

측위 적용을 위한 중파의 전파 지연 예측 모델 구현

유 동 회*

Implementation of Propagation delay estimation model of medium frequency for positioning

Donghui Yu*

요 약

GPS의 이상 현상에 대한 대비 및 독자 항법 시스템을 구축하기 위해 유럽의 갈릴레오, 일본의 QZSS 등 세계 선진각국의 GPS에 독립적인 위성항법시스템을 구축하고 있으며 GPS의 백업 용도로 지상항법 시스템인 Loran의 현대화 작업 등이 진행되고 있다. 국내에서도 독자항법에 대한 필요성이 거론되었고 국내는 해상 및 국내 전 지역을 커버할 수 있는 신호 영역을 가진 DGPS 신호의 대체항법 및 시각동기 인프라로서의 활용성에 대해 언급된 바 있다. GPS 보정 정보를 방송하는 DGPS 신호는 중파 대역으로 지표를 따라 전파되는 특성이 있다. 지표를 따라 전파되는 지표파는 지형의 전도율과 고도에 의해 전파의 전달시 추가 지연(ASF)이 발생하고 이 추가 지연은 항법 및 시각동기에 오차를 유발하게 된다. 지상항법시스템인 Loran은 중파를 이용하여 항법을 하고 있으며 DGPS 신호를 이용해 측위를 하기 위해서는 국내에 거의 연구 사례가 없었으므로 유사 특성을 가진 중파를 이용한 Loran의 검증된 지연모델을 분석하고 이를 DGPS 신호에 적용하는 것이 효율적일 것이다. 이에 본 논문에서는 중파의 검증된 지연모델을 분석하고 이를 국내 기술로 구현하여 DGPS 신호의 측위 가능성을 제안하고자 한다.

Abstract

Against Anomaly of GPS, there are several projects of independent satellite navigation systems like Galileo of Europe and QZSS of Japan and modernization of terrestrial navigation system like Loran. In domestic, the need of independent navigation system was proposed and DGPS signal was nominated as the possible substitute. The DGPS signal uses medium frequency, which travels through the surface and cause the additional delay rather than the speed of light according to conductivities and elevations of the irregular terrain. The similar approach is Loran-C. Loran-C has been widely used as the maritime location system. Loran-C uses the ASF estimation method and provides more precise positioning. However there was rarely research on this area in Korea. Therefore, we introduce the legacy guaranteed model of additional delay(ASF) and present the results of implementation. With the comparison of the original Monteath results and BALOR results respectively, we guarantee that the implementation is absolutely perfect. For further works, we're going to apply the ASF estimation model to Korean DGPS system with the Korean terrain data.

▶ Keyword : ASF, Propagation delay modeling, positioning, DGPS, Loran, Monteath, earth model

• 제1저자 : 유동회
• 투고일 : 2008. 12. 22, 심사일 : 2009. 1. 4, 게재완료일 : 2009. 2. 10.
* 부산가톨릭대학교 멀티미디어공학과, 부교수

1. 서론

GPS를 이용한 시각동기 및 측위 기술은 많은 응용범위를 가지고 현재 우리 생활의 기반 기술로 자리 잡고 있다[1][2]. 기본적으로 측위는 시각(timing)이 동기되어 있어야 한다. 그리고 보다 정확한 위치 정보와 무결성을 제공하기 위해 DGPS(Differential GPS)정보가 국내 대부분의 지역을 커버할 수 있도록 DGPS 기준국이 설치·운영되고 있다. 그런데 미국이 언제든 GPS를 사용하지 못하게 할 수도 있고 GPS의 오동작 사례 등 GPS가 제대로 동작하지 않는 경우 등에 대한 대응을 준비해야만 한다. 측위나 시각동기를 위한 대체 시스템은 국내전역을 커버할 수 있어야하며 무엇보다 정확도나 안정도 면에서 그 성능이 검증되어야 하는데 이 두 가지 조건을 만족하는 시스템으로 DGPS 시스템이 있다.

DGPS 신호는 국내 전역을 커버할 수 있도록 설치되어 있으며 DGPS 신호와 같은 중파를 이용한 항법시스템인 Loran-C 시스템이 해양 쪽에서는 이미 검증되어 오랫동안 사용되고 있다. 중파는 지표파로써 지형을 따라 신호가 전파하면서, 지형의 고도 및 전도율 등에 의해 전파 속도에 지연이 발생하게 된다. Loran-C에서는 이런 지연요소에 대한 예측모델을 적용하여 측위를 수행하고 있다.

