

# 차선별 교통 모니터링을 위한 위성항법 수신기망 설계 및 성능 평가

## Design and Evaluation of a GNSS Receiver Network For Lane-By-Lane Traffic Monitoring

김희성\*, 이형근\*

Hee-Sung Kim\*, Hyung-Keun Lee\*

### 요 약

미래 지능형교통시스템에서 각 차량의 차선별 주행 정보를 관측 및 제어하는 기능은 반드시 선결되어야 할 요소 기술에 해당된다. 본 논문에서는 미래 지능형교통시스템 구현에 있어서 선결되어야 할 정밀측위 기반 주행차선 구분을 위하여 위성항법 수신기망 구성요소들을 설계하고, 실험을 통하여 제안된 방식에 의한 차선 구분의 가능성을 평가하였다. 설계된 수신기망 구성 요소는 기준국 서버, 방송기, 그리고 이동국 클라이언트로 구분되며 설계된 구성요소들은 추후 유연한 확장을 위하여 국제 표준 RTCM SC-104 version3.0 메시지 규격을 활용하는 특징을 가진다. 또한, 항공 및 해양 분야와는 달리 가시위성의 출몰이 빈번한 상황을 고려하여 이동체 클라이언트는 정밀 위치의 추출을 위하여 저가의 단일 주파수 수신기와 위치영역 위상평활화필터를 활용하도록 설계 하였다. 선 조사된 왕복 4차선 도로에 대한 주행 실험을 통하여 제안된 방식의 성능을 평가하였으며, 수평에서 20cm 이내의 측위 정확도를 보임을 확인 할 수 있었다.

### Abstract

For the realization of future intelligent transportation systems, fine-grained lane-by-lane traffic monitoring and control functionalities are among the most important technology barriers to overcome. To satisfy the accuracy requirement for traffic monitoring, a GNSS receiver network is designed. The designed receiver network consists of three different types of entities; reference server, broadcaster, and client. For deployment flexibility, all the entities utilize the international message standard RTCM SC-104 version 3.0. For fine-grained traffic monitoring, the client is designed to utilize position-domain carrier-smoothed-code filters to provide accurate vehicle coordinates in spite of frequent addages and outages of visible satellites. An experiment result is presented to evaluate the positioning accuracy of the proposed method,

Key words : wireless, localization, WLAN, signal strength

### I. 서 론

미래 지능형교통시스템에 대비하여 현재 국내에

서 u-TSN (Ubiquitous Transportation Sensor Network) 기초 연구가 진행되고 있다 [1]. 기존의 ITS 기술에 비하여 u-TSN 기술이 가지는 차별성은 통신과 측위 분야에서 특히 부각되는데 통신 분야에서는 차량/교

\* 한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부

· 제1저자 (First Author) : 김희성

· 투고일자 : 2010년 4월 7일

· 심사(수정)일자 : 2010년 4월 8일 (수정일자 : 2010년 4월 23일)

· 게재일자 : 2010년 4월 30일

통센터 및 차량/차량 사이의 끊김 없는 양방향 정보 교환 기능이 요구되며, 측위 분야에서는 각 차량별 주행 상태를 차선 단위로 세밀하게 구별할 수 있는 기능이 요구된다.

차량에 대한 차선 단위의 주행 구분을 위하여 선결되어야 할 두 가지 핵심 기술 요소로서 정밀한 절대위치 정보와 정밀한 전자지도를 들 수가 있으며 국내 도로 환경에서 차선의 폭이 일반적으로 3~3.5 m에 해당되므로 최소한 수평오차 1 m 이내의 정확도가 필요하리라 예상된다. 전자지도의 정확도와 관련해서는 현재 몇몇의 업체들에 의하여 대도시나 특별한 지역에 대하여 1 m 이상의 고해상도 래스터(raster) 항공사진이 제공되고 있으며 전자지도의 해상도는 꾸준히 향상되고 있는 추세이다.

u-TSN에서 차선구분이 가능한 정밀 위치정보를 구현하기 위하여 현존하는 다양한 측위 기술들 중 가장 가능성이 높은 기술은 보정 위성항법 기술이 된다. 보정 위성항법 기술에 참여하는 수신기는 크게 기준국 수신기와 이동국 수신기로 분류할 수 있다. 보정 위성항법의 구현을 위한 주요 기술 중 하나로서 기준국 수신기의 정보를 이동국 수신기로 전달하는 통신 기술을 들 수 있는데 기존의 전통적인 방식에서는 통제된 전파대역을 활용한 단방향 전달이 주를 이루었으나 u-TSN의 경우 IEEE 802.11 기반 무선통신이 활용 가능하므로 TCP/IP 기반의 양방향 통신이 가능하다.

