

지상파 DMB 데이터 서비스의 TPEG 프로토콜을 이용한 Assisted GPS 항법 시스템의 설계 및 구현

정회원 김 병 수*, 민 승 욱**°

Design and Implementation of Assisted GPS Navigation Systems Using TPEG Protocol of Terrestrial DMB Data Services

Byungsoo Kim*, Seungwook Min**° *Regular Members*

요 약

이 논문에서 지상파 DMB (T-DMB)의 데이터 서비스를 이용한 새로운 assisted GPS (A-GPS) 시스템을 제안한다. GPS 위성에서 전달되는 약한 신호와 신호 차단 때문에 텔레매틱 단말기는 도심 환경에서 위치 결정에 어려움을 가지고 있다. 제안된 A-GPS 시스템은 GPS 위성으로부터 수신된 신호로부터 가상 거리를 계산하고 T-DMB 방송국으로부터 위성 정보 (ephemeris)를 수신하여 단말기의 위치를 결정하게 된다. GPS 시스템과 비교하여 제안된 시스템은 빠른 TTFF (time to first fix), 낮은 HDOP (horizontal dilution of position) 등의 향상된 성능을 보여준다. 실험을 통하여 제안된 시스템은 A-GPS 시스템으로서 구현 가능하고 강력한 방법이라는 사실을 확인할 수 있다.

Key Words : Assisted GPS, Telematics, DMB, TPEG

ABSTRACT

In this paper, we propose a new assisted global positioning system (A-GPS) using terrestrial digital multimedia broadcasting (T-DMB) data services. Because of the weak signal strength from GPS satellite and the signal blockage, it is difficult for the telematics terminal to determine the position in urban area. Proposed A-GPS system calculates pseudo range (PR) from timing information of GPS satellites and obtains the satellite information such as ephemeris from T-DMB station to determine the current position. Compared to conventional GPS system, the proposed system has better performance in terms of the fast time to first fix (TTFF), low horizontal dilution of precision (HDOP). Experimental results show that the proposed system is a feasible and robust solution.

I. 서 론

GPS의 향상된 성능으로 위치 결정의 정확성이 개선되고, GPS 기반의 네비게이션 단말기의 도입이 확산되고 있다. 빠른 길 혹은 최적의 길을 찾기 위

하여 차량 네비게이션 단말기는 현재의 위치를 결정하는 것과 각 도로의 교통정보를 필요로 한다. GPS는 지구상에서 위치, 속도 및 시간을 결정하는 매력적인 방법이다.

높은 빌딩으로 둘러싸인 음영지역 이나 도심에서

※ 본 논문은 2009학년도 상명대학교 일반연구기관 선발과제 연구비를 지원받아 수행한 연구임.

* (주)파인디지털(byungsookim@finedigital.com)

** 상명대학교 컴퓨터과학부, (swmin@smu.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2010-09-459, 접수일자 : 2010년 9월 27일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 8일

는 단말기에서 관찰되는 GPS 이성의 수가 3개 미만이거나 신호 세기가 너무 작아서 위치 결정을 하지 못할 수도 있다. 고층 빌딩이 있는 도심에서 단독 (stand-alone) GPS 시스템은 위성으로부터 충분한 정보를 받을 수 없기 때문에 위치를 결정할 수 없다. 일반적인 GPS 시스템은 다음과 같은 몇 가지 문제점을 가지고 있다¹⁾.

- 1) 초기 구동시간이 상대적으로 길다 (최소 60초에서 수 분까지)
- 2) 도심에서 약한 신호를 수신할 수 없다
- 3) 긴 신호 획득 시간 때문에 위치 결정할 때까지의 전력소모가 상대적으로 많다

위와 같은 문제를 해결하기 위하여, A-GPS 시스템이 제안되었다²⁾. A-GPS 시스템을 구성하는 주요 장치는 GPS 시스템을 갖춘 단말기, 기준 GPS 수신기를 갖춘 A-GPS 서버, 기지국과 이동전화국으로 구성되는 네트워크 등이다. A-GPS 기술은 적당한 가격으로 높은 정확도, 이용성 (availability), 넓은 커버리지 등을 제공한다.