국외의 경우 영국 웨일즈 대학에서 Loran-C의 전파지연 모델을 8여년에 걸쳐 BALOR 시스템을 연구·개발하여 2004년경부터 Loran-C 수신기에 적용하고 있다[3][4].

국내에서는 중파의 전파지연에 대한 연구는 전무한 실정이다. 그리고 BALOR 시스템은 상용제품으로 국내 Loran-C 수신기에 적용하기에는 비용이 들고 국내 지형 데이터의 활용 및 DGPS 기준국에의 적용 등에 한계가 있다. 따라서 측위를 위한 중파의 전파지연의 가능성을 타진하기 위해서는 검증된 중파의 지연모델을 연구하여 고도 및 전도율 등 국내 지형 데이터를 활용한 중파의 전파 지연 모델을 연구하는 것이 더 효율적이며 합리적이다.

이에 본 논문은 2장에서 관련 연구들을 소개하고 3장에서 측위 적용을 위한 중파의 전파지연예측 모델을 소개한다. 4장에서 그 구현 결과를 검증하여 측위 가능성을 제시하고 5장에서 결론을 소개한다.

II. 관련연구

1. 중파의 전파지연 특성

DGPS 신호와 유사한 전파 특성을 갖는 항법 시스템으로 Loran 항법시스템이 있다. Loran 시스템은 주로 연안 및 근해에서의 항법 시스템으로 전 세계적으로 GPS 이전부터 사용되고 있는 지상항법시스템이다. Loran 수신기는 전송국으로부터 수신된 신호의 차이를 측정(TDOA)함으로써 자신의 위치를 결정한다[5]. 즉, 수신기는 신호의 고유 전파 속도(PF : Primary Factor, 빛의 속도)를 기준으로 해수면에서의 라디오 신호의 추가 전파 지연 속도(SF : Secondary Factor)를 알고 있으므로 신호의 시간차를 거리로 변환하고 여기에 해수에서의 추가지연을 보상하여 위치를 결정하게 된다. 그러나 이 신호가 육지를 통해 전파될 경우, 전파 속도는 육지 지형의 특성에 영향을 받아 전파 속도가 더 느려지는 특성이 있다. 이로 인한 추가의 전송 지연에 의해 실제 수신기의 위치가 정확히 결정되지 못하는 경우가 발생할 수 있으며, 육지에서의 지형의 영향에 의한 전송 지연을 ASF(Additional Secondary Factor)라고 정의하였다. ASF 값을 실측을 통해 정확히 구할 수 있으나, 많은 비용이 든다. 이에, 예측 모델을 통해 예측 값을 구하고 몇몇 지점에서 측정을 통해 예측값을 보정하는 방법으로 ASF를 결정한다.

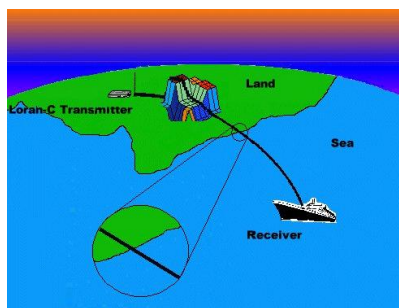


그림 1. 지형고도, 도전율을 이용한 Loran-C 위치 측정

Fig. 1. Positioning using Loran-C

즉, 본 논문의 중파의 전파지연예측 모델은 이 ASF를 예측하는 것이다. 중파에 대한 전파지연 연구도 오랜 기간 밀링턴, 웨이트, 허포드 등 여러 연구자들에 의해 20세기 중후반에 연구되었다. 초기에는 고도는 고려하지 않고 단지 전도율만을 고려하여 전파지연을 예측하였다. 전도율뿐만 아니라 지형의 고도가 전파지연에 미치는 영향을 고려한 연구는 허포드, 몬티스 등에 의해 각자 정리가 되었으나, 컴퓨팅 환경에 적합하

계 중파 전파지연을 해석한 몬티쓰의 모델을 Loran-C에서 적용하였다.

