

유비쿼터스 교통 환경 체계(u-Traffic 시스템)

이명섭* · 정연기** · 박창현***

1. 서 론

1989년 미국 제록스사의 마크 와이저(Mark Weiser)가 ‘유비쿼터스 컴퓨팅’이라는 용어를 사용하면서 처음으로 등장한 유비쿼터스(Ubiquitous)는 물이나 공기처럼 시공을 초월해 ‘언제 어디에나 존재 한다’는 뜻의 라틴어로 사용자가 컴퓨터나 네트워크를 의식하지 않고 장소에 상관없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 환경을 말한다.

‘u-Korea’ 구상은 이러한 유비쿼터스 시대를 선도하는 차세대 IT 혁명 패러다임을 국가경영전략과 접목시킨 전략 개념이다. 이것은 결국 유비쿼터스 네트워크 국가를 구축한다는 의미를 지향하고 있다. 유비쿼터스 네트워크는 유·무선 통합, 음성 데이터 통합 및 방송·통신 융합 등 관련된 종류의 망들이 하나로 통합되고, 생활 주변의 단말과 디바이스 및 가전 기기들이 자유롭게 연결되고 활용되는 차세대 국가정보기반을 의미한다.

‘u-Korea’는 이러한 유비쿼터스 네트워크 정보

기반을 바탕으로 물리공간과 전자공간의 통합성과 그 가치를 극대화시키는 유비쿼터스 공간재화와 공간서비스를 창출함으로써 유비쿼터스 컴퓨팅과 네트워크가 정부, 사회, 경제적으로 시스템화된 21세기형 국가를 창출하고자 하는 비전을 갖는 차세대 국가정보화 정책의 기본 방향이라고 할 수 있다.

특히, u-City는 기존에 가정과 사회에서 HA(Home Automation)와 GIS(Geographic Information System)의 차원을 넘어, IT 기반 시설과 유비쿼터스 정보서비스 등을 도시공간에 융합하여 인간의 풍요로운 생활을 촉진하는 미래형 도시모델로 표 1과 같은 특성을 가진다.

표 1. u-City의 특성

구 분	내 용
지능화	- 도시 인프라와 기반시설 등을 유비쿼터스 환경으로 관리 - IT, BT, NT 등 연동사업이 필수적
네트워크	- 상황인식의 공간정보화 구현 - 물리적 공간을 전자공간으로 구현
플랫폼	- 유비쿼터스 서비스를 구현하기 위한 공통 플랫폼 필요 - 데이터센터 인프라 필요
적용서비스	- 실제 도시의 기능을 전자적 공간에서 그대로 이용할 수 있는 규격 - 공간과 기능 측면에서 유비쿼터스 환경 구현 가능

* 교신저자(Corresponding Author): 정연기, 주소: 경상북도 경산시 하양읍 부호리 33(712-701), 전화: 053)850-7286, FAX: 053)850-7609, E-mail: ykchung@kiu.ac.kr

* 영남이공대학 컴퓨터정보계열 교수
(E-mail: skydream@ync.ac.kr)

** 경일대학교 컴퓨터공학부 교수

*** 영남대학교 컴퓨터공학과 교수
(E-mail: park@yu.ac.kr)

u-City를 구성하는 서비스 유형은 서비스의 적용 범위에 따라 u-Home, u-Traffic, u-Health, u-Environment, u-Public service, u-Education으로 구분할 수 있으며, 이러한 u-City 서비스는 유·무선 통신 인프라, 지능형 인프라, 홈 네트워킹, 건물관리 시스템 등의 솔루션, 그리고 콘텐츠가 결합되어 구현된다. 이 중에서 u-Traffic 시스템은 도로, 차량, 신호 시스템 등 기존 교통체계에 전자, 제어, 정보, 통신 등의 관련 기술을 부가함으로써 차량과 도로 간의 정보의 단절이 없이 정보의 흐름을 원활히 하고, 기존 시설의 이용을 극대화하고자 하는 개념에서 도입된 시스템이다.

본 고에서는 유비쿼터스 기술로 구축된 u-City 환경에서 하나의 이동센서로 동작하며 u-Traffic 서비스를 실현할 수 있는 지능형 자동차 기술에 대해 살펴본다.

또한, u-Traffic 환경에서 시도되고 있는 각종 통신 인터페이스와 그 기술에 대해 분석하고, 이러한 기술들을 효과적으로 채용할 수 있는 차량용 무선통신 허브의 설계와 구현에 대해 다룬다.

