

TTFE 감소를 위한 GPS 코드 기반의 개략 위치 추정 기법 설계

유원재* · 최광호* · 소형민** · † 이형근

*, † 한국항공대학교 항공전자정보공학과, **국방과학연구소

요 약 : 해상에서의 선박 항해에 있어서 GPS와 같은 위성항법시스템에 대한 의존도가 매우 높다. 하지만 전파 교란 등과 같은 열악한 환경이 선박 주위에 가해질 경우 선박에 탑재된 GPS 수신기에서 위치를 추정할 수 없기 때문에 정상적인 항해가 어렵게 된다. 본 논문에서는 위와 같은 악한 전파 교란 환경을 가정하여 열악한 환경 내에서 GPS 수신기가 위치 추정 정확도는 열화되더라도 자신의 위치를 처음 파악하는 데 걸리는 시간인 TTFE(Time To First Fix)를 감소시켜 선박의 신속한 위치 계산을 위한 개략 위치 추정 기법을 설계하였다. 또한 열악한 신호 환경을 가정하여 진행된 실험에서 기존 GPS TTFE와의 비교를 통해 설계된 기법을 검증하였다.

핵심용어 : AGPS, Software GPS Receiver, Coarse time, Coarse positioning

연구 배경 (1/3)

- 악한 전파 교란 환경 고려**
 - GPS 전파 교란 빈도 증가 및 예상 인연에 직접적 타격
 - 가시 위성 개수 불충분 문제
 - 전파교란으로 인한 조업 어려움 유발 가능성
- 예상 사고 발생 시 사고자의 즉각적인 위치 파악 필요**
 - GPS 미작동 중인 사고자의 최단기간 내 위치 파악 요구
 - 사고자가 근경에 빠져 상황 인지를 아끼 못하는 경우에 대비
- 신속한 위치 추정 기법 필요**

GPS 전파 교란계, 선박 예정 사고

장비 및 정보시스템 연구실
Navigation & Information Systems Laboratory

연구 배경 (3/3)

- 예상 사고 관련 사고자의 신속한 위치 파악 필요 사례**

[세월호 참사] 119 'GPS' 위치 추적만 됐어도...

소방당국은 해상 GPS 위치추적 체계 부재로 119에 신고된 인양선인 119-1호선과 119-2호선 등 119에 전파를 걸어 구조를 요청했다. 하지만 119-1호선은 GPS 미작동으로 위치추적에 실패했다.

GPS 수신기 초기 작동 분류	TTFE
Cold start	최대 12.5 분 (750 초)
Warm start	30~40 초
Hot start	1~5 초

GPS 작동

장비 및 정보시스템 연구실
Navigation & Information Systems Laboratory

연구 배경 (2/3)

- 예상 관련 국내 GPS 전파 교란 사례**
 - 북한의 전파 교란
 - 2010. 8. 23~25 (3일간 계속)
 - 2012. 4. 28~5. 13 (16일간 계속)
 - 2016. 3. 31~4. 5 (6일간 계속)

GPS 교란 전파발사 은신원 추정지

장비 및 정보시스템 연구실
Navigation & Information Systems Laboratory

선행 및 유사 연구

- AGPS (Assisted GPS)**
 - 열악한 신호 수신 환경에서의 위성 및 모바일 기반 신속한 위치 획득 체계
 - 무선 네트워크(3G/4G/WIFI) 추가 이용을 통한 정보 제공
 - GPS 궤도 정보(Almanac)
 - 현재적 데이터(Ephemeris)
 - 신호 획득 보조 정보
 - 감도 보조 정보
 - 저동 보정 정보
 - 수신기 초기 GPS 수신 속도 향상
 - TTFE(Time To First Fix) 감소

장비 및 정보시스템 연구실
Navigation & Information Systems Laboratory

† 교신저자 : hyknlee@kau.ac.kr
* 회원, wjyoo@kau.kr

알고리즘 제안 (1/2)

- 신호 획득 환경 비교
 - 사용자
 - 열악한 신호 획득 환경 또는 긴급 상황
 - 전파 교란
 - 해양 사고
 - 간헐적인 신호 획득만 가능
 - 신속한 위치 추정 필요
 - 기준국
 - 경쟁적 신호 획득 환경
 - AGPS 서버 유사 역할
 - 보조 정보(전체적 데이터) 수신
 - 사용자로 보조 정보 전달

