자세 측정용 GPS 수신기에서 반파장 모호성 해결을 위한 새로운 방법

A New Method to Resolve the Half Cycle Ambiguity for GPS Attitude Determination Systems

손 석 보, 박 상 현, 박 찬 식, 이 상 정
(Seok Bo Son, Sang Hyun Park, Chansik Park, and Sang Jeong Lee)

Abstract : A fast and practical method is proposed to resolve the half cycle ambiguity by comparing data sequences from multiple antennas. The method uses the fact that demodulated data sequences from multiple antennas are identical for the same SV (Satellite Vehicle). The performance of the proposed method is evaluated using an attitude determination system. The test results show that the half cycle ambiguity can be resolved within a few bit periods after carrier lock and a seamless attitude is obtained.

Keywords : GPS, attitude, half cycle ambiguity

I. 서론

최근에 위성 항법 시스템인 GPS를 이용하여 위치 및 속도 뿐만 아니라 정밀한 자세를 측정하려는 연구가 활발하다[1]-[4]. GPS를 이용하여 정밀한 자세를 측정하기 위해서는 항체에 2개 이상의 안테나를 장착하여 정밀한 반송파 위상 측정치를 획득한 후 이로부터 안테나 사이의 기저선 벡터를 구해야 하며, 반송파 위상 측정치가 포함하고 있는 미지정수를 우선적으로 결정하여야 한다.

미지정수는 한번 결정되면 그 위성 신호를 잃을 때까지 변하지 않는 특징을 갖고 있으나, 항법 수행중에는 위성신호가 차단되거나, 사이클슬립(cycle slip)이 발생하여 미지정수를 다시 구해야 하는 경우가 자주 발생한다[5]. 또한, 위상 반전에 의하여 파장의 절반 크기를 갖는 오차인 반파장 모호성(half cycle ambiguity)도 해결해야 한다. 반파장 모호성도 한번 결정되면 그 위성신호를 잃을 때까지 다시 해결할 필요가 없지만, 기존의 방법으로는 위성 신호 획득 후 최대 12초를 기다려야 하는 문제를 안고 있다 [6]. 따라서, GPS를 이용하여 항체의 자세를 측정하고자 하는 경우 미지정수 결정 뿐만 아니라 사이클슬립과 반파장 모호성을 빠르게 해결하는 것도 시스템 성능을 높이는 관건이라고 하겠다.

반파장 모호성은 복조된 데이터 열을 알고 있는 데이터 열과 비교함으로써 획득되는 프레임 동기 과정에서 해결된다[5]. 이 경우 적어도 하나의 완전한 서브프레임 데이터 열이 있어야 하므로 비트 검출 후 최대 12초의 시간이 걸린다. 이러한 문제는 짧은 시간 안에 실시간으로 자세를 측정하려는 응용에서는 성능 저하 요인이 된다. 즉, 신호 단절이나 사이클슬립 발생 후 신호를 다시 획득하였을 경우라도 이 측정치를 미지정수 결정에 사용하기 위해서는 최대 12초를 기다려야만 한다.

본 논문에서는 단일 하드웨어에 2개 이상의 안테나를 채용하는 자세 측정용 GPS 수신기[7]-[10]에서의 반파장 모호성 문제 해결을 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안 방법은 각 안테나에서 수신된 데이터를 비교하여 상대적인 위상 반전을 검출하는 것으로 각 안테나에서 같은 위성 신호를 추적할 경우 복조되는 데이터 열이 같다는 원리를 이용한다. 이러한 방법을 이용하였을 경우 위성신호 획득 후 수 비트 주기 이내에 반파장 모호성 해결이 가능하게 되어 자세 측정 성능 향상을 기대할 수 있다.

본 논문의 2장에서는 반파장 모호성이 발생하는 원인과 그에 대한 일반적인 해결법을 설명하며, 기존 방법의 문제점을 설명한다. 3장에서는 자세 측정용 GPS 수신기에 적용되는 새로운 반파장 모호성 해결 방법을 제안한다. 4장에서는 개발된 알고리즘 성능 평가를 위한 실험 결과를 보이며, 실험을 통하여 수 비트 주기 이내에 오차 없이 반파장 모호성을 해결함을 확인하고, 끝으로 결론을 맺는다.