2. u-Traffic 실현을 위한 기반기술

2.1 지능형 자동차 기술

무선통신, 정보처리와 같은 정보통신 기술의 발달로 인해 자동차는 단순한 이동수단에서 가상 공간과 물리공간이 융합된 디지털 공간으로 그 기술 중심이 변화되고 있다.

이동수단이 주목적으로 개발되어온 자동차는 그림 1과 같이 CALM [1]과 같은 유·무선 정보통신 기술이 접목됨에 따라 이제 이종 네트워크간의 통신 매개체로서 지능형 자동차라는 새로운 기술 및 서비스 영역을 구축해 나가고 있다. 지능형 자동차는 인간의 개입을 최소화하여 차량 스스로 사건의 감지, 데이터 처리, 정보 제공 및 수집이 가능한 첨단화된 차량을 의미하며, 이러한 지능형 자동차의 궁극적인 목적은 첨단 기술의 접목을 통해 운전자의 안전과 편의를 개선하는 것이다.

지능형 자동차는 향후 유비쿼터스 컴퓨팅 기술로 구축될 u-Traffic 환경에서 하나의 이동센서로서 동작하며 노변 장치와 차량 간 또는 기지국(Base Station)과 차량 간의 데이터 교환을 통해

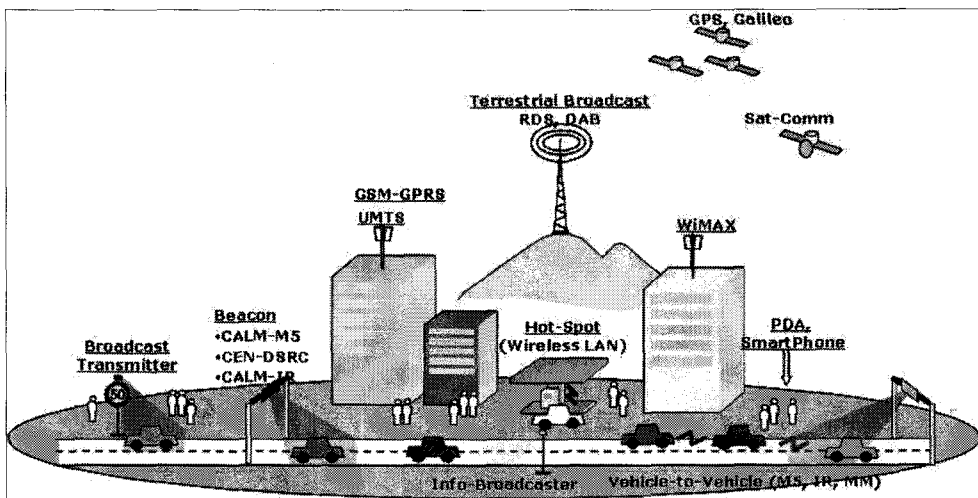


그림 1. CALM 기술이 적용된 u-City 환경

지능형 서비스를 제공해 줄 수 있다.

그림 2에서와 같은 Probe Car 서비스가 한 예로써 내부의 다양한 센서를 통해 스스로 차량의 상태 및 주변 환경을 감지할 수 있으며, 수집한 데이터를 처리하고 이를 외부 네트워크로 전송하여 공유함으로써 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 적용된 전형적인서비스를 제공할 수 있다.

운전자 안전을 위한 정보수집 범위는 차량 내부로 국한되지 않으며, 외부의 이종 네트워크와 연계하여 더욱 다양한 안전 및 교통 정보를 공유한다.

지능형 자동차의 안전 및 교통정보 수집 범위를 확장하고 다가올 u-Traffic 환경에 대처하기 위해서는 자동차와 도로 간의 데이터 교환을 위한 단·근거리 무선 통신 및 네트워크 기술에 대한 연구 개발이 반드시 필요하다.

그러나 지금까지 차량용 네트워크 연구는 주로 차량 내부의 유·무선 네트워크를 기반으로 연구가 이루어져 왔다. LIN(Local Interconnection Network) [2], CAN(Control Area Network) [3], Flexray [4], MOST(Media Oriented Systems Transport) [5], IDB1394 [6] 등의 지역

네트워크를 통한 안전 및 교통정보의 획득 범위는 일반적으로 차량 내부나 주변으로 매우 제한되며 이용 가능한 안전 및 교통정보가 충분하지 못하기 때문에 운전자의 안전을 크게 개선하기 어렵다.