2. 지형 데이터

2.1 고도 지형 데이터

지형 데이터는 고도와 전도율로 구성된다. 고도 데이터는 우리나라 수치표고모델을 사용하며, 대한민국 국토에 대한 수치표고모델로 국립지리원에서 규정한 구조와 품질을 갖춘 것으로 정의한다(6). 대표명칭은 “한국수치표고자료 : KDED(Korean Digital Elevation Data)”로 표기 한다. KDED의 기하학적 모델은 규칙격자형(regular grid)으로 한다. 전국을 도시지역과 기타지역으로 구분하여 도시지역의 격자간격은 5m, 그 이외 기타지역의 격자간격은 10m로 한다. 향후 2010년까지 6대 도시지역을 제외한 전 국토를 10m 간격으로 구축하는 것이다.

2.2 전도율 지형 데이터

지상파는 전파 경로상의 지면의 전기적 특징에 따라 감쇠 정도에 영향을 받는다. 특히, 3MHz 이하의 주파수 대역에 작용하는 가장 중요한 전기적 특성은 전도율(Conductivity)로 ITU에서 정의하고 있다. 이에 ITU에서 초장파, 중파 대역에서의 전도율 데이터를 전세계 국가를 대상으로 작성하여 라디오 항해에 사용하도록 하고 있다. 표준 전도율 값이 나타내는 범위를 표 1과 같이 정의하고 있다(7).

표 1. 전도율 값
Table 1. Conductivity table

표준값(S/m)	범위(S/m)	
	상한값	하한값
5	7	3
3×10^{-2}	5.5×10^{-2}	1.7×10^{-2}
10^{-2}	1.7×10^{-2}	5.5×10^{-3}
3×10^{-3}	5.5×10^{-3}	1.7×10^{-3}
10^{-3}	1.7×10^{-3}	5.5×10^{-4}
3×10^{-4}	5.5×10^{-4}	1.7×10^{-4}
10^{-4}	1.7×10^{-4}	5.5×10^{-5}
3×10^{-5}	5.5×10^{-5}	1.7×10^{-5}
10^{-5}	1.7×10^{-5}	5.5×10^{-6}

그림 2는 대한민국의 ITU의 전도율 데이터 부분을 발췌한 것이다.

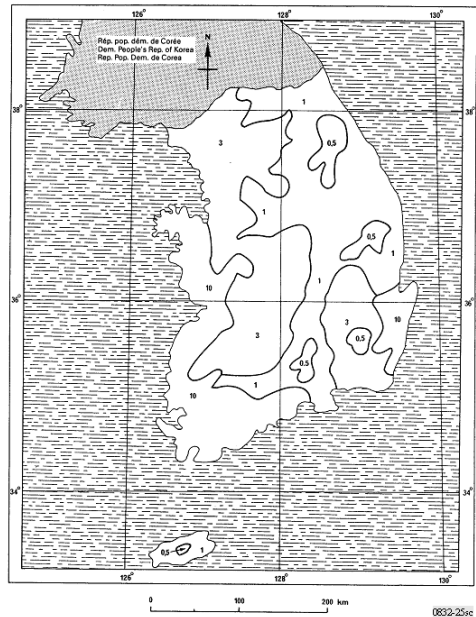


그림 2. ITU P.832-2 남한 전도율 데이터
Fig. 2. ITU P.832-2 south Korea conductivity data

해수면은 표준 전도율값이 5 S/m의 값을 나타내며, 육지의 경우는 1에서 10 mS/s의 값의 범위를 가지는 것으로 나타나는데, 대부분의 육지의 경우는 주로 3 mS/s의 값을 가진다. 산악의 경우는 전도율이 매우 낮아 전파 지연을 많이 야기함을 알 수 있다. 전도율 값은 전파지연에 많은 영향을 미치기 때문에, DGPS나 Loran 시스템을 항법에 사용하기 위해 정확한 지표의 전도율을 측정 및 보완이 반드시 선행되어야 한다.

III. 중파의 전파지연 예측 모델

DGPS 신호의 전파 지연을 예측하기 위한 모듈 구현은 다음과 같이 구성하였다.

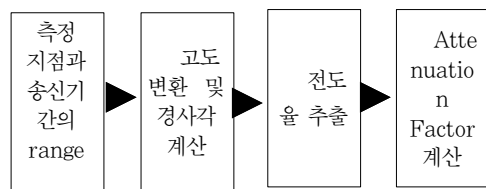


그림 3. 중파지연 예측 모델 구현 단계
Fig. 3. Delay estimation model of Medium frequency

첫단계인 측정 지점과 송신기간의 위치는 위도, 경도의 값으로 표현된다. 몬티쓰 알고리즘에서 두 지점간의 거리를 추출한다.