II. 반파장 모호성 문제 및 기존 해결 방법

반파장 모호성이란 반송파 획득 과정에서 위상이 반전된 상태로 추적되어 발생하는 것으로 이 경우에 반전된 위상으로 인하여 데이터가 반전되어 복조 되는 것 이외에 위상에 180° 오차가 발생한다. 따라서, 반파장 모호성이 해결되지 않은 상태라면 미지정수 검색을 반파장 단위로 해야 하며, 계산량은 각 위성 측정치 당 두 배로 늘어나게 된다[6].

반파장 모호성은 각 서브프레임 시작점의 알고있는 프리앰블(preamble)과 복조된 데이터를 비교하는 프레임 동기 획득 과정에서 해결할 수 있다. 즉, 복조된 데이터를 메모리에 저장하고 있다가 프리앰블 "10001011" 또는 반전된 프리앰블 "01110100"과 비교한 후 반전된 경우는 비트 열을 반전시키고 마지막으로 패러티 검사(parity check)를 통하여 서

접수일자 : 2001. 4. 12., 수정완료 : 2001. 9. 1.
손석보, 이상정 : 충남대학교 전자공학과(sbson@navicom.co.kr/eesji@cslab.cnu.ac.kr)
박상현 : 충남대학교 전자공학과, ㈜ 네비콤(shpark@navicom.co.kr)
박찬식 : 충북대학교 전기전자공학부(chansp@cbucc.chungbuk.ac.kr)

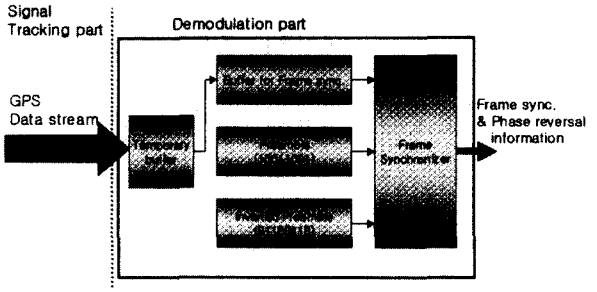


그림 1. 기존의 반파장 모호성 검출 과정.
Fig. 1. Block diagram of a typical half cycle ambiguity detector.

서브프레임 동기를 확인함과 동시에 반파장 모호성을 검출한다. 이러한 과정을 그림 1에 나타내었다.

획득된 데이터 반전 정보는 측정치 획득부에 전달되며, 측정치 획득부에서는 반파장 모호성을 고려하여 반송파 위상 측정치를 생성한다.

GPS 수신기에서 반송파 위상 측정치를 생성하는 방법은 반송파를 추적하는 시점부터 도플러를 계산하여 적분하는 원리로 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$ICP(t) = ICP(t_0) + \int_{t_0}^{t} D(t)\,dt \quad [\text{cycles}] \tag{1}$$

여기서, t_0는 반송파를 적분하기 시작하는 초기 시간, D(t)는 도플러, ICP(t_0)는 적분 초기값으로 수신되고 있는 위성 신호에 반파장 모호성이 없으면 0, 반파장 모호성이 있으면 0.5이다.

반파장 모호성은 한번 결정되면 PLL(phase locked loop)이 신호를 완전히 놓치거나 사이클슬립이 발생하지 않는 한 다시 검사할 필요가 없으나, 만약 이러한 현상이 발생하였을 경우 다시 검사되어야 한다. 따라서, 반송파를 획득한 후에도 비트 동기와 프레임 동기를 획득해야 비로소 반송파 위상 측정치를 사용할 수 있다. 특히, 사이클슬립이 발생하였을 경우 이를 검출하였더라도 사이클슬립에 의하여 위상이 반전되는 경우가 발생하여 완전한 하나의 새로운 서브프레임 데이터를 받아야만 비로소 측정치 사용이 가능해진다. 즉, 사이클슬립이 발생하였을 경우에는 수신기가 프레임 동기를 유지하고 있더라도, 순간적인 신호 차단에 의하여 반송파 위상을 반전하여 추적하는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우 반전 정보를 다시 검출하기 위해서는 다음 한 프레임 데이터를 모두 복조하여야 하며, 최대 12초의 시간이 걸린다. 그 과정을 그림 2에 나타내었다.

반송파 위상 추적부로 PLL이 사용될 경우 정지상태에서의 수렴시간은 약 1초 정도이다.