운전자의 안전 개선을 위한 안전 및 교통정보의 획득 범위는 전술된 차량 내 통신 기술과 WAVE [7], CALM [8], DSRC [9] 그리고 USN과 같은 자동차 외부의 이종 통신기술과의 연동을 통해 확장 될 수 있다. 이를 위해 기존 유·무선 네트워크와 차량 내부 네트워크를 연결하기 위한 통신 허브(Communication Hub) 기능이 필요하다. 따라서 본 고에서는 자동차 환경에서 시도되고 있는 각종 통신 인터페이스와 그 기술에 대해 분석하고, 이러한 기술들을 효과적으로 채용할 수 있는 차량용 무선통신 허브 설계 기법에 대해 다룬다.

2.2 차량용 통신 기술

차량통신기술은 크게 내부통신과 외부 통신으로 구분할 수 있으며 통신대상, 전송정보, 실시간성 요구도, 토폴로지, 통신매체, 통신속도 등의 속성에 따라 그 특성을 분류할 수 있다.

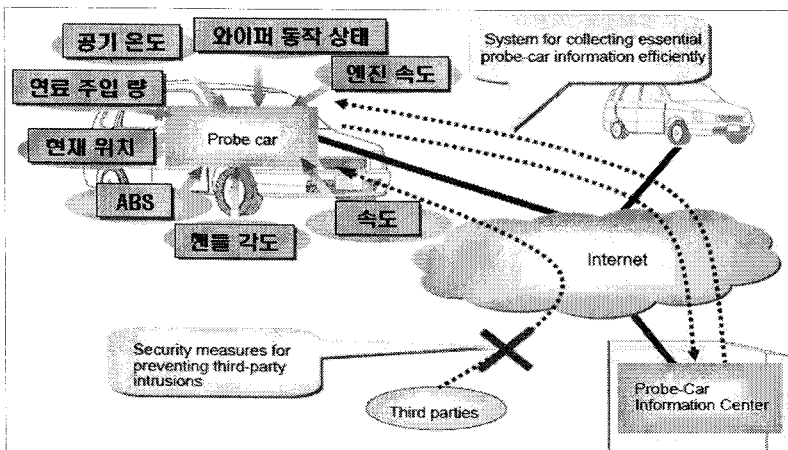


그림 2. 차량의 센서와 통신기술이 접목된 Probe-Car 서비스

2.2.1 차량 내부 통신기술

차량 내부 네트워크라고 하는 것은 그림 3과 같이 텔레매틱스나 멀티미디어 서버 네트워크와 같은 차량 외부와의 통신이나 멀티미디어 네트워크를 제외한 통신을 의미한다.

이러한 내부 통신기술은 차량 내부 장치의 자동화 및 안전을 위한 차량 센서의 증가로 인해 차량 내의 배선 증가, 차량무게 증가 및 통신기능의 고급화를 극복하기 위한 방법으로 제안되고 있는 기술이다. 차량 내부 통신 기술은 표 2와 같이 데이터 전송속도에 따라 분류할 수 있다.

2.2.2 차량 외부 통신기술

u-Traffic 서비스를 제공하기 위해 활발히 진행되고 있는 차량용 무선 통신 기술로는 저속의 DSRC와 고속의 Advanced DSRC(WAVE)가 있다. DSRC는 통신 반경이 수 미터에서 수백 미터

사이인 통신환경에서 노변장치라 불리는 소형기 지국(RSE: Road Side Equipment)과 차량 내에 탑재된 차량 탑재장치(OBE: On Board Equipment)간의 단거리 전용통신을 의미한다.

기존의 DSRC는 노변-차량 간 양방향 근거리 통신, 일 대 다수의 통신, LOS(Line of Sight)를 유지할 수 있는 통신 환경, 중·저속의 통신 속도 등의 특징을 가지고 있으나, 현재 연구가 활발히 진행 중인 Advanced DSRC는 이러한 특징을 보완하여, 고속의 양방향 통신 서비스를 제공할 수 있도록 설계되고 있다.

DSRC의 응용 분야로는 전자지불시스템인 ETCS(Electronic Toll Collection System)와 버스정보시스템인 BIS(Bus Information System)가 있다. 그 외 Mobile Wimax를 포함한 차량용 통신 기술 구분을 표 3에 보인다.

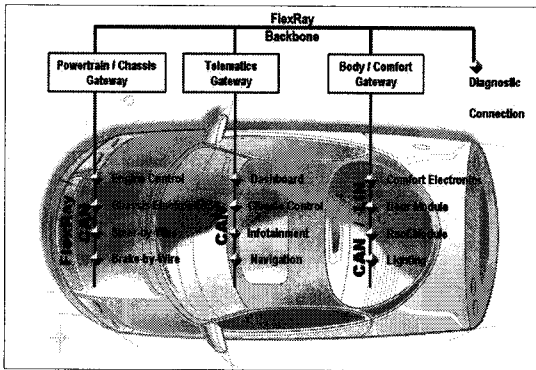


그림 3. 차량 내부 네트워크

3. 차량용 통신 허브 설계

본 장에서는 전송된 통신 인터페이스를 고려한 고성능 통신 허브의 설계에 대해 설명한다.