T-DMB는 DAB (digital audio broadcasting) Eureka-147에 기반을 둔 디지털 전송 표준이다³⁾. 이 시스템은 음성, 영상 및 다른 데이터 서비스를 제공할 수 있다. T-DMB는 교통 여행 정보 (traffic and travel information, TTI), 전자 프로그램 안내 (electronic program guide, EPG) 및 방송 웹사이트 (broadcasting web site, BWS) 등과 같은 다양한 데이터 서비스를 제공할 수 있다.

T-DMB와 결합한 텔레메틱 서비스는 몇 가지 장점을 가진다. 첫째, 빠른 TTFF, 낮은 HDOP, 관측 가능한 위성 수의 증가 등과 같은 위치결정 성능이 개선된다. 둘째, A-GPS 서비스를 제공하기 위하여 이동전화망이 필요하지 않다, 즉 사용자는 A-GPS 서비스를 위하여 통신요금을 내지 않아도 된다. 셋째, 사용자들은 A-GPS 뿐만 아니라 T-DMB를 이용한 다양한 위치기반의 데이터 서비스를 이용할 수 있다. 다양한 위치기반 서비스는 TPEG (transport protocol expert group) 프로토콜 기반으로 T-DMB 데이터 서비스에 의해서 제공된다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 TPEG 프로토콜과 SNI (service and network information)에 대하여 간단히 살펴본다. 3장에서는 제안된 A-GPS 시스템을 설명한다. 4장에서는 A-GPS 시스템의 구현 및 실험결과를 보여준다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. TPEG프로토콜과 SNI 메시지의 구조 Model

TPEG 프로토콜은 그림 1에서와 같이 SNI 정보를 포함하는 계층적 트랜스포트 프레임 구조를 가지고 있다. TPEG 응용분야는 여러 종류의 데이터 서비스가 있고 메시지의 구조는 TPEG 표준을 따른다⁵⁻¹⁰⁾.

각 트랜스포트 프레임은 동기신호 (Sync Word), 서비스 프레임 길이 (Field Length), 헤더 CRC (cyclic redundancy code), 프레임 타입 지시자 (frame type indicator)와 서비스 프레임으로 이루어진다. 각 서비스 프레임은 서비스 ID (identification), 보안 지시자 (encryption indicator), 한 개 이상의 콤포넌트 프레임으로 이루어진 다중 콤포넌트 (component multiplex) 등으로 이루어진다. 각각의 트랜스포트 프레임은 하나의 서비스 제공자에 의해 사용될 수 있거나 여러 가지 응용분야가 섞인 하나의 할당된 서비스에 의해 사용될 수 있다. 혼합된 서비스 제공자나 서비스들은 다중의 트랜스포트 프레임에 의해 구현될 수 있다.

다중 서비스 콤포넌트 (service component multiplex)는 하나 이상의 콤포넌트 프레임의 모음이다. 이 콤포넌트 프레임의 타입이나 순서는 서비스 제공자에 의해 결정된다. A-GPS 시스템 구현을 위한 TPEG 스트림을 사용하기 위하여 TPEG-SNI 응용이 사용된다.

SNI 메시지의 SNI-이벤트 컨테이너는 전체 길이, 파일 번호, 콤포넌트 데이터 길이, 압축 데이터와 CRC32로 구성된 SNI 이벤트 컨테이너를 가지고 있다. 전체 길이는 파일의 길이이고, 길이는 최대 500바이트로 제한되어 있다. 파일 번호는 전송을 위해 구분되는 파일 순서에 대한 번호이며 1바이트 길이를 가진다. 압축길이는 압축된 데이터의 길이를 바이트로 표시하는 것이다. UTC (universal time