그림 3에 GPS신호를 추적하는 동안의 상관기(correlator) 출력을 보였다. 약 2000msec 정도에서 GPS 신호를 획득하고, 약 500msec 후에 정상 상태로 도달했음을 볼 수 있다. 이 부분은 FLL(frequency locked loop)이 이용된 부분으로 PLL 적용 전에 주파수 오차를 줄이는 부분이다. 약 3000msec 지점에서 주파수 오차가 충분히 작아 졌다고 판단하여 PLL로 전환되었으며 4000msec 지점에서 PLL이 정상상태에 도달

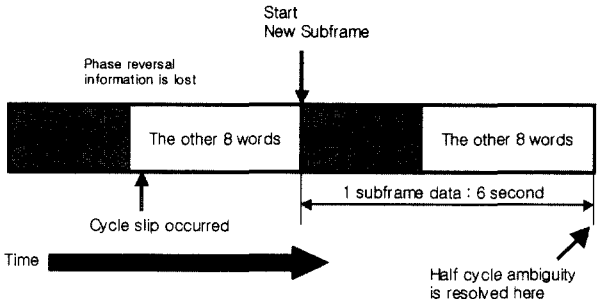


그림 2. 반파장 모호성 검출기에 입력되는 GPS 데이터 열.
Fig. 2. Typical GPS data stream received by the half cycle ambiguity detector.

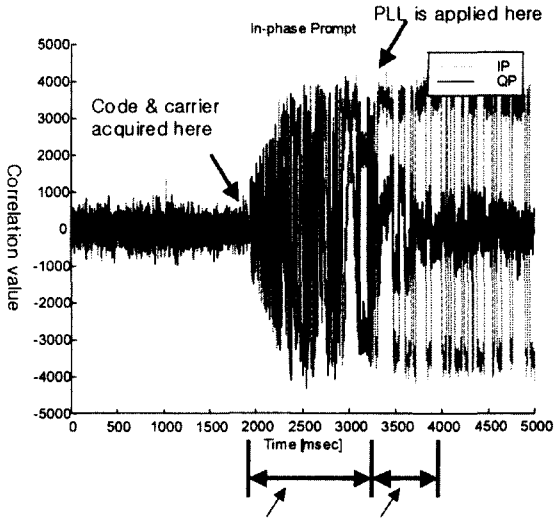


그림 3. GPS 신호 추적 과정 예.
Fig. 3. Example of the signal tracking procedure.

하였다. 즉, 4000msec 지점부터는 반송파 위상 측정치를 사용할 수 있으나, 반파장 모호성에 의하여 최대 12초를 더 기다려야 한다. 따라서, 반파장 모호성이 빨리 해결되면 반송파 위상 측정치를 보다 빨리 사용할 수 있게 되어 자세 측정 성능을 높일 수 있다.

III. 자세 측정용 GPS 수신기에서 반파장 모호성 해결을 위한 새로운 방법

본 절에서는 자세 측정용 GPS 수신기에서 반파장 모호성을 빠르게 해결하는 새로운 방법을 제안한다. 반파장 모호성은 신호 추적 후 데이터를 복조하고 복조된 데이터가 반전되어 있는지를 확인하는 과정이다. 따라서, 데이터를 미리 알 수 있다면 빠르고 쉽게 해결할 수 있다.

GPS 데이터 프레임은 모두 5개의 서브프레임으로 이루어져 있으며, 첫 번째부터 세 번째 서브프레임은 일부분을 제외하고는 일정시간 동안 반복된다. 이러한 원리를 이용하여 메모리에 각 프레임 데이터를 저장하고 있다가 데이터가 반복되는 구간에서는 저장된 데이터 열과 복조 되고 있는 데이터 열을 비교하여 반파장 모호성을 검출할 수 있다. 하지만, 4번째와 5번째 프레임 데이터를 받는 동안에는 사용이 어렵고, 메모리 여유가 많아야 하며, 일부 데이터는 매 프레

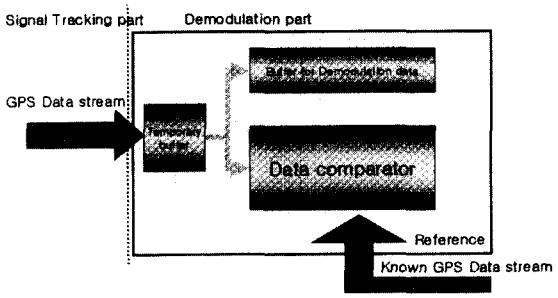


그림 4. GPS 데이터 열을 알고 있을 경우의 반파장 모호성 해결 방법.