3.1 하드웨어 설계

차량통신용 하드웨어 플랫폼 설계 시 가장 중요한 CPU의 선정 조건으로는 첫째 차량용(Automotive) 온도 특성의 만족 여부, 둘째 다중 인터페이스 지원 여부, 그리고 개발의 용이성을

표 2. 차량 내부 통신기술 비교

구분	LIN	CAN(L)	CAN(H)	FlexRay	MOST	IDB1394
표준	ISO9141	ISO11898	ISO11519	Consortium	Consortium	Consortium
속도	20Kbps	125Kbps 이상	125Kbps~1Mbps	10Mbps	24.5Mbps	100Mbps
Class	A	B	C	D	D	D
응용분야	바디제어	바디제어	샤시제어	샤시 및 안전	멀티미디어	멀티미디어

(참고) Class A : 최대 10Kbps, Class B : 10K~250Kbps, Class C : 250K~1Mbps, Class D : 1Mbps이상

표 3. 차량 외부 통신기술 비교

구분	DSRC	Advanced DSRC	Mobile Wimax
전송속도	1Mbps	3 ~ 54Mbps	15Mbps
주파수	5.8 ~ 5.9GHz	5.8 ~ 5.9GHz	2 ~ 6GHz
통신 거리	100m	1Km	5Km
인프라 의존도	높음	낮음	높음
응용분야	ETCS, BIS, CVO 등	편의성, 안전성, 멀티미디어 서비스	편의성, 안전성, 멀티미디어 서비스

들 수 있다. 이들 중에서 다중 인터페이스의 지원 여부는 플랫폼의 크기와 개발 기간을 결정하는 중요한 요소가 된다.

특히, 급변하는 통신 기술과 프로토콜을 적시에 개발하여 적용하기 위해서는 시스템 부하를 줄여주고 데이터의 처리속도를 향상시켜주는 FPGA(Field Programmable Gate Array)와 같은 SoC칩과 인터페이스 지원이 반드시 필요하게 된다. 그 외 하드웨어 설계 시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 고성능 연산 능력 : 32bit RISC CPU이상
- (2) 다양한 통신 인터페이스 지원 : UART, CAN, USB, Ethernet, SPI, GPIO 등 (UART의 경우 쉽게 구현이 가능하여 시스템 개발/확장 시 반드시 필요)
- (3) 메모리 인터페이스 : DDR, SDR, SDRAM 및 Flash Memory 인터페이스
- (4) 차량용 전원 처리부 : +12V DC 및 5V
- (5) 디버그 인터페이스 : JTAG 등
- (6) 운영체제 이식성 : 다양한 소프트웨어 및 하드웨어 자원의 효율적인 관리를 위해 운영체제 이식성에 대한 고려가 필요

상기 내용을 고려한 설계 플랫폼의 블록 다이어그램을 그림 4에 보인다.

통신 인터페이스 부분은 차량의 내·외부 데이터의 연결점으로써 가장 중요한 부분이다. 통신인

터페이스를 크게 차내 통신과 차량 외부 통신으로 나누었을 때, 차량 외부 통신에 사용되는 통신 인터페이스는 데이터 처리 범위에 따라 모듈과 칩 형식으로 나눌 수 있다.