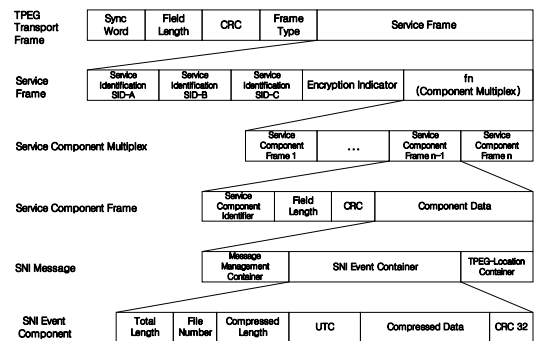


그림 1. TPEG 프로토콜의 프레임 구조

clock) 필드는 GPS 위성으로부터 수신된 시스템 시간이고 그 길이는 16 바이트이다. 압축 데이터는 바이트 단위의 가변 길이를 가지고 GPS 위성에서 수신된 ephemeris 등이 압축된 것이다. CRC32는 SNI 이벤트 컨테이너를 위한 32 비트 오류정정부호이다.

III. DMB 신호를 이용한 제안된 A-GPS 시스템

지구 주위를 운행하는 GPS 위성은 자신의 유일한 코드로 식별되는 데이터를 전송하고 있다. GPS 위성은 코드분할 다중접속 (code division multiple access, CDMA)을 이용하여 1msec의 주기로 1.023MHz 대역의 확산대역 (direct sequence spread spectrum, DS-SS) 신호를 1575.42MHz 주파수로 송출하고 있다. 각 위성의 확산대역 신호는 정확한 시간, 위성의 위치를 시간의 함수로 표시하는 공식의 계수 (ephemeris)를 포함하는 운항 정보를 50bps 속도로 변조한다.

차량 네비게이션 시스템은 3개 이상의 위성으로부터 수신한 위성정보 (ephemeris)와 가상거리 (pseudo-range)를 이용하여 현재의 위치를 결정한다. 가상거리는 상대적으로 약한 신호세기에도 수신 가능하며, 약 -159dBm 이상에서 수신된다. 반면에, 위성정보를 수신하기 위하여 신호세기는 -144dBm 이상이어야 하고, 데이터 전송속도가 50bps 이기 때문에 통신 오류 없이 30초 이상 수신 가능하여야 한다. 수신신호 장애 등으로 인하여 위성정보의 수신에 걸리는 시간이 도심에서는 일반적으로 2분, 고층 빌딩이 밀집한 지역에서는 5분까지도 될 수 있다.

위에서 언급한 문제들을 해결하기 위하여, 이동전화망과 같은 추가적인 채널을 통하여 위성정보를 전송하는 시스템이 A-GPS 시스템이다¹¹⁾. 이동전화망의 사용은 전화연결시간이 소요되고, 통화당 이용료가 부과된다. 그림 2에서 제시된 것과 같이 이동

전화망 대신에 T-DMB를 이용한 A-GPS 시스템을 제안한다.

T-DMB 시스템은 기존의 시스템과 비교하여 강한 신호 세기뿐만 아니라 고속의 데이터 속도 등의 장점을 가진다. T-DMB 시스템은 GPS 시스템의 데이터 전송속도의 100배인 5kbps의 속도로 데이터 서비스를 제공한다. T-DMB 시스템의 신호세기는 실내에서 수신될 정도로 강한 신호를 송출한다. T-DMB는 A-GPS 시스템의 지원뿐만 아니라 다양한 위치기반 서비스를 제공한다. T-PEG 프로토콜 스트림은 시간, 가시 위성 목록 (visible satellite list), 위성신호의 도플러와 코드위상 및 탐색구간 등에 관한 정보를 제공한다.