Fig. 4. Block diagram of the half cycle ambiguity resolution method with the known data stream.

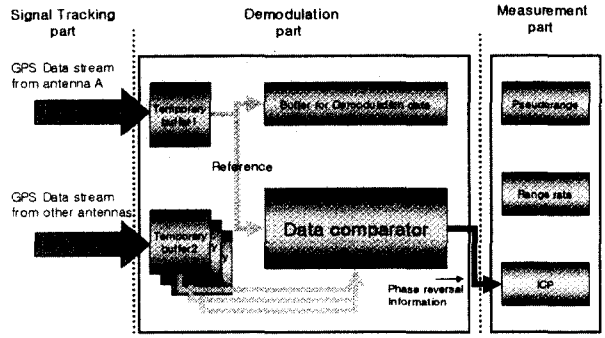


그림 5. 제안 방법.

Fig. 5. Block diagram of the proposed method.

임마다 바뀌어 이러한 부분까지 고려하면 구조가 복잡해진다.

자세 측정용 GPS 수신기에서는 동시에 두개 이상의 안테나에서 동일한 위성신호를 추적할 수 있다. 이 경우 각 안테나로부터 수신되고 복조된 데이터는 서로에게 비트 정보를 제공할 수 있게 된다.

그림 5를 살펴보면 그림 4의 알고 있는 데이터 대신에 첫 번째 안테나에서 수신된 데이터를 기준 데이터로 사용하고 나머지 데이터를 이와 비교한다. 이러한 방법을 이용할 경우 기준 데이터에 대한 상대적인 데이터 반전 여부를 알 수 있으며 반파장 모호성도 상대적인 값만을 알 수 있다. 즉, 첫 번째 안테나에 대한 데이터가 반전되어 있는지의 여부는 알 수가 없기 때문에 첫 번째 안테나 데이터가 반전되어 있을 경우 이와 비교되는 데이터도 모두 실제와는 반대의 결과를 얻게 되나, 이중 차분 반송파 위상 측정치를 이용하는 자세 측정에서는 문제가 되지 않는다.

기준 안테나에 대한 상대적인 위상 반전을 반파장 모호성 해결 정보로 이용한 이중 차분 반송파 위상 측정식을 (2)로 나타내었으며, 기존의 반송파 위상 측정식을 (3)에 나타내었다.

$$ {}^{P}\Phi_{AB}^{ij} = r_{AB}^{ij} + \lambda \cdot {}^{P}N_{AB}^{ij} + \delta_{m\,AB}^{\ ij} + \omega_{AB}^{ij} \tag{2} $$

$$ {}^{C}\Phi_{AB}^{ij} = r_{AB}^{ij} + \lambda \cdot {}^{C}N_{AB}^{ij} + \delta_{m\,AB}^{\ ij} + \omega_{AB}^{ij} \tag{3} $$

여기서, r_{Ab}^{ij}는 상대 위치 벡터, λ는 GPS L1 반송파 파장의 크기, ${}^{P}N_{AB}^{ij}$는 제안한 방법에서의 이중 차분 반송파 위상 측정치에 대한 미지정수, ${}^{C}N_{AB}^{ij}$는 기존 방법에서의 이중 차분 반송파 위상 측정치에 대한 미지정수, δ_{mAB}^{ij}는 이중 차분 반송파 위상 측정치에 대한 다중경로 효과에 의한 오차, ω_{AB}^{ij}는 이중 차분 반송파 위상 측정치 측정잡음을 나타낸다.

정리 1 : (2)로 표현되는 기준 안테나에 대한 상대적인 위상 반전을 반파장 모호성 해결 정보로 이용한 반송파 이중 차분 결과에서, ${}^{P}N_{AB}^{ij}$는 항상 정수일 뿐만 아니라 자세 측정 결과는 기존의 반파장 모호성 해결 정보를 이용한 자세 측정 결과와 동일하다.