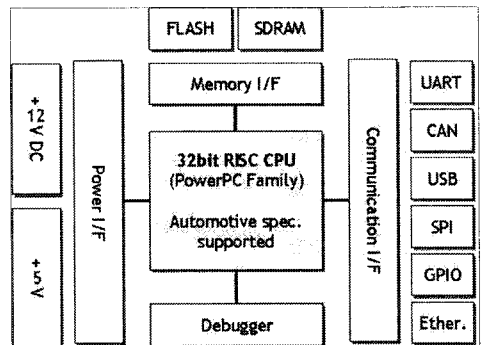


그림 4. 차량용 통신 허브의 H/W 플랫폼

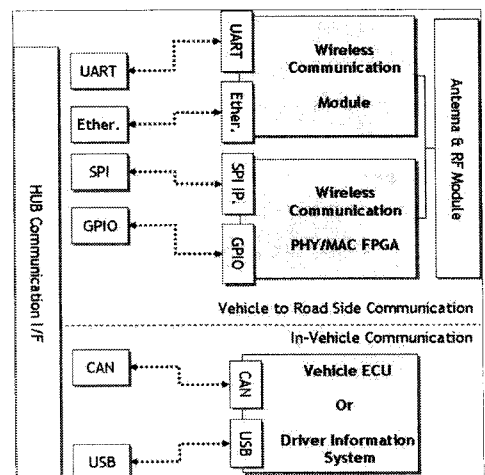


그림 5. 통신방식에 따른 인터페이스 부분

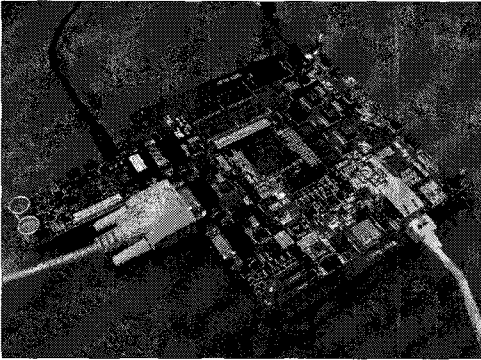


그림 6. UART를 통한 USN 노드 채용

그림 5에서와 같이 모듈 형식에서는 모듈 자체의 이더넷이나 직렬통신 인터페이스로 데이터를 전달할 수 있으며, FPGA 칩을 사용할 경우 GPIO 나 SPI IP를 칩 내부에 설계하여 허브 플랫폼과 연결할 수 있다.

그림 6에 개발된 실제 통신 인터페이스를 보인다.

3.2 하드웨어 구현

전술된 내용을 토대로 실제 구현한 하드웨어 플랫폼의 사양을 표 4에 보인다.

표 4에서와 같이, CPU는 리눅스 이식이 용이하고 차량용 온도 특성을 만족하는 PowerPC 계열의 MPC5200B를 적용하며, 메모리는 빠른 데이터

표 4. 통신 허브 플랫폼 H/W 사양

항목	사양
Processor	32bit RISC PowerPC core Freescale MPC5200B
Flash	32MB (16MB * 2)
SDRAM	DDR 256MB (64MB * 4)
UART	3 Port 지원
CAN	1 Port 지원(MSCAN)
SPI	Master 지원
Ethernet	10/100 지원
USB	1.1 Host 지원

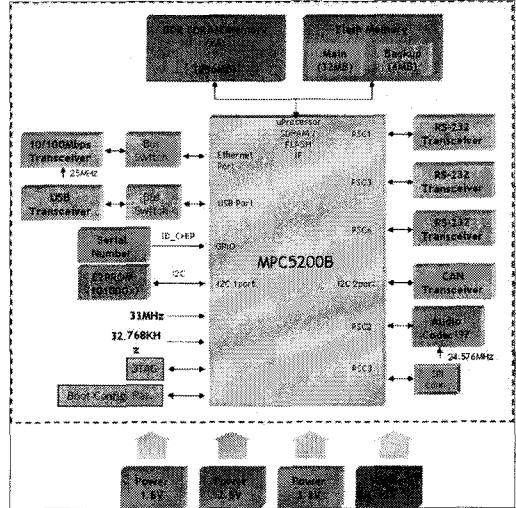


그림 7. 전체 하드웨어 구성도

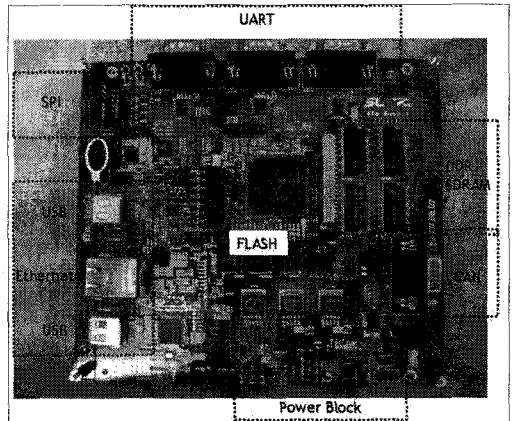


그림 8. 통신 허브 플랫폼

처리속도를 유지하기 위해 DDR(Double Dual Rate) SDRAM을 채용한다.

그림 7에서 전체 하드웨어 구성도를 보이며, 그림 8에서 구현한 통신 허브 플랫폼을 보인다.

3.3 소프트웨어 설계 및 구현

차량통신용 허브 플랫폼의 소프트웨어 요구조건은 다음과 같은 내용을 고려해야만 한다.

