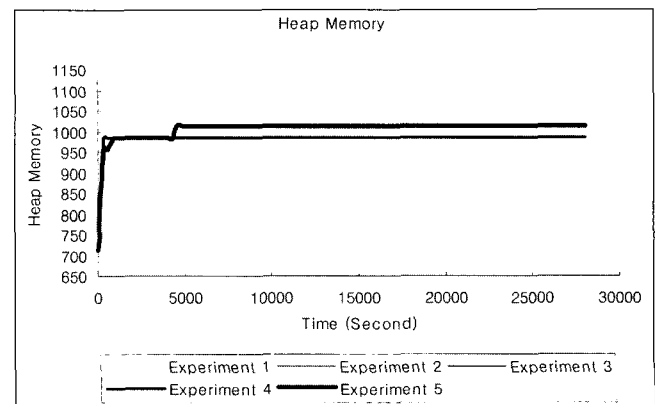


Fig. 15 The status of heap memory.

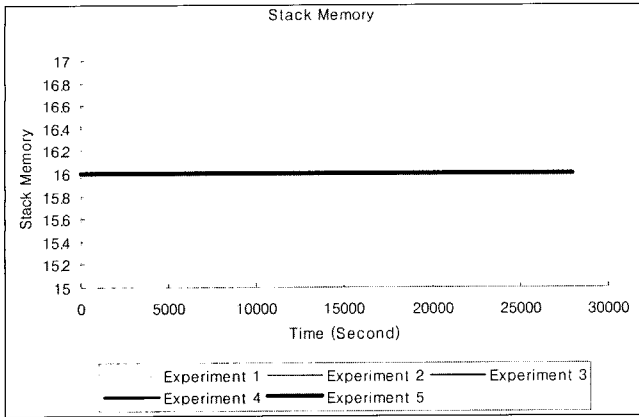


Fig. 16 The status of stack memory.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 임베디드 시스템과 표준화된 네트워크 시스템을 이용하여 원격 모니터링 게이트웨이를 개발하였다. 선행 연구를 바탕으로 요구사항을 정의하고 게이트웨이를 설계, 구현 및 성능평가 하여 사후 관리 시스템 개발의 가능성을 제시하였다.

주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 연구에서 최적의 하드웨어 선정을 위하여 성공적으로 운용한 선행 연구를 참고하였다. 기존의 연구에 따르면 정보 전송은 노외 작업의 잡음을 최소화 할 수 있는 디지털 통신 방법을 이용해야 하며, 타 기기와 연동이 가능한 표준화된 기술을 이용해야 한다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구에서 성공적으로 운용한 결과를 바탕으로 무선랜(Wireless LAN, IEEE 802.11)을 이용하였다. 또한 기존의 연구에서 이용한 PC 시스템의 단점을 극복하고자 XScale 기반의 임베디드 시스템을 이용하여 아날로그/디지털 확장이 가능하고, 신뢰성 있는 서비스를 구현할 수 있도록 선정하였다.
- (2) 선정된 하드웨어를 기반으로 임베디드 운영체제 및 어플리케이션을 개발하여 게이트웨이를 개발하였다. 운영체제는 유선랜, RS-232, 무선랜, PCMCIA, CF 확장이 가능하도록 개발하였으며 어플리케이션은 큐(Queue)와 멀티 스레드(Multi-Thread) 방식으로 구현하여 반복적 실행 및 직렬적 실행을 최소화 하였다.
- (3) 구현된 게이트웨이는 기존의 연구를 참고하여 연속 8시간 5회 기동 시 전송 성공율, CPU 사용율, 메모리 사

용율을 평가하였다. 평가 결과 28,800여개의 데이터를 서버로 전송하여 전송량 대비 수신 성공율은 100%를 나타내었으며, CPU 점유율은 5회 평균 72%의 사용율을 보였다. 또한 할당된 가상 메모리, 물리적 메모리, 힙(Heap) 및 스택(Stack)영역의 메모리를 추적한 결과 초기 실행 후에는 일정량을 유지하는 것으로 나타났으며, 이는 반복 실험 시에도 메모리 누수현상이 나타나지 않아 전송 시스템의 일관성 및 안정성을 유지한 것으로 파악되었다.