1. 몬티쓰 알고리즘(Monteath algorithm)

몬티쓰 모델이 1000km 이상의 구간에선 주파수 별로 약간의 오차가 발생하는 현상을 보이고 있으나[8] 국내에선 그런 긴 구간의 적용이 불필요하므로 몬티쓰 모델을 적용하는 것이 타당하다고 판단하였다. 몬티쓰는 송신기로부터 거리 R 만큼 떨어진 위치에서의 복합 감쇠 요소 G를 수신된 신호의 진폭과 위상 변화를 다음과 같이 정의하였다[9].

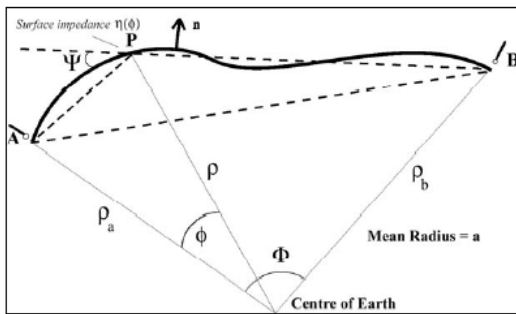


그림 4. 몬티쓰의 Integral equation method
Fig. 4. Monteath's integral equation method

$$G(R) = 1 - \sqrt{\frac{j\beta_0}{2\pi} \int_0^R (\psi + \frac{\eta}{\eta_k}) e^{-j\xi} \sqrt{\frac{R}{R-r}} G(r) dr} \dots \dots \dots (1)$$

R은 송신기 A와 수신기B 사이의 거리를 나타낸다. r은 그림 4에서의 P 위치에 해당하고 송신기 A와 수신기 B 사이의 위치 변수가 된다. β₀는 자유공간전파상수로 단위는 radians/m 이고 $\frac{2\pi}{\lambda}$ 이다. 여기서 λ는 자유공간파장으로 단위는 m 이다.

$$\xi = \beta_0 [(AP) + (PB) - (AB)], R = a\Phi, r = a\phi \dots \dots \dots (2)$$

AP,PB,AB는 그림 4에서와 같고 몬티쓰는 해당 위치가 많이 멀지 않은 경우는 직선으로 계산을 해도 무방하다고 설명하고 있다.

지구의 상대 지표 임피던스(Relative surface impedance)인 $\frac{\eta}{\eta_0}$ 는 다음과 같다.

$$\frac{\eta}{\eta_0} \simeq (\epsilon_r + 1)^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\epsilon_r = k - j \times 1.8 \times 10^{10} \frac{\sigma}{F} \dots \dots \dots (4)$$

k는 비유전율 상수이고 j는 복소수를 나타내며, σ는 지표의 전도율(ground conductivity)로 단위는 S/m이다. F는 주파수로 단위는 Hz이다.

몬티쓰는 실제 적분 방정식을 구현이 쉽게 일정 구간으로 나누어 쉽게 계산할 수 있는 방법을 제안하였다. r을 일정 간격으로 위치시켜 G(r)을 구하면, r = 0, D, 2D, ..., nD가 되고 n 다음 단계에서 구하는 G값은 G((n+1)D)값으로 유도된다.

수식(1)을 상기 방법을 적용하기 위한 첫 번째 단계는 적분을 합으로 표현하는 것이다. 이를 위해 R은 ND로, r은 ID로 대체하면 다음과 같은 수식으로 변환된다.

$$G(ND) = 1 - BD^{\frac{1}{2}} \sum_{I=0}^N E(ND, ID) C(N, I) G(ID) \dots \dots \dots (5)$$

여기서 $B = \sqrt{\frac{j\beta_0}{2\pi}} = \sqrt{\frac{j}{\lambda}}$, D는 간격이고 E는 effective surface impedance 값으로 다음과 같이 주어진다.

$$E(ND, ID) = (\psi + \frac{\eta}{\eta_0}) \exp(-j\xi) \dots \dots \dots (6)$$

여기서 η는 ID 영역에서의 적절한 값을 갖고 ψ와 ξ는 ND와 ID 두 값에 의존한다. 특별히 평지에서는 우향의 값은 $\frac{\eta}{\eta_0}$ 로 간소화되고 ID 만의 함수가 된다. C(N,I)는 피적분

함수의 $\sqrt{\frac{R}{r(R-r)}}$ 을 고려한 계수이다.