- (1) 빠르고 정확한 프로세스 처리

- (2) 하드웨어 플랫폼 자원의 효율적인 관리
- (3) 다양한 어플리케이션의 확장 및 이식

상기 조건의 만족을 위해 최근 차량용 ECU에도 운영체제를 이식하기 위한 많은 노력들이 계속되고 있다.

이와 같은 상황에서 멀티태스킹 기능, 이벤트/자원관리 기능, 인터럽트 처리 기능 등을 제공하는 OSEK 운영체제가 차량용 실시간 운영체제로 급부상하고 있으나, 아직 디바이스 드라이버와 개발 환경의 미약으로 인해 쉽게 적용하기 어려운 실정이다.

OSEK과 함께 차량용 운영체제로 개발 및 연구 중에 있는 것으로 임베디드 리눅스가 있다. 임베디드 리눅스는 기존의 리눅스 운영체제가 가지고 있는 다양하고 안정적인 네트워크, 멀티태스킹, 다양한 하드웨어 디바이스 드라이버 지원 등의 장점을 가지고 있어 개발 기간을 단축할 수 있다.

그림 9에서 임베디드 리눅스를 기반으로 한 통신 허브의 소프트웨어 플랫폼을 보인다.

소프트웨어 플랫폼은 H/W부분을 초기화하고 동작시키기 위한 시스템 소프트웨어 계층과 차량용 네트워크 포맷으로의 데이터 변환 및 전달 등의 응용기능을 수행하는 응용소프트웨어 계층으로 구성된다.

시스템 소프트웨어 계층은 다시 세부적으로 구분된다. 즉, 시스템 초기화 및 리눅스 커널 이미지

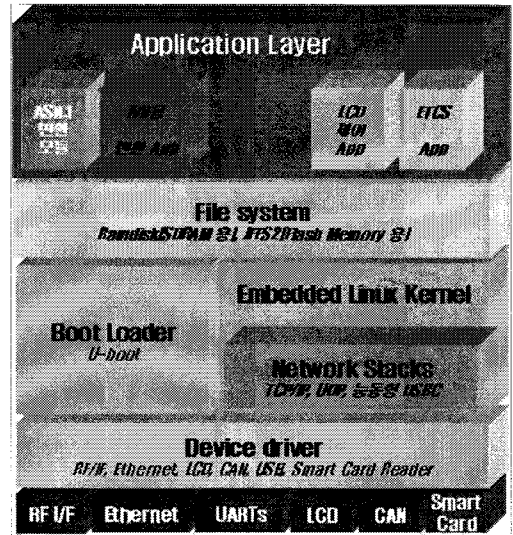


그림 9. 통신 허브 소프트웨어 플랫폼

그리고 램 디스크 이미지의 적재를 담당하는 부트로더 부분과 하드웨어 및 메모리 자원관리, 프로세스 관리, 스케줄링을 담당하는 운영체제 부분이다.

최상위 계층에 위치하는 응용소프트웨어 계층은 각종 인터페이스를 통해 수집된 무선 데이터를 차량용 데이터로 전달해주는 기능을 수행한다.

표 5에서 소프트웨어 모듈별 주요기능을 보인다. 시스템 소프트웨어 계층에서 부트로더는 전원 인가 시 시스템 초기화 및 CPU 부팅 코드를 실행하는 역할을 수행한다. 특히, 커널이나 램디스크 이미지와 같이 대용량의 이미지가 플래시 메모리 상에 저장되어 있을 때, 각 이미지들을 램상으로

표 5. 소프트웨어 모듈별 주요기능

Layer	모듈	주요기능	S/W 명
System S/W	Bootloader	CPU 및 보드 초기화 커널 및 파일시스템 적재	U-Boot
	OS Kernel	프로세스 및 자원 스케줄링	Linux Kernel
	File System	보드 및 OS 관리를 위한 사용자 인터페이스	Ramdisk(EXT2)
Application S/W	Serial Forward S/W	3 Port UART 구동 및 시리얼 데이터 전송	SSF

재적재하는 역할을 수행하게 된다. 그 외, 시스템에 설계된 각종 하드웨어 장치들의 테스트 및 펌웨어 레벨에서 시스템 구동을 할 수 있도록 지원한다. 그림 10에서 시스템 문맥도를 보인다.

시스템 소프트웨어 계층에서 OS 커널 부분은 디바이스 드라이버 계층과 응용 계층으로 나뉘볼 수 있다. 디바이스 드라이버 계층은 타겟 보드에 각 장치들과 커널 상호간의 동작에 대한 이벤트를 처리한다. 응용계층은 사용자 프로그램과 커널 간에 동작에 대한 데이터를 전달한다. 그림 11에서 OS 커널의 시스템 문맥도를 보인다.