그림 2에서 텔리매틱 단말기는 GPS 위성의 시간 정보 혹은 코드 위상으로부터 가상거리와 T-DMB 방송국에서 제공하는 위성정보를 이용하여 위치를 결정한다. 기준지점 (reference site)은 위성정보를 포함하는 정보를 GPS 위성으로부터 수신하여 1분 단위로 T-DMB 방송국의 TPEG 서버로 전송한다. 하나의 전송주기 동안에 5개의 파일이 전송된다. T-DMB 방송국은 1분마다 수신하는 5개의 파일을 순차적으로 1초에 하나씩 전송을 반복한다. 텔리매틱 단말기가 통신장애 등으로 수신하지 못했다면, 매 5초마다 반복적으로 송신되는 파일을 받을 수 있다.

그림 3은 T-DMB 와 GPS 수신기의 블록 다이어그램을 보여준다. 텔리매틱 단말기가 초기 구동시에 전원이 인가되면, GPS 수신기는 가상거리를 구하고, 위치결정모듈 (Position Determination Module)은 실시간 시계 (real time clock)으로부터 현재시간을 얻고, 메모리에 저장된 위성정보의 유효성을 검사한다. 위성정보의 검사결과가 유효하면 위치결정모듈은 가상거리와 위성정보를 이용하여 현재 위치를 결정한다. 위성정보가 유효하지 않으면 위치결정모듈은 DMB를 켜고 위성정보를 송신하는 방

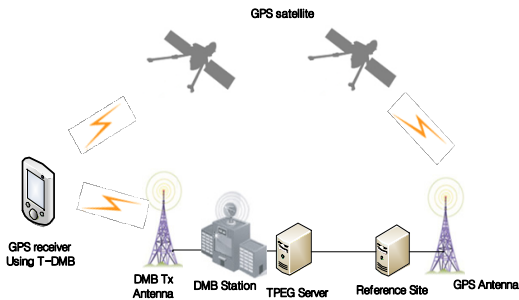


그림 2. GPS와 T-DMB 네트워크의 연동된 A-GPS 시스템

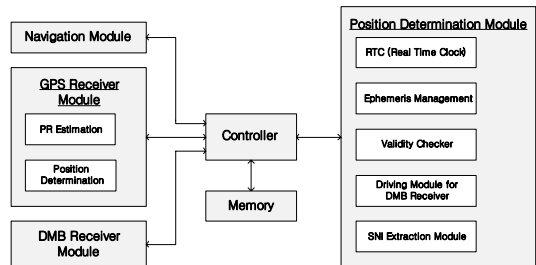


그림 3. T-DMB 와 GPS 수신기의 블록 다이어그램

송국으로 조정한다. T-DMB 방송국에서 제공하는 TPEG 스트림으로부터 SNI 메시지를 수신한 후, 위치결정모듈은 SNI로부터 위성정보를 추출하고 메모리에 저장한다. 위치결정모듈은 가상거리와 저장된 위성정보를 이용하여 현재 위치를 결정한다. 상세한 흐름도는 그림 4에 나타나 있다.

GPS 수신 모듈은 위치결정을 할 수 있다. 저장된 위성정보 유효하거나 채널상태가 좋은 경우에는 GPS 수신 모듈은 T-DMB 모듈의 도움 없이 위치결정을 할 수 있다. 텔리매틱 단말기는 도심환경에서 약한 신호를 수신하기 때문에 T-DMB를 이용한 GPS 시스템이 TPEG 스트림을 통하여 전송되는 더 많은 가시위성목록 덕분에 더 정확한 위치를 결정한다.

그림 1에서 압축 데이터는 기준지점에서 수신된 위성정보를 포함한다. 위성으로부터 동시에 수신되는 위성정보의 수는 15개 이하이다. 위성정보는 5개의 파일로 나누어진다. 각 파일은 3개 이하의 위성정보 데이터를 포함한다. 위성정보 데이터가 없다면 파일은 헤더 정보와 길이가 0인 압축 데이터를 가지고 생성된다. 그림 5는 데이터 생성시간, 다양한