수식(5)는 다시 다음과 같이 풀 수 있다.

$$G(ND) = \frac{1 - BD^{\frac{1}{2}} \sum_{I=0}^{N-1} E(ND, ID) C(N, I) G(ID)}{1 + BD^{\frac{1}{2}} C(N, N) E(ND, ND)} \dots \dots \dots (7)$$

G(0)는 1로 두고, 이후 연속적인 G값들은 식(7)의 반복된 적용 값으로 부터 구할 수 있다.

여기서 문제는 계수 C를 정하는 것이 적분의 양 끝에서의 특성을 고려해야 하는 것 때문에 복잡해지게 되고 C는 시작

부분에서 $G(r)$ 을 계산하는데 고려되어야 한다. 아주 짧은 구간에서는 언급할만한 불규칙성이 없으므로 $G(r)$ 시작 부근은 균등한 평면 지구(uniform plane earth)에서의 지표파 감쇠 요소(Groundwave attenuation factor)와 같은 값을 가져야만 하고 균등한 평면지구(uniform plane earth)에서의 지표파 감쇠요소(groundwave attenuation factor)는 $r^{\frac{1}{2}}$ 의 파워시리즈로 표현되어질 수 있다.

문제는

$$\int_0^R E(R,r)G(r)\sqrt{\frac{R}{r(R-r)}}dr \text{ 를}$$

$D^{\frac{1}{2}}\sum_{I=0}^N C(N,I)E(ND, ID)G(ID)$ 로 만드는 것이다. $f(m)$ 을 다음과 같이 정수 m 에 대해 다음과 같이 정의하면,

$$f(0) = 1$$

$$f(m) = m^{-\frac{1}{2}} \quad (m > 0) \quad (8)$$

$C(N,I)$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$C(N,I) = \frac{f(I)f(N-I)}{F(N)} \cdot K(N,I) \quad (9)$$

그러면 합계식 부분은

$$\frac{D^{\frac{1}{2}}}{f(N)} \sum_{I=0}^N f(I)f(N-I)K(N,I)G(ID)E(ND, ID)$$

이 되고 식(8)은

$$G(ND) = \frac{1 - BN^{\frac{1}{2}}D^{\frac{1}{2}}\sum_{I=0}^{N-1} f(I)f(N-I)K(N,I)E(ND, ID)G(ID)}{1 + BD^{\frac{1}{2}}K(N,N)E(ND, ND)} \cdot (10)$$

식 (10)에 의해 복합 감쇠 요소(Complex attenuation factor) G 를 구할 수 있다.

2. 고도 변환 및 경사각 추출 단계

다음 단계는 몬티쓰 알고리즘에 적용할 경사각 및 추가거리를 계산한다. 국내 수치 지도에서 제공하는 고도는 해발 고도로써, 지표상에서의 고도를 의미한다. 따라서 수치지도상의 고도는 구형 지구 모델(spherical earth model)에서의 고도값으로 변환되어야 하며, 본 논문에서의 이 과정은 몬티쓰가 적용한 조지 허포드(George Hufford)의 연구 결과를 분석

하여 적용하였다[10]. 그 변환 방법은 그림 5와 같이 송신기의 지형에서의 접평면을 기준 면으로 하여 수치지도 고도를 변환한다. 허포드의 연구는 지구가 구형인 경우 및 고도에 대한 해석을 서술하고 있다.

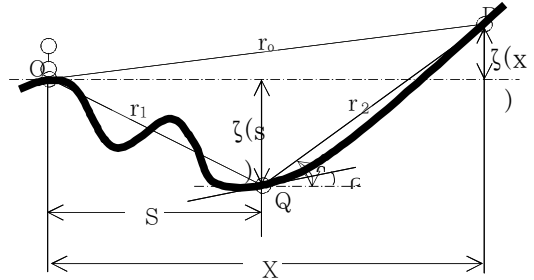


그림 5. 고도, 경사각(ψ), 추가 거리(ζ) 계산도
Fig. 5. Calculation of Altitude, Elevation angle(ψ), additional distance(ζ)