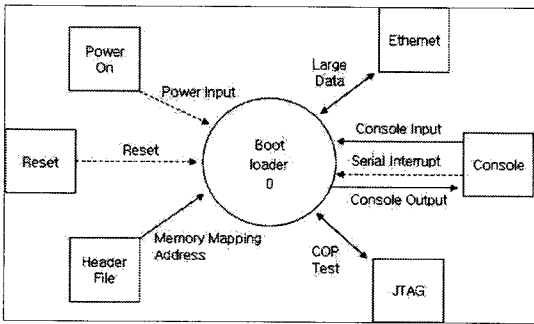


그림 10. 부트로더의 시스템 문맥도

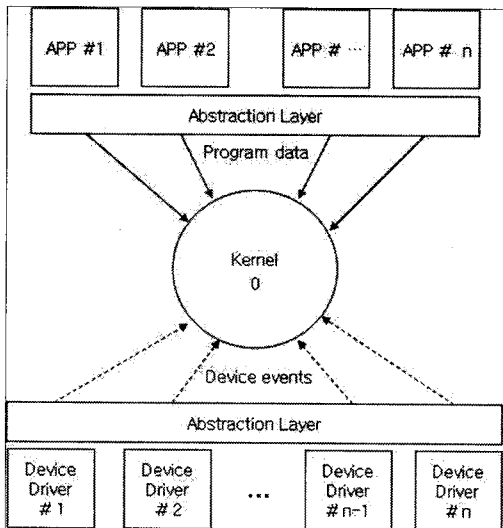


그림 11. OS 커널의 시스템 문맥도

어플리케이션 소프트웨어 계층에서는 PSC 포트를 통해 들어오는 무선통신 데이터를 차량용 네트워크로 전달해주는 기능을 수행한다. 총 3개의 PSC 포트를 동시에 사용하며 이를 관리하기 위한 제어 프로세스까지 4개의 프로세스가 필요하므로 쓰레드를 이용하여 소프트웨어를 개발한다.

어플리케이션 소프트웨어에서 UART 디바이스 드라이버 부분은 PSC 포트를 통해 들어오는

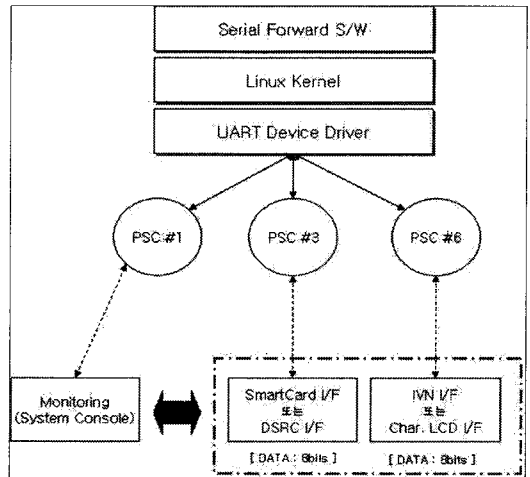


그림 12. 어플리케이션 계층의 시스템 문맥도

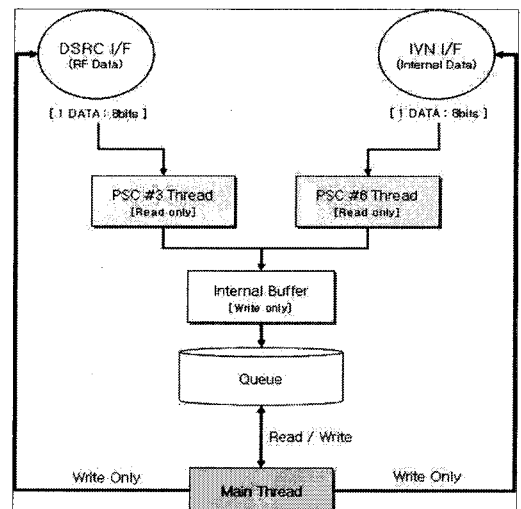


그림 13. 어플리케이션 계층의 S/W 흐름도

데이터를 8bit 형식에 맞추어 사용자에게 전달하고, 모니터링 부분은 사용자의 명령이나 데이터를 PSC 포트에 전달해주는 기능을 수행한다.

그림 12에서 어플리케이션 계층의 시스템 문맥도를, 그림 13에서 차량 외부정보를 받아 차량 내부 통신으로 전달하는 소프트웨어 흐름을 보인다.