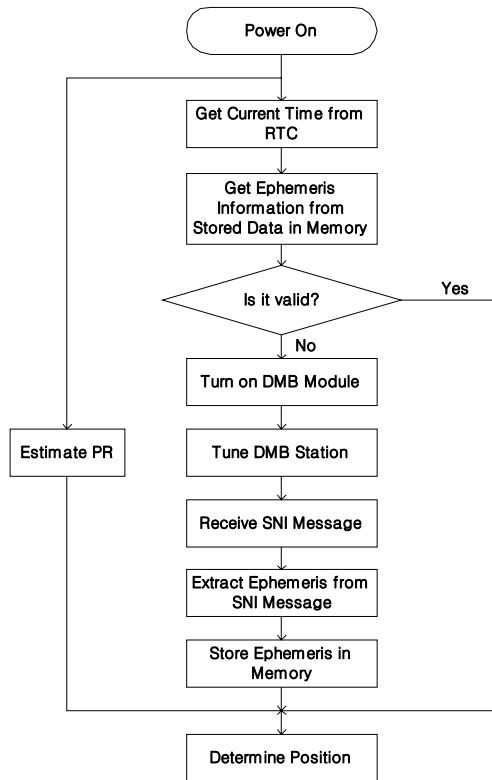


그림 4. T-DMB와 GPS를 이용한 위치결정모듈의 흐름도

```

typedef struct
{
    short swid;
    unsigned short weekNo;
    unsigned short acc; // user range accuracy units: n/a, range: 0 to 15
    // Eph is good when IODE2 equals to IODE3
    unsigned char IODE2; // issue of data - ephemeris
    unsigned char IODE3; // issue of data - ephemeris
    double M0; // mean anomaly at reference time
    double deltaN; // mean motion diff. from computed value
    double ecc; // eccentricity
    double Ek; // calculated in SatPosSpeedECEF()
    double sqrtA; // square root of the semi-major axis
    double OMEGA0; // longitude of ascending node
    double i0; // inclination angle at reference time
    double w; // argument of perigee
    double OMEGADOT; // rate of right ascension
    double IDOT; // rate of inclination angle
    double Cuc; // amplitude of the cosine correction-latitude
    double Cus; // amplitude of the sine correction-latitude
    double Crc; // amplitude of the cosine correction-orbit R
    double Crs; // amplitude of the sine correction-orbit R
    double Cic; // amplitude of the cosine correction-inclination
    double Cis; // amplitude of the sine correction-inclination
    // Clock parameters
    double GroupDelay;
    double af0;
    double af1;
    double af2;
    unsigned long aodc; // Age of data clock
    int health;
    unsigned long toc; // clock data reference time in seconds
    unsigned long toe; // reference time - ephemeris
    bool available;
} EPHEMERIS;
    
```

그림 5. 위성정보의 데이터 구조

기준시간, 위성 위치 등으로 구성되는 위성정보의 상세한 구조를 나타낸다.

IV. 구현된 시스템의 실험결과

제안된 시스템의 성능을 측정하기 위하여, TTFF, HDOP, 가시위성의 수 등의 성능측정항목을 조사하였다. TTFF는 GPS 수신기의 성능을 평가하는 중요한 항목이다. 119와 같은 긴급 서비스는 빠른 TTFF에 대한 강한 필요성을 가진다. 위치결정의 오차에 대한 정확성은 HDOP와 관련이 있다. 작은 HDOP가 더 정확한 값을 의미한다.

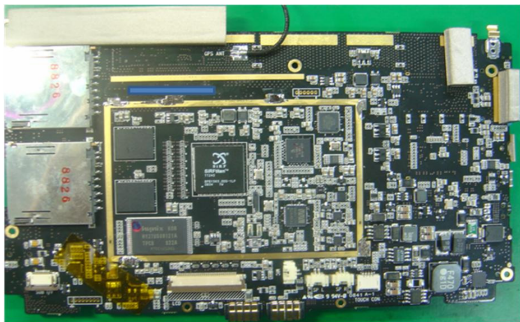
실험을 측정지역의 선정은 고층 빌딩이 밀집한 곳으로 그림 6에 표시된 성남의 분당지역에서 성능 측정이 이루어졌다. 기존의 GPS 시스템을 탑재한 상용 텔리매틱 단말기를 성능의 비교대상으로 하기 위하여 함께 실험에 사용되었다. 측정 데이터는 같은 장소에서 20번의 실험한 값을 평균하여 기록되