송신기 O에서의 지형의 접평면에서의 접선에 대해 S 지점, X 지점에서의 고도는 각각 $\zeta(s)$, $\zeta(x)$ 로 변환하고, 경사각 및 추가거리는 다음과 같이 정해진다. $\zeta'(s)$ 은 S 지점에서의 지형의 접평면의 기울기를 의미한다. 매우 작은 경사각에 대한 sine값과 tangent 값은 거의 그 경사각과 같다는 가정을 몬티쓰 및 허포드 식에서 정의하고 있다. 따라서 다음과 같이 식을 유도할 수 있다.

$$\zeta(s) = \tan(\beta) \approx \sin(\beta) \approx \beta \quad (11)$$

$$\psi = \sin(\beta - \alpha) = \sin(\beta)\cos(\alpha) - \cos(\beta)\sin(\alpha)$$

$$\approx \sin(\beta) - \sin(\alpha) \approx \zeta(s) - \frac{\zeta(x) - \zeta(s)}{x - s} \quad (12)$$

$$\xi \approx \frac{sx}{2(x-s)} \left[\frac{\zeta(s)}{s} - \frac{\zeta(x)}{x} \right]^2 \quad (13)$$

식 (12), (13)을 이용하여 변환된 고도를 이용한 경사각과 추가거리에 대한 값을 구할 수 있고 식(6)에 대입하여 G 를 구할 수 있다.

3. 전도율 추출단계

전도율은 ITU-R P.832-2 데이터를 활용할 수 있고, 샘플 경로 구간에 대해서는 두 데이터가 같은 전도율 값을 표시하고 있다. 그런데 앞 장에서 설명되었듯이, 두 전도율 데이터 맵이 상이한 값을 표현하는 구간이 있으므로, 보다 정확한 전도율을 적용하기 위해서는 전도율 추정에 대한 연구 또는 검증 단계가 필요하며 이는 본 논문의 범위에서는 고려하지 않는다.

4. 복합 감쇠 요소 G 예측

이전 단계 결과값을 가지고 몬티스 알고리즘을 수행하여 복합 감쇠 요소(complex attenuation factor) G를 예측하게 된다. 예측된 G 값은 a+bi 형태의 복소수 형태를 띠게 된다. 복소평면에 이 값을 표시하면 편각을 추출할 수 있는데, 이 각이 바로 지연된 위상의 각을 의미하게 된다. Arg 라는 함수를 이용하여 위상각을 구하게 되는데, Arg 함수는 편각의 범위가 -π에서 +π 사이의 값을 리턴한다. 위상각은 지연을 의미하기 때문에 양수의 각은 나타날 수 없다. 리턴된 값이 양수인 경우는 360(2π)를 뺀으로써 지연값을 계산한다.

IV. 구현 및 검증

본 논문에서 제안한 중파 지연예측모델은 Visual C++로 구현하였으며, 구현 검증을 위해서 Loran에 적용된 영국 웨일즈 대학의 Balor 연구 결과와 몬티스 연구 내용과 동일한 조건으로 시뮬레이션하였다. Loran에서 적용된 전파지연 예측시스템 역시 몬티스 논문에서 제시한 연구 결과와 비교함으로써 구현 적합성을 검증했다. 결과 비교는 국외 연구 결과들이 표로만 제시되어 있어 본 논문에서도 동일한 조건과 형태로 제시하였다.

1. 평면지구모델적용 및 검증

표 2는 지구를 평면 모델로 정의하고 시험한 위상지연 결과의 비교이다. 시뮬레이션 조건은 몬티스가 가정한 조건으로, 주파수 1 Mhz, Relative surface impedance는 0.189235 +j0.109355 로 두었다. 전도율은 1.00767 mS/m, 비유전율 상수는 9.47196로 하고 간격은 250m 간격으로 해서 전체 range 값을 250m에서부터 128000m 까지 적용하였다. CUP는 본 논문에서 구현한 시스템의 연구 결과값이고, Monteath 항은 몬티스 논문에서 제시한 결과값이다. 연구결과가 거의 일치하는 것으로 평면지구모델에서의 구현을 검증할 수 있다.

표 2. Phase 비교 (degree)
Table 2. Phase comparison(degree)

Range(m)	Monteath	CUP
250	-32.41	-32.41
500	-45.99	-46.00
1000	-62.05	-62.07
2000	-83.52	-83.54
4000	-106.90	-106.92
8000	-128.46	-128.48
16000	-141.88	-141.89
32000	-147.10	-147.11
64000	-148.96	-148.97
128000	-149.75	-149.75

2. 구형 지구모델 적용 및 검증

지구를 타원체 모델로 정의한 결과에 대한 전파지연 예측 결과를 표 3에서 제시하였다.