보정 위성항법 기술과 관련하여 현재까지 항공, 해양, 측지, 그리고 차량항법 등 다양한 분야에서 각 분야의 응용에 적합한 요소 기술들이 근래에 들어 다 각도로 연구되고 있으며, 현재 차선 구분에 가장 근접한 기술들은 측지/측량 분야에서 비롯된 CDGPS (Carrier-phase Differential GPS) 기술을 들 수 있다. CDGPS 기술에 의하면 위상 측정치 미지정수 결정에 의하여 수 cm 이내의 정확도를 얻을 수 있다. 반면, 이와 같은 정확도를 차량의 전 운용 시간에 걸쳐서 안정적으로 확보하기 위해서는 고가의 이중 주파수 수신기의 활용이 필수적이다. 일부 특수한 경우 저사양의 단일 주파수 수신기가 활용된 예를 찾을 수 있지만 이 경우 수신기는 정지되어 있거나 느린 이동체에 장착된 경우에 국한된다.

정밀 측위와 관련하여 다른 응용분야와 달리 지상 교통 분야에서 특히 추가적으로 고려해야 할 사항으로 두가지를 들 수 있다. 첫째, 많은 사람들이 정밀

측위 기술을 활용할 수 있게 하기 위해서는 저가의 수신기를 활용해야 한다는 점이다. 둘째, 지상 차량의 운동은 항공기와는 달리 방향 및 속도의 변화가 단순한 운동모델로 규정짓기가 어렵다는 점이다. 따라서, 현재까지 알려진 기술을 적절한 변형 없이 저가의 수신기와 속도 및 자세의 변화가 다변한 차량에 적용하여 차선구분에 충분한 정확도를 얻기에는 난점이 있으므로 새로운 기술의 개발 및 응용이 요구된다.

본 논문에서는 u-TSN 기술의 구현을 위하여 선결되어야 할 정밀 측위에 의한 주행 차선 구분을 위하여 위성항법 수신기망 구성요소들을 설계하였다. 설계된 수신기망 구성 요소는 기준국 서버(serv)설계하, 방송기(c)들을 설계하, 그리고 이동국 클라이언트(client)로 구분된다. 기준국 서버는 각 기준국 수신기에 연결되어 기준국 측정정보를 방송기로 전달하며, 방송기는 기준국 서버로부터 수신된 측정정보를 가공하여 다수의 이동국 클라이언트들에게 전달하여 주며, 이동국 클라이언트는 방송기로부터 수신된 기준국 측정정보를 활용하여 정밀 측위를 수행한다. 방송기는 이외에도 기준국 서버/클라이언트의 접속을 인증하고 관리하는 기능을 수행한다.

본 논문에서 소개되는 위성항법 수신기망 구성 요소들은 국제 표준 RTCM SC-104 version3.0 메시지 규격 [2] 을 활용하는 특징을 가진다. 또한, 항공 및 해양 분야와는 달리 가시위성의 출몰이 빈번한 상황을 고려하여 이동체 클라이언트는 정밀 위치의 추출을 위하여 위치영역 위상평활화필터 [3]를 활용하도록 하였다.

본 논문에서는 위성항법 수신기망 구성 요소들의 기능, 수신기 망 내부 연결 개형 및 u-TSN과의 연결 개형, 그리고 메시지 구조를 중심으로 소개하고, 저가 단일 주파수 수신기를 활용한 실험 결과를 통하여 도출 가능한 정확도를 평가하였다.

## II. u-TSN을 위한 수신기망 설계

### 2-1 u-TSN 시스템 구조

u-TSN의 구성 요소는 그림 1에 나타난 바와 같이 크게 UTC (Ubiquitous Transportation Center) , UIS

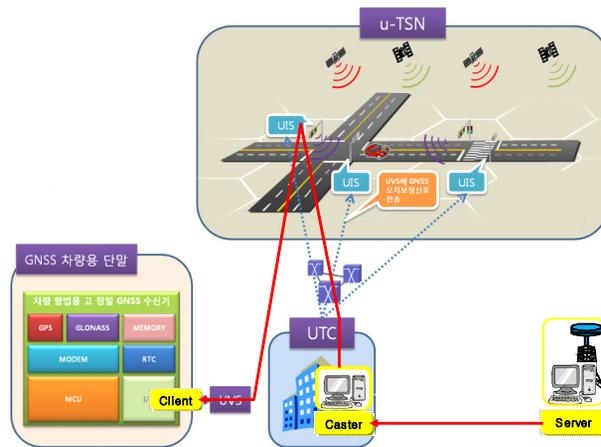


그림 1. u-TSN 시스템의 구조 [1]  
Figure 1. u-TSN system architecture [1]

(Ubiquitous Infrastructure System), 그리고 UVS (Ubiquitous Vehicle System) 의 세 부류로 분류된다. 이중 UTC는 u-TSN의 중추적 역할을 수행하는 구성 요소로서 u-TSN의 차선 단위의 세밀한 교통량 정보를 수집하고 배부하며 신호 제어기 등을 활용하여 교통량의 흐름을 제어하는 역할을 수행한다. 또한, 세밀한 교통정보 수집 기능으로 감지 가능한 돌발 사고 발생에 대하여 신속하게 대처하기 위한 지령을 생성하는 기능을 수행한다.