- (4) 측정 시스템의 다양한 출력환경을 고려하여 입력 환경은 A/D 변환이 가능한 아날로그 입력, RS-232, 유선랜으로 개발하였다. 기존의 센서 입출력 환경은 매우 다양하며, 모든 시스템과의 연동을 수행할 수 없어 통신 환경은 임의로 가정하였다. 따라서 본 연구에서는 2,400 bps~115,200 bps의 전송속도 동기화 환경에서 1 Hz의 샘플링 주기로 설정하였다. 이를 통해 일련번호, 측정시간, 12개의 측정값으로 구성된 데이터를 성공적으로 전송하여 콤바인의 원격 모니터링 가능성을 제시하였다. 그러나 개발 및 실험이 진행된 무선랜 가능지역(Hot Spot)은 현재 점차적으로 보급되고 있으나, 그 범위가 모든 농지를 포함하지 못한다. 따라서 본 연구는 사후 관리 시스템 개발 가능성을 제시하였으나, 보급된 인프라에 의존적인 한계점을 지닌다. 따라서 앞으로 다양한 센서 입출력 및 무선 전송 환경을 이용한 게이트웨이 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

#### 참고 문헌

1. Agricultural machinery yearbook 2001-2002. 2001. J. of the Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative and Korean Society for Agricultural Machinery, pp. 9-15. (In Korean)
2. Choi, C. H., Y. J. Kim, E. H. Nam and J. H. Mun. 2007. Signal Analysis for combine header diagnosis. Proceedings of the KSAM 2007 Winter Conference 12(1):387-392. (In Korean)
3. Choi, J. S. and E. Inoue. 2001. A Study on the vibration characteristics of a head-feeding combine by spectral analysis. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 26(1): 11-20. (In Korean)
4. Craessaerts, G., K. Maertens and J. Baerdemaeker. 2005. A Windows-based design environment for combine automation via CANbus. Computers and Electronics in Agriculture 24(1): 233-245.



5. Chung, Y. C., S. L. Olsen, L. Wojcik, Z. Song, C. He and S. Adamson. 2001. Wireless safety personnel radio device for collision avoidance system of autonomous vehicles. *Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE*. 3(1): 121-124.
6. Drake, V. A., H. K. Wang and I. T. Herman. 2002. Insect monitoring radar: remote and network operation. *Computers and Electronics in Agriculture* 35(1):77-94.
7. Jensen, A. Leck, P. S. Boll, I. Thysen and B. K. Pathak. 2000. Pl@nteInfo - a web-based system for personalized decision support in crop management. *Computer and Electronics in Agriculture* 25(1):271-293.
8. Kim, Y. J. and K. U. Kim. 2001. Transient vibration analysis of an agricultural tractor. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* 26(6):509-016. (In Korean)
9. Li, L., L. Qu and X. Liao. 2007. Haar wavelet for machine fault diagnosis. *Mechanical Systems and Signal Processing* 21(1):1773-1786.
10. Mathiyalagan, V., S. Grunwald, K. R. Reddy and S. A. Bloom. 2005. A WebGIS and geodatabase for Florida's wetlands. *Computers and Electronics in Agriculture* 47(1):69-75.
11. McKinion, J. M., S. B. Turner, J. L. Willers, J. J. Read, J. N. Jenkins and J. McDade. 2004. Wireless technology and satellite internet access for high-speed whole farm connectivity, in precision agriculture. *Agricultural Systems* 81(1): 201-212.
12. Samad, T., P. McLaughlin and J. Lu. 2007. System architecture for process automation: Review and trends. *J. of Process Control* 17(1):191-201.
13. Sommerville, Ian. 2001. *Software Engineering 6th Edition*, Addison Wesley, pp. 42-70; pp. 285-326.
14. Stentz, A., C. Dima, C. Wellington, H. Herman and D. Stager. 2002. A system for semi-autonomous tractor operations. *Autonomous Robots* 13(1):87-104.
15. Wei, J., N. Zhang, N. Wang, D. Lenhart, M. Neilsen and M. Mizuno. 2005. Use of the "smart transducer" concept and IEEE 1451 standards in system integration for precision agriculture. *Computer and Electronics in Agriculture* 48(1):245-255.
16. Wu, W., M. Crawford and M. Bowden. 2007. The performance analysis of linux networking - Packet receiving. *Computer Communications* 30(1):1044-1057.
17. 2006 농업기계 보유현황. 2006. 농림부. 31000-51137-26-33, p6-9.
18. 2005 농업공학 시범연구사업연보 2005. 농업공학연구소, p76.