표 3. 구형지구모델에서의 전파지연예측 비교
Table 3. Delay comparison on Spherical earth model

주파수 (Mhz)	비유전율 상수	전도율 (S/m)	ID (km)	ND (km)	위상각지연(°)		
					몬티스	로란	CUP
0.2	4	0.003	5	780	-431	-438	-437.5
				810	-452	-459	-460.4
				620	-329	-327	-327.6
			10	780	-432	-440	-440.5
				806	-453	-456	-455.9
				850	-482	-492	-493.9
			20	300	-173	-175	-174.5
				640	-339	-338	-338.3
				820	-472	-468	-483.8
0.7	4	0.01	3.333	350	-318	-317	-317.2
				380	-343	-342	-342.0
				490	-435	-450	-453.5
1	4	0.003	1	144	-211	-213	-213.7

위상각지연이 전파지연예측모델에 의한 결과값으로 몬티스 논문에서 제시한 결과값을, 로란은 영국 Loran-C 시스템에 적용된 BALOR 시스템 결과값을 나타내며, CUP는 본 논문의 시뮬레이션 결과값을 나타낸다. 비교 결과 역시 본 논문의 구현 시스템이 적합함을 검증한다.

0.2 Mhz 주파수 대역에서 전도율과 비유전율 상수가 같은 조건에서 같은 range에 대해 서로 다른 interval을 적용한 결과값이 차이가 나는 것을 확인할 수 있으며, 거리에 따라 주파수에 따라 그 결과값이 다를 수 있다. 이 결과값으로 구형에서의 전파의 경우 송신기와 수신기간의 거리에 따라, 알고리즘을 적용할 때의 간격에 따라 결과값이 달라짐을 나타내고 있다. 간격을 조밀하게 할수록 더 정확한 전파지연값을 예측할 수 있으나, 실제 그 간격의 조밀성은 결국 프로그램 실행 시간의 연장과 기본지형 데이터의 확보와 연관을 맺는다.

3. 불규칙한 지형모델 적용 및 검증

불규칙한 지형에 의한 전파 지연은 다양한 형태의 지형의 고도 데이터 및 전도율 데이터들이 적용되는 경우이다. 적용된 샘플 지형은 300Km 거리에 대해 육지와 해수면으로 이루어진 혼합 경로에 대한 지형 데이터이다.

표 4. 불규칙한 지형 데이터를 적용한 연구 결과 비교
Table 4. result comparison using Irregular terrain data

Range (Km)	Height (m)	permi tivity	Conduct ivity	Mont eath	CUP	Differenc es
0	198.1	4.0	.800-2	0	0.00	0.00
10	76.2	4.0	.800-2	-71.9	-71.89	-0.01
20	9.1	4.0	.800-2	-111.5	-111.71	0.21
30	1.2	4.0	.800-2	-131.2	-131.41	0.21
40	0.0	81.0	.461+1	-120.8	-121.08	0.28
50	0.0	81.0	.461+1	-100	-100.19	0.19
60	0.0	81.0	.461+1	-99.2	-99.38	0.18
70	0.0	81.0	.461+1	-97.8	-97.98	0.18
80	0.0	81.0	.461+1	-97.5	-97.67	0.17
90	0.0	81.0	.461+1	-97.8	-97.98	0.18
100	0.0	81.0	.461+1	-98.5	-98.71	0.21
110	0.0	81.0	.461+1	-99.5	-99.74	0.24
120	0.0	81.0	.461+1	-100.8	-101.00	0.20
130	0.0	81.0	.461+1	-102.3	-102.46	0.16
140	0.0	81.0	.461+1	-103.9	-104.09	0.19
150	149.4	4.0	.800-2	-124.9	-125.14	0.24
160	149.4	4.0	.800-2	-167.5	-167.71	0.21
170	245.7	4.0	.800-2	-172.7	-172.90	0.20