4. 결 론

본 고에서는 u-City 환경에서 새로운 패러다임으로 등장하고 있는 u-Traffic에 대해 다루었으며, u-Traffic을 실현하기 위해 다양한 통신 환경에서 유입되는 데이터의 효율적인 처리를 위한 차량용 통신 허브의 설계와 구현에 대해 다루었다. 특히, 향후 u-Traffic 환경을 고려하여 무선통신 환경과 대용량의 고속 데이터 처리를 위한 하드웨어 인터페이스 설계와 소프트웨어 구조에 집중하였다.

하드웨어 설계 시에는 고성능의 연산능력과 다양한 인터페이스의 지원여부가 반드시 고려되어야 하며, 소프트웨어의 경우 적용된 하드웨어의 디바이스 드라이버와 구동 프로세스들의 스케줄링을 관리할 수 있는 실시간 운영체제가 고려되어야 한다.

본 고에서 제시한 차량용 CPU와 운영체제는 지원 기능과 성능에 견주어 볼 때 연구/개발 항목으로 충분히 검토할 가치가 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] K. Evenson, "CALM continuous communication for vehicles," Proceedings of SEVECOM Workshop, Feb. 2006.
 [2] M. Cervi, D. Pappis, T. B. Marchesan, A. Campos, and R. N. do Prado, "A semiconductor lighting system controlled through a LIN net-

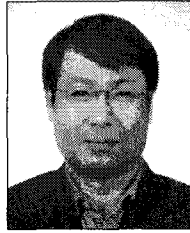
work to automotive application," Industry Applications Conference, 2005. Fourtieth IAS Annual Meeting Conference Record of the 2005. Vol. 3, pp. 1603-1608, Oct. 2005.

- [3] L. Casparsson, A. Rajnak, K. Tindell, and P. Malamberg, "Volcano-a revolution in on-board Communications," VOLVO Technology Report, 1999.
 [4] R. Makowitz, and C. Temple, "A Communication network for automotive control systems," IEEE 2006 international Workshop on Factory Communication Systems, pp. 207-212, June 2006.
 [5] T. Kibler, S. Proferl, G. Bock, H. P. Huber, and E. Zeeb, "Optical data buses for automotive applications," Journal of Lightwave Technology, Vol. 22, No. 9, pp. 2184-2199, Sep. 2004.
 [6] T. Gaul, W. Lowe, and M. L. Noga, "Specification in a large industry consortium-the MOST approach," The 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2001. IECON, Vol. 3, pp. 1828-1833, Nov. 2001.
 [7] W. Xiang, P. Richardson, and J. Guo, "Introduction and preliminary experimental results of wireless access for vehicular environments (WAVE) Systems," 2006 Third Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems : Networking & Services, pp. 1-8, July 2006.
 [8] Z. Jing and S. Roy, "MAC for dedicated short range communications in intelligent transport system," IEEE Communications Magazine, Vol. 41, No. 12, pp. 60-67, Dec. 2003.
 [9] U. Lee, E. Magistretti, Z. Biao, M. Gerla, P. Bellavista and A. Corradi, "Efficient data harvesting in mobile sensor platforms," Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom Workshops 2006, Mar. 2006.



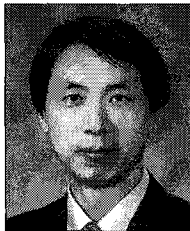
이 명 섭

- 1998년 경일대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2000년 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2003년 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2003년~2006년 영남대학교 전자정보공학부 객원교수
- 2007년~2008년 영남대학교 지역기술혁신센터 연구팀장
- 2008년~현재 영남이공대학 컴퓨터정보계열 교수
- 관심분야 : 유비쿼터스, RFID/USN, 임베디드시스템, 유무선 통신망 관리, 지능형자동차 등



박 창 현

- 1986년 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1998년 서울대학교 대학원 계산통계학과(공학석사)
- 1993년 서울대학교 대학원 계산통계학과(공학박사)
- 1992년~1993년 서울대학교 컴퓨터신기술공동연구소 특별 연구원
- 1998년~1999년 University of Maryland, Institute of Advanced Computer System, Visiting Researcher
- 1993년~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 인공지능, 에이전트, 지능형 망관리, 지능형 자동차, 상황인지 등



정 연 기

- 1982년 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1984년 영남대학교대학원 정보통신 전공(공학석사)
- 1996년 영남대학교대학원 정보통신 전공(공학박사)
- 1985년~1990년 가톨릭상지대학 전산정보처리과 조교수
- 1998년~1999년 호주 뉴캐슬대학교 컴퓨터공학과 방문교수
- 1990년~현재 경일대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 멀티미디어 통신, LAN/WAN 설계, 네트워크 관리