증명 : 반파장 모호성 문제는 이중 차분 결과 식의 미지정수를 정수가 아닌 실수로 만드는 문제이다. (4)는 반파장 모호성을 포함하는 반송파 위상 측정식이다.

$$ \Phi = r + c \cdot B + \lambda \cdot N + \lambda \cdot HC - \delta_I + \delta_T + \delta_E + \delta_m + \omega \tag{4} $$

여기서, r은 위치 벡터, c는 광속, B는 수신기 클락 바이어스 오차, 은 순수 미지정수 항, HC는 0 또는 0.5 값을 갖는 반파장 모호성, δ_I는 이온층 지연 오차, δ_T는 대류권 지연 오차, δ_E는 위성 궤도 오차, δ_m는 다중 경로에 의한 오차, ω는 반송파 위상 측정치 오차이다.

안테나 A와 B에 대해서 기준 안테나를 A로 정의한다. 기존의 반파장 모호성 해결 정보를 이용한 반송파 단일 차분 (${}^{C}\Phi_{AB}^{i}$)과 이중 차분 결과(${}^{C}\Phi_{AB}^{ij}$)를 본 논문에서 제안한 반파장 모호성 해결 정보를 이용한 반송파 단일 차분(${}^{P}\Phi_{AB}^{i}$)과 이중 차분 결과(${}^{P}\Phi_{AB}^{ij}$)와 비교하자.

경우 I : 기준 안테나 A와 B의 반파장 모호성이 동일한 경우

$$ \begin{aligned} {}^{C}\Phi_{A}^{i} &= \Phi_{A}^{i} - 0.5 \cdot \lambda \ (=\Phi_{A}^{i}), \\ {}^{C}\Phi_{B}^{i} &= \Phi_{B}^{i} - 0.5 \cdot \lambda \ (=\Phi_{B}^{i}) \end{aligned} \tag{5} $$

$$ {}^{P}\Phi_{A}^{i} = \Phi_{A}^{i}, {}^{P}\Phi_{B}^{i} = \Phi_{B}^{i} \tag{6} $$

$$ {}^{C}\Phi_{AB}^{i} = \Phi_{AB}^{i} - 0.5 \cdot \lambda + 0.5 \cdot \lambda \ (=\Phi_{AB}^{i}) \tag{7} $$

$$ {}^{P}\Phi_{AB}^{i} = \Phi_{AB}^{i} \tag{8} $$

(5)와 (7)에서 ( )는 반파장 모호성이 0인 경우이다. (7)과 (8)로부터 두 가지 반파장 모호성 해결 정보를 이용한 이중 차분 결과 (9)가 유도 된다.

$$ {}^{P}\Phi_{AB}^{ij} = {}^{C}\Phi_{AB}^{ij} = \Phi_{AB}^{i} - \Phi_{AB}^{j} \tag{9} $$

(9)를 통해서, 제안한 방법을 적용한 자세 측정 결과는 기존의 반파장 모호성 해결 정보를 이용한 자세 측정 결과가 동일하고 ${}^{P}N_{AB}^{ij}$가 정수임을 알 수 있다.

경우 II : 기준 안테나 A는 반파장 모호성 0을 갖고, 안테나 B는 반파장 모호성 0.5를 갖는 경우

$$^{C}\Phi_{A}^{i} = \Phi_{A}^{i} \;,\; ^{C}\Phi_{B}^{i} = \Phi_{B}^{i} - 0.5\cdot\lambda \tag{10}$$

$$^{P}\Phi_{A}^{i} = \Phi_{A}^{i},\; ^{P}\Phi_{B}^{i} = \Phi_{B}^{i} - 0.5\cdot\lambda \tag{11}$$

$$^{C}\Phi_{AB}^{i} = \Phi_{AB}^{i} + 0.5\cdot\lambda \tag{12}$$

$$^{P}\Phi_{AB}^{i} = \Phi_{AB}^{i} + 0.5\cdot\lambda \tag{13}$$

(12)와 (13)으로부터 두 가지 반파장 모호성 해결 정보를 이용한 이중 차분 결과는 (9)와 같이 동일하다.