UVS는 정밀 측위를 위한 GNSS 수신기, 관성센서, 시현장비, IEEE 802.11 계열의 통신 인터페이스 등으로 구성되며 u-TSN에 참여하는 각 차량에 장착된다.

UIS는 UTC를 통하여 전달된 GNSS 기준국 정보를 UVS에 전달하며 또한 UVS에서 생성된 정밀 위치정보를 UTC에 전달하는 역할을 수행한다. UIS는 IEEE 802.11 [4] 표준에 근거하여 설계되었으며 주요 간선 도로 교차로에 설치된다.

## 2-2 수신기망 구조

앞서 설명된 바와 같이 u-TSN은 IEEE 802.11 계열 표준에 기반하여 TCP/IP 방식에 의한 양방향 통신을 가능하게 하여 준다. 이와 같은 통신 환경에 활용이 가능한 수신기망 구성 기술로는 RTCM에 의하여 국제표준으로 제정된 NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) [5] 을 들 수 있다. NTRIP을 활용한 수신기망 구성의 핵심요소인 기준

국 서버, 방송기, 그리고 이동국 클라이언트와 u-TSN 구성요소인 UTC, UIS, 그리고 UVS 사이의 연결 개형은 그림 1에 나타난 바와 같다.

설계된 수신기망 구성 요소 사이의 교환 메시지는 추후 u-TSN 및 이외의 다양한 응용 분야에의 유연한 적용을 위하여 국제표준규약인 RTCM SC-104 메시지 포맷을 활용하였다. 현재 위성항법 기반 정밀 측위기술의 지상 교통 응용과 관련하여 제정된 표준 규약은 없다. 따라서, NTRIP과 RTCM SC-104에 기반한 수신기망과 u-TSN과의 접목을 위하여 방송기와 UTC 사이의 접속에는 비표준화된 메시지를 설계하여 활용하였다.

지금부터는 NTRIP과 RTCM SC-104에 기반한 수신기망 핵심 구성요소들의 주요 설계 사항과 이들 사이에서 교환되는 메시지 내역을 살펴보기로 한다.

## 2-3 수신기망 핵심요소

### (a) 기준국 서버

기준국 서버는 기준국 원시 데이터 획득 모듈, 기준국 원시 데이터 디코딩 모듈, 그리고 디코딩 데이터 송신 모듈 등으로 구성된다. 이들 중, 기준국 원시 데이터 획득 모듈은 UART를 통하여 이동국 주파수 기준국 수신기로부터 출력되는 데이터 스트림을 획득하는 기능을 수행한다.

기준국 원시 데이터 디코딩 모듈은 각 수신기 제조사가 지정한 고유 메시지 포맷으로 전달되는 데이터를 해독하여 정상적인 위성궤도력, L1 의사거리,

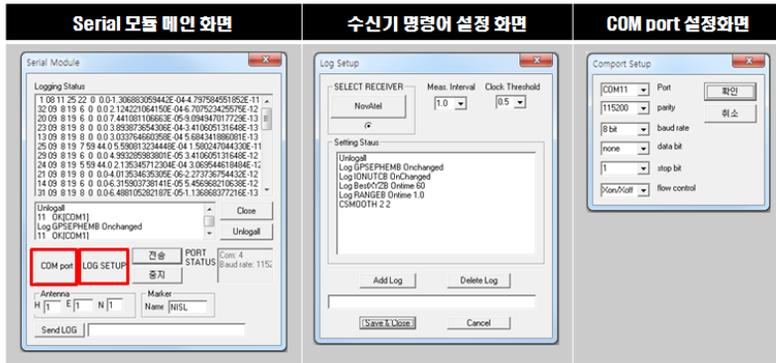


그림 2. 기준국 서버의 실행 화면  
Figure 2. Screen shot of reference server

L2 의사거리, L1 누적위상, L2 누적위상 측정치를 해독하고 비정상적인 측정치를 식별하는 기능을 수행한다.

디코딩 데이터 송신 모듈은 정상적으로 해독된 데이터를 자체적으로 설계된 포맷에 맞춰 인코딩한 후 실시간에 기준국 서버로부터 방송서버로 TCP/IP에 의하여 송신하는 기능을 수행한다. 이와 같은 주요 기능들을 수행하도록 설계된 기준국 서버의 실행에는 그림 2에 도시되어 있다.

(b) 방송기

방송기는 설계된 수신기망에서 핵심적인 기능을 수행하며 기준국 데이터 수신 및 디코딩 모듈, 데이터 가공 모듈, 기준국/이동국 관리 모듈, RTCM 인코딩 모듈, 그리고 RTCM 인코딩 및 송신 모듈 등으로 구성된다.