Diagram description: A user device (left) and a reference station (right) are shown. The user device is in a '열악한 신호 획득 환경' (poor signal acquisition environment) with 'GPS 신호 지리적 제약' (geographical constraints on GPS signal). The reference station is in a '경쟁적 신호 획득 환경' (competitive signal acquisition environment) and acts as an 'AGPS 서버 유사 역할' (AGPS server-like role), receiving '전체적 데이터' (overall data) and providing '보조 정보(전체적 데이터) 수신' (receiving auxiliary information) to the user. The distance between them is '수백 km' (hundreds of km).

알고리즘 설계 (2/4)

- 위차 오차 발생 과정
 - 수신기 자체 시간과 GPS 시간 편차로 인해 위차 오차 발생
 - 수신기 자체 시간으로 위치 추정 시 많은 오차 야기
 - 위성 위치 계산 오차 발생
 - C/A 코드 반복 읽수 오차정 가능성 증가

Diagram description: Shows a receiver (rec) and a satellite (GPS) with their respective frequencies f_{rec} and f_{GPS} . The receiver's clock bias causes errors in position estimation.

알고리즘 제안 (2/2)

- 기존 AGPS 와 비교

	기존 AGPS	개략 위치 추정 기법
신호 환경	열악한 신호 획득 환경 및 긴급 상황	
데이터 획득	신호 획득, 추적 과정 사용	신호 획득 과정 사용

- 간헐적인 신호 획득만 가능하므로 신호 추적 불가
- 신호 추적 과정 사용하는 기존 의사거리 생성 방법 적용 불가
- 신호 획득 과정의 측정치를 이용한 새로운 알고리즘 제안 필요
 - 코드 위상 측정치
 - 수신기 자체 시간

알고리즘 설계 (3/4)

- 개략 시간 오차
 - 수신기 자체 시간과 GPS 시간 편차
 - 신호 추적 과정의 시간 동기 과정에서 발생하는 시간 점프량
 - 신호 추적 과정 중인 수신기에서 자체 제공
 - 마지막 유효 GPS 시간 또는 사용자 PC 현지시간 기준
 - 추적 과정 없이 수신기 내부 발진기(Oscillator)에 의존하여 자체 추적
 - 수신기 자체 시간이 GPS 시간에 비해 지연
 - 수신기 시계 오차(Receiver Clock Bias)와의 차이
 - 측위 및 신호 추적에 의해 크기가 제한

Diagram description: A timeline showing '기준 편차' (reference bias) and '개략 시간 오차' (approximate time error) between t_{rec} and t_{GPS} .

알고리즘 설계 (1/4)

- 시간 동기 방법 비교
 - 기존의 신호 추적 과정 방법
 - 자체적으로 수신되는 방법데이터 이용
 - GPS 시간과 수신기 자체 시간 동기
 - 측정치 시간 표식: GPS 시간
 - 제안된 신호 획득 과정 방법
 - 수신기 내부 시계에 의존
 - GPS 시간과 수신기 자체 시간 동기 불가
 - 측정치 시간 표식: 수신기 자체 시간

	신호 추적 과정	신호 획득 과정
측위 표식 시간	t_{GPS}	t_{GPS}
측정치 시간 표식	t_{GPS}	t_{rec}

- 수신기 자체 시간과 GPS 시간 편차 추정 필요
 - 시간 추정 오차정 값 만큼 수신기 자체 시간에 보상 적용

알고리즘 설계 (4/4)

- 일체형 개략 위치 추정 알고리즘

Flowchart description: The process starts with 'GPS 수신기' (GPS receiver) and '수신기' (receiver). It involves '신호 획득 과정' (signal acquisition process) and '신호 추적 과정' (signal tracking process). Key steps include '신호 획득 과정' (signal acquisition process), '신호 추적 과정' (signal tracking process), '신호 추적 오차 정' (signal tracking error correction), 'C/A 코드 반복 읽수 오차정' (C/A code repetition reading error correction), '위성 위치 추정' (satellite position estimation), and '수신기 위치 오차정' (receiver position error correction).