경우 III : 기준 안테나 A는 반파장 모호성 0.5를 갖고, 안테나 B는 반파장 모호성 0을 갖는 경우

$$^{C}\Phi_{A}^{i} = \Phi_{A}^{i} - 0.5\cdot\lambda \;,\; ^{C}\Phi_{B}^{i} = \Phi_{B}^{i} \tag{14}$$

$$^{P}\Phi_{A}^{i} = \Phi_{A}^{i},\; ^{P}\Phi_{B}^{i} = \Phi_{B}^{i} - 0.5\cdot\lambda \tag{15}$$

(14)는 기존 방법을 적용하여 반파장 모호성을 찾아 제거한 식이며, (15)는 제안한 방법에 따라 기준 안테나에 대한 상대적인 위상 반전을 해결한 방법이다.

$$^{C}\Phi_{AB}^{i} = \Phi_{AB}^{i} - 0.5\cdot\lambda = r_{AB}^{i} + \lambda\cdot N_{AB}^{i} \tag{16}$$

$$\begin{aligned} ^{P}\Phi_{AB}^{i} &= \Phi_{AB}^{i} + 0.5\cdot\lambda \\ &= r_{AB}^{i} + \lambda\cdot N_{AB}^{i} + \lambda\cdot(0.5+0.5) = r_{AB}^{i} + \lambda\cdot {}^{P}N_{AB}^{i} \end{aligned} \tag{17}$$

$$^{P}\Phi_{AB}^{i} = {}^{C}\Phi_{AB}^{i} + \lambda = r_{AB}^{i} + \lambda\cdot N_{AB}^{i} + \lambda \tag{18}$$

(17)로부터 $^{P}N_{AB}^{i}$와 $^{P}N_{AB}^{ij}$가 정수임을 알 수 있다. (18)은 기존 방법과 제안한 방법을 사용하였을 경우에 각각의 미지정수 해에 차이가 있을 수 있음을 보인다. 그러나, 자세 측정 결과는 r_{AB}^{i}(r_{AB}^{ij})에 의해서 결정된다[2]. (18)과 같이 두 방법 모두 동일한 r_{AB}^{i}를 얻게 되며, 따라서 자세 측정 결과는 동일하다.

제안 방법은 여러 개의 안테나를 사용하고 각 안테나에서 같은 위성을 추적하고 있을 경우 서로의 복조 데이터 비트를 참조하여 반파장 모호성을 검출할 수 있음을 보였다. 이 경우에 위성의 앙각이 작은 경우 신호의 세기가 약해져서 비트 오차가 발생할 수도 있다. 따라서, 하나의 비트만을 비교하여 모호성을 판단하면 모호성 결과에 오차가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 순차적으로 입력되는 데이터를 계속 비교하여 해결된 모호성이 유지되는지 확인하는 방법을 사용할 수 있다.

IV. 실험 결과

제안 방법의 성능 평가를 위하여 두가지 실험을 수행하였다. 첫 번째로 기존 방법과 제안 방법을 모두 이용하여 반파장 모호성을 해결한 후 결과를 비교하여 제안 방법이 제대로 반파장 모호성을 검출하는지 확인하였다. 두 번째로 사이클슬립이 발생된 경우 제안 방법이 얼마나 빠르게 반파장 모호성을 해결하는지 확인하였다.

첫 번째 실험동안 모두 6개의 위성이 추적되었으며, 추적된 위성 번호는 22, 29, 20, 30, 25 그리고 6번이었다. 기존 방법과 제안 방법을 이용하여 해결된 반파장 모호성 결과를 표 1과 표 2에 각각 나타내었다.

표 1을 살펴보면 안테나 A로부터 수신된 데이터 중 6번 위성을 제외하고 모두 반전 되었으며, 안테나 B로부터 수신된 데이터는 20번 위성을 제외하고 모두 반전되었음을 알 수 있다. 반면 제안 방법에서는 기준 데이터로 사용하는 안테나 A의 데이터가 모두 정상이라고 가정하므로 위성 6번과 20번 데이터만 반전된 결과를 얻었다.

두가지 방법을 적용하여 구한 이중 차분 미지정수를 표 3에 나타내었다.

표 1. 기존의 방법으로 구한 반파장 모호성 결과.
Table 1. Half cycle index resolved by the conventional method.

SV No.	Half cycle index[cycles]	
	Antenna A	Antenna B
22	0.5	0.5
29	0.5	0.5
20	0.5	0
30	0.5	0.5
25	0.5	0.5
6	0	0.5

표 2. 제안 방법으로 구한 반파장 모호성 결과.
Table 2. Half cycle index resolved by the proposed method.