이들 중, 기준국 데이터 수신 및 디코딩 모듈은 자체적으로 설계된 포맷에 의거하여 기준국 서버로부터 방송기에 전달된 TCP/IP 데이터를 실시간 수신한 후 위성궤도력, L1 의사거리, L2 의사거리, L1 누적위상, L2 누적위상 측정치에 대한 수치로 변환하는 기능을 수행한다.

데이터 가공 모듈은 기준국 서버로부터 수신 및 디코딩된 원시 측정치 정보를 위치 정확도 향상을 위하여 필요에 따라 원시 측정치 정보를 가공하는 기능을 수행한다.

개념상 한 개의 방송서버는 다수개의 이동국들에 대하여 기준국 측정 정보를 P2P서비스하도록 설계되어 있다. 이를 위하여 기준국/이동국 관리 모듈은 방

송기에 접속할 수 있는 기준국과 이동국 리스트를 관리하는 기능을 수행한다.

마지막으로, RTCM 인코딩 및 송신 모듈은 기준국 측정 정보를 RTCM SC-104 포맷으로 변환한 후 무선모뎀과 TCP/IP에 의하여 이동국으로 송신하는 기능을 수행한다. 이와 같은 주요 기능들을 수행하기 위하여 설계된 방송기의 실행 화면은 그림 3에 도시되어 있다

(c) 이동국 클라이언트

이동국 클라이언트는 RTCM 데이터 수신 및 디코딩 모듈, 이동국 원시데이터 수신 및 디코딩 모듈, 수신기 데 수신 데이터 보조 처리 모듈, 그리고 측위 알고리즘 모듈 등으로 구성된다.

이들 중, RTCM 데이터 수신 및 디코딩 모듈은 TCP/IP를 통하여 방송기로부터 각 이동국 저가 수신기로 전달된 RTCM SC-104 포맷 기반 데이터를 실시간 수신하여 해독한 후 기준국 측정치 정보로 변환한다.

기준국 원시 데이터 디코딩 모듈은 각 수신기 제조사가 지정한 고유 메시지 포맷으로 전달되는 데이터를 해독하여 정상적인 측정치를 해독하고 특히 저가 수신기에서 발생하는 비이상 시계 도약 현상을 보상하여 안정적인 측정정보로 변환하는 기능을 수행한다.