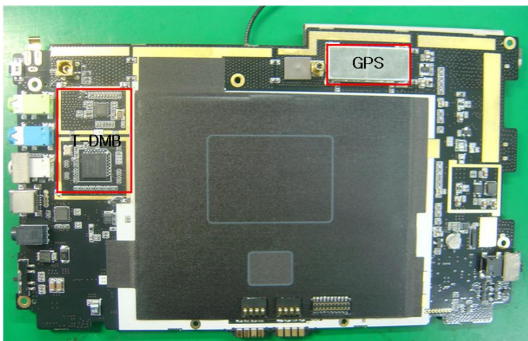
그림 6. 성능 측정을 위한 Field test 경로

었다. Warm start TTFF를 측정하기 위하여 텔레매틱 단말기는 측정을 수행하기 전에 4시간 동안 전원을 켜지 않았다.

제안된 시스템은 그림 7에서 보여지는 것처럼 SiRF 사에서 제조한 GPS 수신칩 Titan v5.0 과 DMB 수신칩 등으로 구현되었다. 중앙처리장치는 600MHz에서 동작하는 ARM11과 300MHz에서 동작하는 DSP로 구성되었다. 7인치 LCD가 디스플레이로 사용되었다. GPS 수신칩의 수신감도는 트랙킹은 -159dBm 이고, Acquisition은 -144dBm 이상을



(a)보드 앞면



(b)보드 뒷면

그림 7. T-DMB와 GPS 수신기의 구현

가진다. 네비게이션 모듈과 위치결정 모듈은 중앙처리장치와 하드웨어 모듈에 구현되었다. DMB 수신칩은 TPEG 스트림을 복조하여 위치결정모듈로 전송한다. 하드웨어의 크기는 185mm(너비) x 122mm(높이)로 구현되었다.

그림 8은 실험을 통하여 가시위성의 수, HDOP 값 등을 측정되는 장면을 보여준다. 측정 데이터는 수신시간, 위도, 경도, 높이, HDOP, 가시위성의 수 및 차량의 속도 등을 포함한다.

Field test의 결과는 표 1에 정리되어 있다. TTFF는 기존의 GPS 시스템의 18%, 즉 제안된 시스템은 기존 GPS 시스템의 5.4배 빠르게 위치를 결정한다. 감소된 TTFF는 T-DMB에서 제공되는 데이터의 전송속도와 기준지점에서 수신된 위성정보와 같은 정확한 정보에 의한 것이다. 기준지점은 채널 환경이 매우 뛰어나고 높은 이득을 가진 안테나와 높은 수신감도를 가진 수신기의 사용으로 정확한 데이터를 보장한다.

제안된 시스템의 HDOP는 기존의 시스템과 비교하여 32% 개선 효과를 가진다. 이것은 주로 가시위성의 수에 의한 것이다. 위에서 언급한 바와 같이 기준지점은 고감도 수신기와 좋은 채널 환경을 가졌다. 기준지점은 독자적인 기존의 GPS 시스템에 비하여 더 많은 위성으로부터 더 많은 정보를 수신

가진다. 네비게이션 모듈과 위치결정 모듈은 중앙처리장치와 하드웨어 모듈에 구현되었다. DMB 수신칩은 TPEG 스트림을 복조하여 위치결정모듈로 전송한다. 하드웨어의 크기는 185mm(너비) x 122mm(높이)로 구현되었다.