SV No.	Half cycle index	
	Antenna A	Antenna B
22	0	0
29	0	0
20	0	0.5
30	0	0
25	0	0
6	0	0.5

표 3. 제안 방법과 기존 방법으로 구한 이중 차분 미지정수 결과.
Table 3. Resolved double difference ambiguity.

SV No.	Double difference integer ambiguity	
	Conventional method	Proposed Method
22,29	-4	-4
29,20	-3	-2
20,30	1	0
30,25	1	1
25,6	3	3

제안 방법과 기존의 방법을 적용한 경우에 미지정수가 다르게 결정된 것을 알 수 있다. 이러한 현상이 나타난 이유는 20번 위성의 경우 기준안테나 A는 반파장 모호성 0.5를 갖고, 안테나 B는 반파장 모호성 0을 갖기 때문으로, 정리 1의 증명 과정 경우 III에서 보인 것과 같이 제안한 방법을 이용하여 결정한 미지정수는 기존 방법을 이용하여 구한 미지정수와 1의 차이가 있음을 알 수 있다.

이상의 실험으로 제안 방법이 올바르게 동작함을 확인하였다.

이제 사이클슬립이 발생한 경우를 고려하여보자. 사이클슬립 발생시에 제안 방법의 성능을 살펴보기 위하여 차량 실험을 수행하였으며, 차량 실험 동안 GPS 데이터 열을 비롯하여 자세 측정에 필요한 모든 데이터를 수집하였다. 기존 방법과 제안 방법을 모두 이용하여 반파장 모호성을 해결하고, 각각의 경우에 대하여 미지정수 결정 및 자세 측정을 수행하였다.

그림 6에 요 각 변화를 보였다. 사이클슬립이 일어나 위상 반전 정보를 잃어서 자세 측정에 실패한 부분을 원으로 표시하였고, 이를 확대하여 그림 7에 나타내었다.

기존의 방법으로 반파장 모호성을 해결하였을 경우 신호 차단 후 19초 후에 다시 자세 측정을 하였으나, 제안 방법을 적용하였을 경우 6초 만에 자세 측정을 수행할 수 있었다. 제안 방법을 이용하였을 경우 반파장 모호성이 해결된 시점은 위성 차단 바로 다음 순간이었으나, 6초가 걸린 이유는

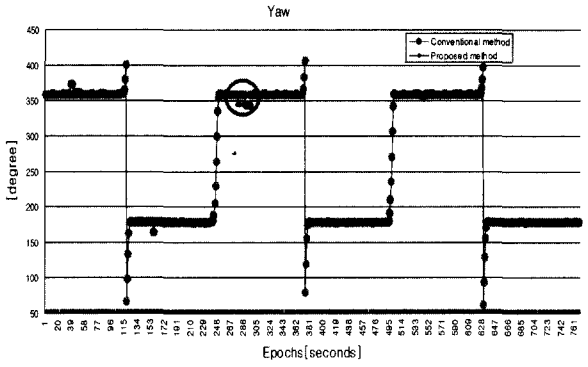


그림 6. 요 각 변화.
Fig. 6. Yaw value.

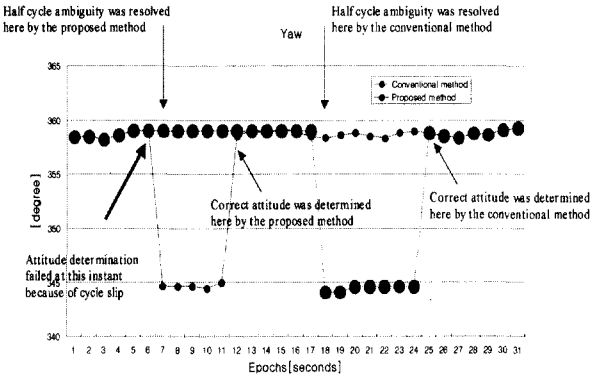


그림 7. 그림 6에서 자세 측정 실패한 부분 확대.
Fig. 7. The part of attitude determination fail in Fig. 6.