수신 데이터 보조 처리 모듈은 데이터 링크의 일시적인 이상이나 기준국 수신기와 이동국 수신기의 데이터 출력속도의 비동기성을 보완하기 위하여 필

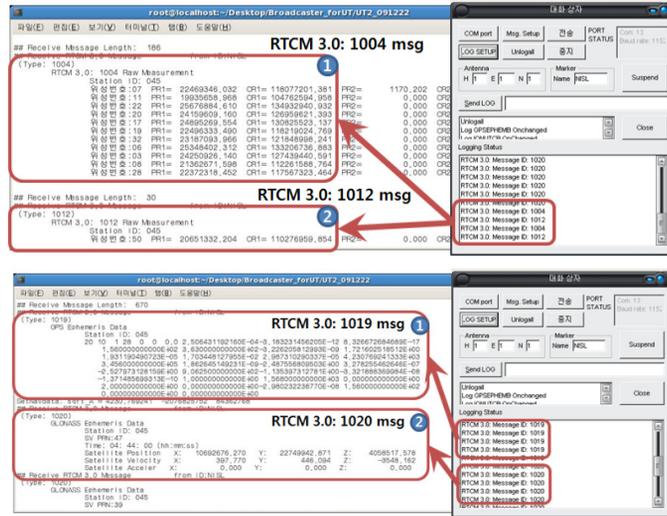


그림 3. 방송기의 실행 화면  
Figure 3. Screen shot of caster

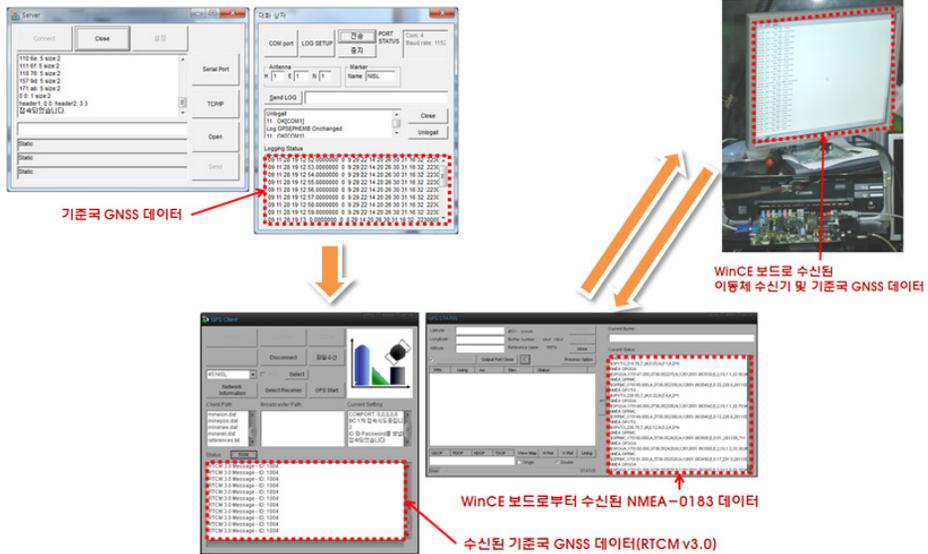


그림 4. 이동체 클라이언트의 실행 화면  
Figure 4. Screen shot of mobile client

요한 경우 보정정보의 인터플레이션 기능을 수행한다.

마지막으로, 측위 알고리즘 모듈은 수신된 기준국 측정정보와 이동국 측정정보를 결합하여 위치영역 차분 위성항법 원리에 기반한 정밀 위치해를 산출하는 기능을 수행한다. 항공 및 해양 분야와는 달리 가시위성의 출몰이 빈번한 육상 교통 환경을 고려하여

이동체 클라이언트는 정밀 위치의 추출을 위하여 저가의 단일 주파수 수신기와 위치영역 위상평활화 필터 [5]를 활용하도록 설계 하였다. 이와 같은 주요 기능들을 수행하기 위하여 설계된 이동국 클라이언트의 실행 화면은 그림 4에 도시되어 있다.

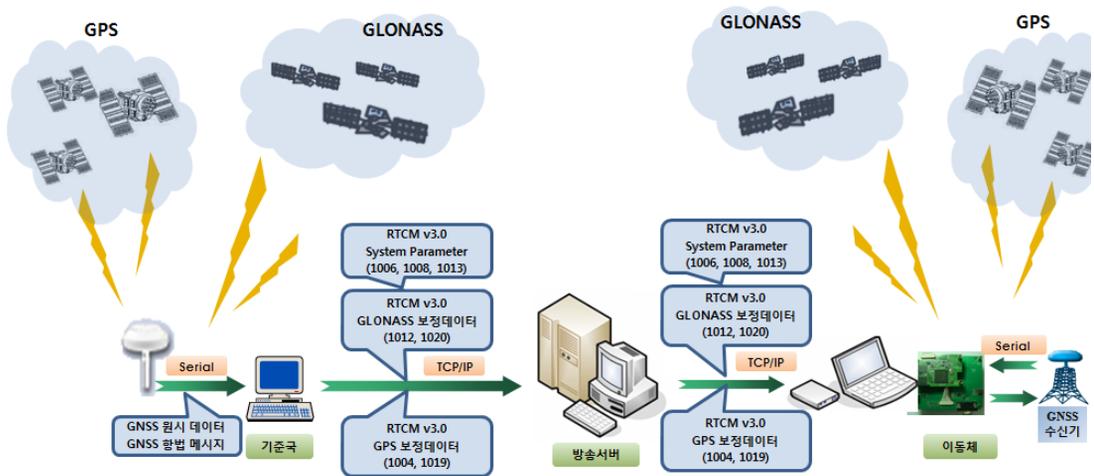


그림 5. 메시지의 종류 및 전달 개형  
Figure 5. Message configurations and flow

표 1. RTCM SC-104 version 3.0 활용 메시지, 크기, 전송률 (Ns=가시위성 개수)

Table 1. Utilized RTCM SC-104 version 3.0 message type, size, and transmission rate

Message Type		Byte 요구량 (단위: byte)	Ns=10 인 경우 (단위: byte)	전송률(rate)
Station Description	1006	21	21	접속시 1회
Antenna Description	1008	68	68	접속시 1회
System Parameter	1013	12,375	24	접속시 1회
GPS Ephemerides	1019 (GPS)	62	62	접속시 1회
GLONASS Ephemerides	1020 (GLONASS)	45	45	접속시 1회
GPS Raw Measurements	1004 (GPS)	8.0+15.625Ns	164.25	1~10 Hz
GLONASS Raw Measurements	1012 (GLONASS)	7.625 +16.25*Ns	170.125	1~10 Hz

표 2. NMEA 0183 활용 메시지, 크기, 전송률

Table 2. Utilized NMEA 0183 message type, size, and transmission rate

Message Type	Byte 요구량	Note	전송률(rate)
GPGGA	80	Byte 요구량은 고도값에 따라 가변	1~10 Hz
GPVTC	50	Byte 요구량은 수평 속력에 따라 가변	1~10 Hz