표 1. 기존 GPS 시스템과 제안된 A-GPS 시스템의 시험 결과

| Performance Metric | A-GPS System using T-DMB | Conventional GPS System | Improvement |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|
| TTFF (second) | 10.1 | 54.9 | 0.18 |
| HDOP | 1.5 | 2.2 | 0.32 |
| # of Satellite | 6.6 | 4.9 | 1.7 |



그림 8. GPS 위성정보의 표시 방식

할 수 있다. 제안된 시스템의 가시위성 수는 기존의 시스템에 비하여 1.7개의 위성만큼 더 수신할 수 있다.

V. 결론

이 논문에서는 T-DMB 네트워크를 이용하여 A-GPS 시스템을 구현하는 효율적인 시스템을 구현하였다. TPEG 스트림의 서비스 컴포넌트는 텔리매틱 단말기에 위성정보를 제공하여, 텔리매틱 단말기가 빠른 TTFF, 낮은 HDOP 등을 얻을 수 있도록 한다. 실험을 통하여 빠른 습득시간과 개선된 위치 정확도를 보였다. TTFF는 평균 54.9초 에서 10.1초로 줄어들었다. 가시위성의 수가 기존의 시스템에 비하여 1.7개 증가하였기 때문에 정확도는 HDOP에서 32%의 개선이 있었다. 제안된 시스템은 효율적인 A-GPS 시스템뿐만 아니라 TPEG을 이용한 위치기반 서비스를 제공할 수 있다.

References

- [1] Y. Zhao, "Mobile Phone Location Determination and Its Impact on Intelligent Transportation Systems" IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 55-64, Mar. 2000.
- [2] Goran M. Djuknic, Robert E. Richton, "Geolocation and Assisted GPS," Computer, Vol. 34, No. 2, pp. 123-125, Feb., 2001.
- [3] ETSI EN 301 401 Ver.1.3.3, "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to Mobile, Potable and Fixed Receiver", May 2001.
- [4] Y. Jeong and W. Kim, "A Novel TPEG Application for Location Based Service using Terrestrial-DMB" IEEE Trans. Consumer Electron., Vol. 52, No. 1, Feb. 2006.
- [5] EBU BPN 027-1 "Transport Protocol Experts Group(TPEG) Specifications, Part 1 : Introduction, Numbering and Versions TPEG-INV/002", Oct. 2002.
- [6] EBU BPN 027-2 "Transport Protocol Experts Group (TPEG) Specifications, Part 2 : Syntax, Semantics and Framing Structure TPEG-SSF_3.0/002", Oct. 2002.

- [7] EBU BPN 027-3 "Transport Protocol Experts Group (TPEG) Specifications, Part 3 : Service and Network Information Application TPEG-SNI_3.0/002", Oct. 2002.
- [8] EBU BPN 027-4 "Transport Protocol Experts Group (TPEG) Specifications, Part 4 : Road Traffic Message Application TPEG-RTM_3.0/003", Oct. 2002.
- [9] EBU BPN 027-5 "Transport Protocol Experts Group (TPEG) Specifications, Part 5 : Public Transport Information Application TPEG-PTI_3.0/001", Oct. 2002.
- [10] EBU BPN 027-6 "Transport Protocol Experts Group (TPEG) Specifications, Part 6 : Location Referencing for Application TPEG-Loc_3.0/001", Oct. 2002.
- [11] J. S. Evans and D. Everitt, "On the teletraffic capacity of CDMA cellular networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 48, pp. 153-165, Jan. 1999.

김 병 수(Byungsoo Kim)

정회원



1991년 2월 서울대학교(공학사)
1993년 2월 서울대학교(석사)
1997년 2월 서울대학교(박사)
2002년~현재 파인디지털
<관심분야> telematics system,
Location Based Services

민 승 욱(Seungwook Min)

정회원



1987년 2월 서울대학교(공학사)
1990년 2월 KAIST(석사)
1999년 6월 Polytechnic Univ.
(박사)
2007년 3월~현재 상명대학교
<관심분야> WLAN system,
CDMA system cell planning