미지정수를 결정하는데 6초 동안의 데이터가 이용되었기 때문이다. 본 실험을 통하여 제안 방법을 적용하였을 경우 반파장 모호성을 보다 빠르게 해결하여 자세 측정 속도를 향상 시킴을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 자세 측정용 GPS 수신기에서 반파장 모호성을 해결하는 새로운 방법을 제안하고 실험을 통하여 성능이 향상됨을 확인하였다. 반파장 모호성은 위성 신호 추적 과정에서 반전된 위상을 추적하기 때문에 발생한다. 일반적으로 반파장 모호성은 프레임 동기 획득 과정에서 복조된 데이터 열을 알고 있는 데이터 열과 비교하여 해결한다. 이 경우 적어도 하나의 서브프레임 데이터 열이 있어야 하므로 반파장 모호성을 해결하는데 반송파 신호 획득 후 최대 12초의 시간이 걸리게 되어, 자세 측정 시스템 성능이 저하된다.

본 논문에서는 각 안테나에서 수신된 데이터를 비교하는 방법으로 반파장 모호성 문제 해결을 위한 새로운 방법을 제안하였다. 제안 방법은 각 안테나에서 수신된 데이터를 비교하는 방법으로 같은 위성 신호를 획득할 경우 데이터 열이 동일하다는 원리를 이용한 것으로 이를 적용하였을 경우에 반파장 모호성은 위성신호 획득 후 수 비트 주기 이내에 해결이 가능하게 되어 기존 방법을 적용한 경우보다 자세 측정 성능이 향상되었다.

참고문헌

[1] Lu, G., *Development of a GPS Multi-Antenna System for Attitude Determination*, UCGE Reports #20073, Dept. of Geomatics Eng., The Univ. of Calgary, 1995.

[2] 박찬식, 반송파 위상 측정치를 이용한 자세 결정 방법, 박사학위논문, 서울대학교 전자공학과, 1997.

[3] Hashida, Y. and Unwin, M. J., "Novel algorithms for modelling vector observations for spacecraft attitude determination using GPS signals," *Proceedings of ION GPS-98*, 1998.

[4] Jinhuan Keong, "GPS / GLONASS attitude determination with a common clock using a single difference approach," *Proceedings of ION GPS-99*, 1999.

[5] Elliot D. Kaplan, *Understanding GPS, Principles and Applications*, chapter 5, 1996.

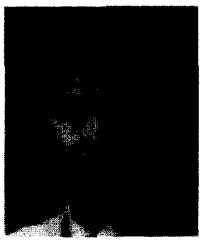
[6] B. W. Parkinson, and J. J. Spilker Jr., *Global Positioning System : Theory and Applications,* vol. I, chapter 8, AIAA, Washington DC, 1996.

[7] 박일규, 손석보, 박찬식, 성태경, 이상정, "저가형 자세 측정 GPS 수신기 설계," 한국 자동제어 학술회의, pp. 310-313, 10, 1998.

[8] Seok Bo Son, Chansik Park and Sang Jeong Lee, "A development of low cost high precision GPS heading determination system," *The 4th International Sympoum on Satellite Navigation Technology & Applications*, Brisbane Australia, 20-23, July, 1999.

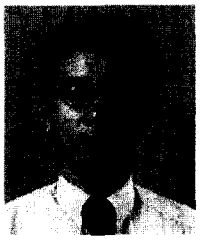
[9] 손석보, 박찬식, 이상정, "이차원 자세 측정용 GPS 수신기 설계," 한국군사과학기술학회지, Vol. 3, No. 2, pp. 131-139, 12, 2000.

[10] 남성일, 손석보, 박찬식, 이상정, "3차원 자세 측정용 GPS 수신기 설계," 제7차 GNSS 워크샵, 12, 2000.



손 석 보

1973년 3월 8일 생. 1996년 충남대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1998년 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학 석사). 1998년~현재 충남대학교 대학원 전자공학과(박사 과정).



박 찬 식

1961년 10월 1일생. 1984년 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업. 1986년 서울대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학 석사). 1997년 서울대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학 박사). 1997년~현재 충북대학교 공과대학 전기전자공학부 조교수.

박 상 현

1971년 2월 22일생. 1994년 충남대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1996년 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학 석사). 1996년~현재 충남대학교 대학원 전자공학과(박사 과정). 1997년~현재 ㈜네비콤 선임연구원

이 상 정

1957년 8월 15일생. 1979년 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1981년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학 석사). 1987년 서울대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학 박사). 1988년~현재 충남대학교 공과대학 전자공학과 교수.