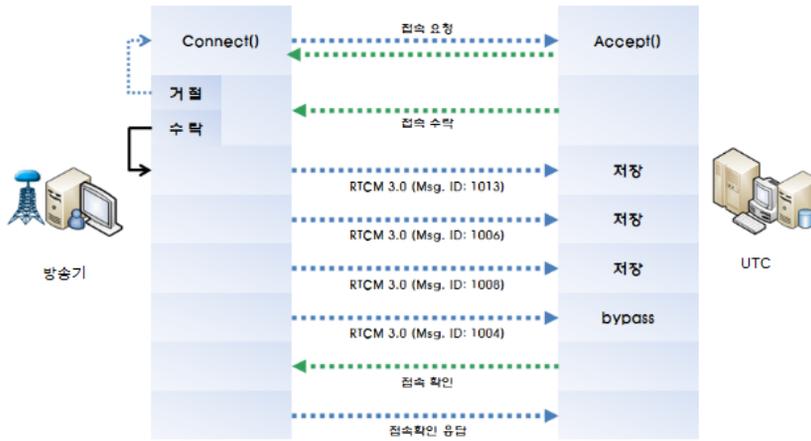
2-4 메시지

u-TSN을 위한 수신기용 요소들 사이에서 교환되는 메시지는 호환성을 위하여 국제 표준 규약을 활용하는 것이 바람직하다. 이를 위하여 그림 5에 도시된 바와 같이 RTCM SC-104 version 3.0 과 NMEA 메시지 포맷을 활용하였다.

정밀 측위를 위한 RTCM SC-104 기반 메시지는

방송기에 의하여 생성되어 UTC와 UIS를 경유하여 UVS 의 메시지 인터페이스 부에 전달된다. RTCM SC-104에서 정의된 다양한 메시지 타입들 중에서 표 1에 나타난 바와 같이 기준국, 안테나, 그리고 시스템 정보에 해당되는 메시지와 GPS와 GLONASS에 해당되는 위성궤도 정보와 원시 측정 데이터 정보를 활용하게 된다.

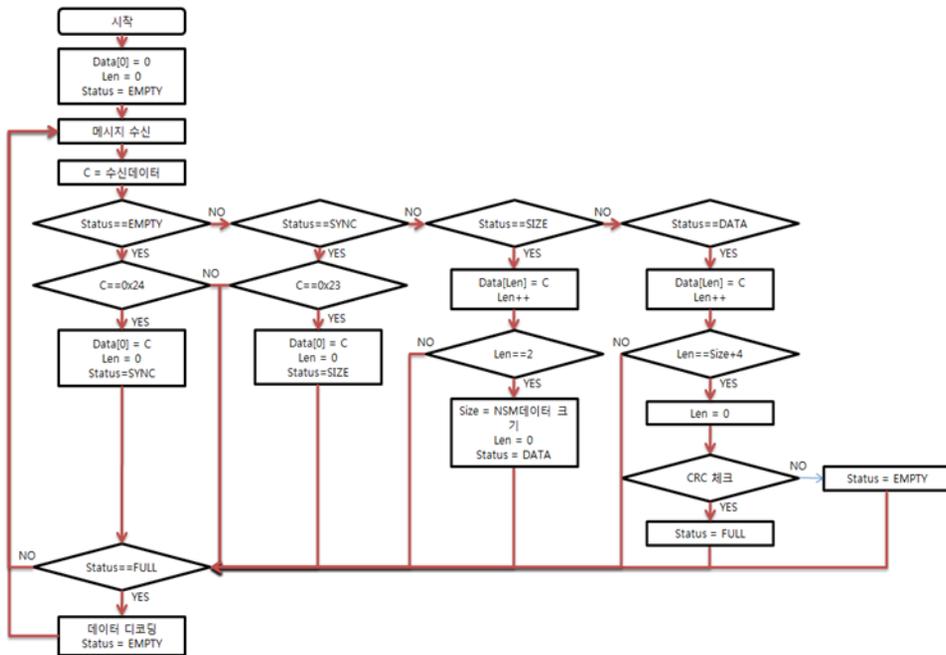
UVS가 수행하는 정밀 측위 알고리즘에 의하여 산



(a) 접속 절차  
(a) connection procedure

Preamble	Message Length	Variable Length Data Message	CRC
16 bits	16 bits	Variable length, integer number of bytes	32 bits
"\$#"(0x24 0x23)	메시지 길이 (단위: byte)	Variable Message	QualComm definition CRC-24Q

(b) 메시지 포맷  
(b) message format



(c) 디코딩 흐름도  
(c) decoding flow

그림 6. UTC와 방송기의 접속 절차, 메시지 포맷, 디코딩 흐름도  
Figure 6. Connection procedure, message format, and decoding flow between caster and UTC

출된 이동체의 위치 및 속도 정보는 표 2에 도시된 바와 같이 GPGGA와 GPVTC 메시지의 형태로 UIS를 통하여 UTC에 전달된다. UTC는 u-TSN에 연결된 모든 이동체에 대하여 위치 및 속도 정보를 취합하여 현시할 수 있으며, 이때 각 위치 정보의 정확도가 차선 구분이 충분한 정도가 되면, 항공 분야의 ADS-B와 유사하게, 화면에 차선별 상세 교통 정보를 현시하고 이에 관련된 교통 제어를 실시간에 수행할 수 있게 된다.