180	201.8	4.0	.800-2	169.3	169.11	0.19
190	158.2	4.0	.800-2	157.9	157.80	0.10
200	136.2	4.0	.800-2	150.5	150.32	0.18
210	120.1	4.0	.800-2	143.7	143.52	0.18
220	103.9	4.0	.800-2	137.6	137.45	0.15
230	87.5	4.0	.800-2	132.1	131.89	0.22
240	90.8	4.0	.800-2	128.7	128.55	0.15
250	139.6	4.0	.800-2	128.9	128.66	0.24
260	137.2	4.0	.800-2	121.4	121.19	0.21
270	121.9	4.0	.800-2	115.7	115.50	0.20
280	106.7	4.0	.800-2	110.3	110.04	0.26
290	91.4	4.0	.800-2	104.7	104.54	0.16
300	76.2	4.0	.800-2	99.5	99.27	0.23

표 4에서 Range는 전체 300km에 대해 10km 단위의 구간으로 감쇠요소 G를 계산한 것을 나타내고 있으며, Height는 10km 지점에서의 고도값을 나타낸다. 몬티스 논문에서는 feet 단위로 표시되어 있으나, 실제 알고리즘에는 m 단위로 입력되므로 m 단위로 변환하여 표시하였다. 몬티스 논문에서와 같이 Permittivity는 비유전율 상수로서, 육지는 4, 해수는 81의 값을 갖는 것으로 가정하였다. 전도율은 육지는 0.008 S/m, 해수는 4.61 S/m로 가정하였다.

사용 주파수 대역은 0.95 Mhz를 사용하였고, 지구의 곡면을 보정하기 위한 지구 반지름의 reflection rate는 1.25를 사용하였다. 몬티스의 결과값과 본 논문의 제안 시스템의 결과값이 거의 일치함을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 GPS를 대체할 수 있는 측위 시스템으로서 가능성이 있는 국내 DGPS 신호의 전파지연예측 모델을 제안하였다.

중파를 이용하여 측위를 하기 위해서는 지형의 고도 및 전도율에 의해 추가의 전파 지연(ASF)이 발생하는 지표파의 특성을 이해해야 하고, 추가로 발생한 지연 요소인 ASF를 보정해 줌으로써 정확한 위치 측정이 가능하다. 국내에서는 해당 분야에 대한 연구가 거의 알려지지 않아 국외의 검증된 방법을 소개하고 이를 분석하여 구현하였고 그 결과를 검증함에 있어 국외 연구 결과와 거의 일치하는 결과를 얻었다. 이를 통해 실제 지표파를 이용한 항법시스템인 Loran이나 대체항

범으로의 가능성을 차진하기 위한 DGPS 신호 등에 적용함으로써 측위 대체 분야에 가능성을 제시하였다. 향후 연구로는 예측값을 검증할 수 있는 전파지연시간 측정기를 개발하여 예측값과 실측값의 관계 및 보정 방법 등을 연구해야하며, 이를 실제 국내 측위에 사용할 수 있는 모델을 연구해야 한다.

참고문헌

- [1] 이기영, 김동오, “유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 위치 데이터 관리 시스템의 설계”, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제12권, 제6호, 115-121쪽, 2007년 12월.
- [2] 김정원, 전봉기, “임베디드 리눅스를 이용한 위치기반 관광안내 단말기의 설계 및 구현”, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제11권, 제4호, 261-269쪽, 2006년 9월.
- [3] Paul Williams, David Last, “Mapping the ASFs of the Northwest European Loran-C System”, ILA’98.
- [4] David Last, and Paul Williams, “Propagation of Loran-C signals in irregular terrain-Modeling and measurements : part I : Modelling”, International Loran Association Technical Symposium, Washington, DC, Nov. 2000.
- [5] “Loran-C engineering course”, USCG academy.
- [6] 정택영, 이창경, “수치표고모델 구축방안연구”, 건설교통부, 2002.
- [7] ITU-R P.832-2 World atlas of ground conductivities.
- [8] David Last, and Paul Williams, “Extending the range of Loran-C ASF modeling”, ILA33, Oct., 2004.
- [9] G.D. Monteath, “Computation of groundwave attenuation over irregular and inhomogeneous ground at low and medium frequencies”, BBC Report, March, 1978.
- [10] Gerge Hufford, “An Integral Equation Approach to the Problem of Wave Propagation over an Irregular Earth”, Quarterly Applied Mathematics, vol.9, no 4, pp.391-404, 1952.

저자 소개



유 동 희

1992. 부산대학교 전산학 학사
 1994. 부산대학교 전산학 석사
 2001. 부산대학교 전산학 박사
 1994~1997 한국전자통신연구원 연구원
 2002~ 현재 부산가톨릭대학교 멀티미디어공학과 부교수