실 험 (1/2)

◆ 실험 개요

GPS 안테나 (Checkoff Antenna, Trimble)
 한국항공대학교 연구실용 목적
 사용자
 330 km (연간 평균 '약 200')
 기준국
 국토지리정보원 부산 영사 기준국 (부산대학교 내관동영입)
 데이터 수집
 1,0 초간격 유역 코드 유행 수신기 개체 시간
 사용자 PC
 GPS 수신기 (GX3 Software Receiver, IFTB)
 전송된 데이터

• 장비 및 정보시스템 연구실
 Navigation & Information Systems Laboratory

성능 평가 결과 분석

◆ TTFF

- > 수신기 성능 및 신호 환경에 영향
- > Warm start TTFF 소요 시간(30~40 초) 미만 만족

◆ 가시 위성 개수

- > 기준국으로부터 수신 받은 전체력 데이터 정보량 차이
- 사용자와 기준국 간 기아약역 거리 차이로 인한 가시 위성 차이 발생
- > 실험 간 위성 배치 차이

◆ NED 위치 오차

- > 가시 위성 개수에 반비례
- > Down 방향 오차 > East, North 방향 오차
- > 수평 오차보다 수직 오차 크기가 큰 일반적인 GPS 위치 에 경향과 유사

◆ 2차원 평면 위치 정확도

- > 선박 진행 방향 및 사고 지점 파악 가능

• 장비 및 정보시스템 연구실
 Navigation & Information Systems Laboratory

실 험 (2/2)

◆ 실험 개요

> 실험 개요

실험	실험 진행 시간	성능 평가 항목
실험 1	2015. 9. 10. (22:55~23:05)	• TTFF
실험 2	2015. 10. 14. (02:22~02:29)	• 평균 가시 위성 개수
실험 3	2015. 10. 20. (23:01~23:11)	• NED 위치 오차와 각 방향 RMSE • 평면 위치 정확도

> 고려하는 신호 환경과 실제 실험 환경과의 차이 존재

- 고려 신호 환경
 - ✓ 간헐적인 신호 획득
 - ✓ 반복적인 시간 오차 재우정
- 실제 실험 환경
 - ✓ 연속적인 신호 획득 불가
 - ✓ 개략 시간 오차 초기 추정 후 지속 사용 가능 → 반복적인 재우정

• 장비 및 정보시스템 연구실
 Navigation & Information Systems Laboratory

결론

◆ 코드 위성 기반의 신속한 위치 결정 시스템

- > 신호 추적 불필요
- > 기준국 전체력 데이터 활용
- > C/A 코드 위성 기반 의사거리 생성
- > 수신기 자체 시간과 GPS 시간 동기화
- > TTFF 요구 성능 만족

가정된 환경 내에서의 활용가능성 확인

• 장비 및 정보시스템 연구실
 Navigation & Information Systems Laboratory

알고리즘 성능 평가

◆ 실험 결과

	실험 1	실험 2	실험 3	
TTFF [sec]	11.73	5.64	9.26	
평균 가시 위성 개수 [개]	6.81	8.02	7.15	
RMSE [m]	N 방향	29.46	20.29	22.97
	E 방향	22.21	14.57	15.32
	D 방향	75.61	49.15	63.69
2차원 위치 정확도 [m]	1.5σ (67 %)	37.88	26.65	28.52
	2.45σ (95 %)	67.58	40.57	48.47

• 장비 및 정보시스템 연구실
 Navigation & Information Systems Laboratory

향후 연구 내용

◆ 정밀 전체력 데이터 사용

- > 의사거리에 오차 정밀 보정 가능
- > 방법 성능 변화 예상

◆ 도플러 측정시 활용 방안

- > 의사거리 변화를 계산 가능
- > 코드 반복 횟수 오수정 탐지 가능

◆ 측정 성능 향상된 수신기 사용

- > 의사거리 생성 시 보다 정확히 생성 가능
- > 방법 성능 개선

◆ 가시 위성 개수 안정화 방법 고안

- > I, Q 상관기 출력에만 의존하는 기존 방법 개선 필요
 - 필터 사용
- > 유효한 가시 위성 개수 증가
- > 방법 성능 개선

• 장비 및 정보시스템 연구실
 Navigation & Information Systems Laboratory

감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방 위성항법특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다. 본 연구의 주 저자는 해양수산부 “해양교통 전문인력 양성사업 (GNSS 부분)”에 의해 지원 받았습니다.