앞서 설명된 기준국 서버, 방송기, 그리고 이동체 클라이언트는 위성항법 기준국 데이터의 인터넷을 통한 분배를 위하여 제정된 국제 표준인 NTRIP 규약에 근거한 것이다. 반면, 교통 응용을 위하여 설계된 u-TSN은 위성항법 시스템 데이터의 효율적 공유를 위하여 설계된 NTRIP과 다른 관점에서 형성된 개념이므로 두 시스템의 핵심 요소인 UTC와 방송기를 연결하기 위한 상세한 지침은 기존에 존재하지 않는다. 이를 해결하기 위하여 접속절차와 메시지 포맷과 관련하여 추가적인 설계가 수행되었다. 그림 6에서 (a)는 UTC와 방송기 사이의 접속을 위하여 설계된 접속절차를, (b)는 접속에 활용되는 비표준화의 구조를, 그리고 (c)는 비표준화 메시지의 해독 절차를 각각 나타낸다.

### III. 실험

u-TSN 구현에 있어서 설계된 수신기망의 효용성을 예측하기 위하여 실험을 수행하였다. 실험의 목적은 설계된 메시지들을 활용하여 기준국 정보를 단일 주파수 수신기에 전달할 경우 차선 구분이 가능한지 확인하는데 있다. 실험에 앞서 정밀 차선 지도를 구축하기 위하여 한국항공대 내부 도로 일부 지역에 대하여 이중 주파수 수신기를 활용한 정밀 측량이 수행되었다. 이를 위하여 이중 주파수 수신기인 NovAtel DL4-PLUS와 GPS-702-GG 안테나가 사용되었으며, 상용 후처리 소프트웨어가 사용되었다. 측량 오차는 수평오차 기준 cm 이내로 추정된다. 항공대 내부 도로의 경우 총 4차선 도로이며, 총 10개의 지점에 대해 정밀 측량이 수행되었으며 그림 7는 이를 바탕

로 구축된 차선을 보여준다.

개발된 정밀측위 시스템의 성능 및 차선구분 가능성을 분석하기 위해 Ublox AEK-4T, DL4-PLUS 수신기가 사용되었으며, 동일한 안테나로 부터의 신호를 수집하기 위해 신호 분배기를 사용하였다.

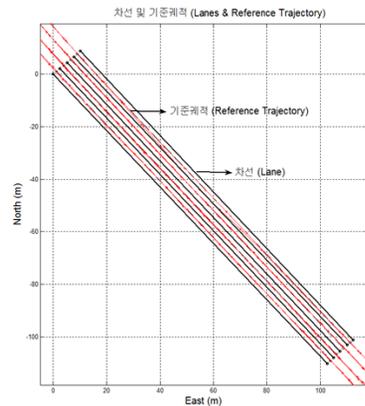


그림 7. 차선과 기준궤적  
Figure 7. lanes and reference trajectory

또한, 측정 데이터의 수집을 위해 각 차선별로 2회의 주행이 수행되었다.

성능 분석을 위한 기준 궤적의 산출을 위해서는 L1/L2 이중 주파수 측정치를 모두 사용하였으며 이를 상용 후처리 소프트웨어인 GrafNav에 적용하여 그림 7과 같은 기준 궤적을 생성하였다. 그림 8은 측위 오차 경향을 도시하고 있다. 그림 8에서 원모양은 U-blox 수신기에서 SBAS (Space-Based Augmentation System)를 활용한 측위 결과를 나타내며, 별모양은 개발된 소프트웨어의 측위 결과를 도시한다. 개발 소프트웨어의 결과 산출을 위해서는 차량에 장착된 NovAtel 수신기로 측정치 중에서 L1 측정치만이 사용되었다.

그림 8에서 U-blox 수신기의 SBAS를 활용한 측위 결과의 경우 3 m 내외의 오차를 내포함을 알 수 있으며 반면, 본 연구에서 개발된 소프트웨어는 기준궤적과 수십 cm 이내의 차이를 보임으로서 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다.

표 3은 그림 8에 도시된 측위 오차의 평균 및 표준편차를 정리한 것이다. 이에 의하면 U-blox의 SBAS

를 활용한 측위결과는 기준궤적에 대해 평균 4 m 이상의 오차를 보임을 확인 할 수 있다. 차선폭은 약 3.5 m 이므로 4 m 이상의 오차는 차선 구분이 불가능함을 의미한다. 반면, 정밀 측위 시스템에 의한 개발 소프트웨어에 의해 생성된 측위 결과는 평균 및 표준편차 모두 20 cm 이내로 분포함을 확인할 수 있다.

그림 8에 나타난 이동 실험 결과는 단기간에 해당되므로 장기적인 오차특성을 분석하기 위하여 정지 실험을 수행하였다. 이를 위하여 알려진 위치에 실험 장치를 설치한 후 10초 간격으로 약 17시간 정도의 수신 데이터를 활용하여 오차 성분을 추출하였다. 그림 9는 단일 GPS, U-blox 수신기가 출력하는 SBAS 위치해, 그리고 개발소프트웨어를 U-blox 측정치에 적용하여 얻은 위치해의 오차분포를 나타낸 것이다. SBAS와 개발소프트웨어에 의한 위치오차의 평균과 표준편차는 표 4에 정리되어 있다. 단기간 이동 실험과 장기간 정지실험 결과로부터 개발소프트웨어는 SBAS에 비하여 정확도 면에서 향상을 가져옴을 알 수 있다.

### III. 결 론

본 논문에서는 정밀측위 기반 주행차선 구분을 위하여 설계된 위성항법 수신기망 구성요소들을 소개하고 이들을 활용하여 정밀측위를 수행할 경우 얻을 수 있는 정확도를 평가하였다. 위성항법 수신기망 구성요소인 기준국 서버, 방송기, 그리고 이동국 클라이언트의 기능을 살펴보았으며, 구성요소들 사이의 연결개형과 활용되는 메시지를 소개하였다. 또한, 설계된 위성항법 수신기망과 u-TSN 사이의 접속을 위하여 비표준화 메시지를 제안들 사이의 접속절차를 확립하였다. 실험을 통하여 제안된 방식이 단일 을 살펴수신기를 장착한 이동차량에 대하여 가시위성의 상황이 정상적인 경우 수평오차 20 cm 이내의 정확도를 확보할 수 있음을 확인하였다.

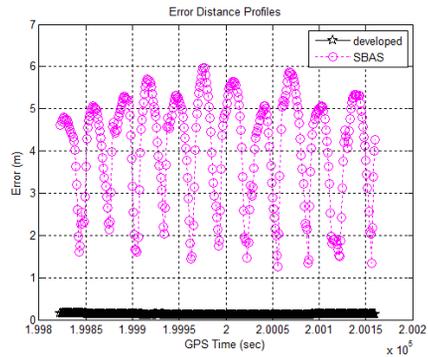


그림 8 실험결과 : 수평오차  
Figure 8. Experiment result: horizontal error

표 3. 기준궤적에 대한 수평오차 평균 및 표준편차  
Table 3. Mean and standard deviation of horizontal error with respect to reference trajectory

	평균(m)	표준편차 (m)
SBAS	4.0922	1.2632
개발 S/W	0.1244	0.0118

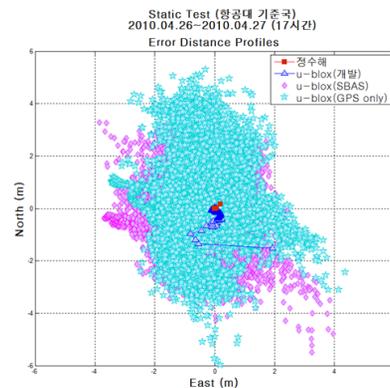


그림 9 정지실험결과  
Figure 9. Static Experiment result in locally-leveled NED frame

표 4. 기준점에 대한 수평오차 평균 및 표준편차  
Table 4. Mean and standard deviation of horizontal error with respect to reference point

	평균(m)	표준편차 (m)
GPS(only)	1.8183	1.0259
SBAS	1.7946	0.8372
개발 S/W	0.0077	0.0578

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(06-교통핵심-A01-01)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 강연수, 오철, 김범일, “유비쿼터스 환경에서의 교통부문여건변화분석 및 대응전략개발 연구”, 연구총서 2005-13, 2005
- [2] Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM Standard 10403.1- Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services. Version3, Arlington, USA,
- [3] H.K. Lee and C. Rizos, "Position-Domain Hatch Filter for Kinematic Differential GPS/GNSS," *IEEE Tr. Aerospace and Electronic Systems*, Vol.44, No.1, pp.30-40, 2008
- [4] <http://www.ieee802.org>
- [5] G. Weber, H. Gebhard, D. Dettmering, *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip), Version 1.0*, July 8, 2004

### 김 희 성 (金熙成)



2006년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)  
 2006년 3월~현재: 한국항공대학교 석사과정  
 관심분야 : 초고정밀 GPS/GNSS, 측위 수신기 망

### 이 형 근 (李炯瑾)



1990년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)  
 1994년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학석사)  
 2002년 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부(공학박사)  
 1994년 3월~1998년 2월: 현대우주항공(주) (주임연구원)  
 2002년 9월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 (부교수)  
 관심분야 : 항법/측위 시스템, 교통 시스템, 추정 이론