

변침점에서 만나는 두 항로 선분과 동일 각도로 교차하는 직선을 구하는 항로 순서 판단 방법

송기훈* · 김희건** · † 김지수

*,**,† (주)맵시

요 약 : 전자 해도 정보 시스템(ECDIS: Electronic Chart and Display Information System)에서 항로의 기준선에서 선박이 떨어져 있는 거리인 항로 이탈 거리(XTD: Cross Track Distance)를 구하기 위해서는 선박이 변침점 간의 몇 번째 경로에 있는지 판단해야 한다. 본 논문에서는 변침점 간 경로상의 순서를 파악하기 위하여 기존의 알고리즘과 수학적으로 같으며 계산량을 줄이는 새로운 접근법을 제시하였다. 그 결과로 기존보다 삼각함수 호출 수를 75%로 줄였다.

핵심용어 : 전자 해도 정보 시스템, 항로 이탈 거리, 변침점, 내비게이션 소프트웨어

1. 서 론

전자 해도 정보 시스템은 해군 함정이나 상선에 도입된 항해 해도 시스템 중에서 상대적으로 최근에 도입되었다. 이 시스템의 도입으로 선교의 항해사들이 좀 더 신뢰도 높고 정확하게 항로를 찾고 구성할 수 있게 되었다(Alexander, A. O., 2022). 해양 내비게이션 소프트웨어는 이러한 전자 해도 정보 시스템을 구성하는 핵심적인 소프트웨어로써, 선박 밖의 창에서 정보를 얻는 것보다 집중도 높고 인식하기 쉬운 정보를 얻을 수 있는 필수적인 요소가 되었다(Baldauf, M., Kitada, M., Mehdi, R., & Dalaklis, D. 2018).

2. 변침점 구별선 구하기

2.1 변침점과 항해 경로 기능

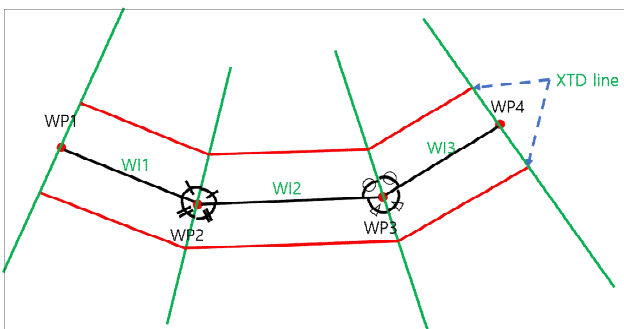


Fig. 1 Waypoints and XTD lines

해양 내비게이션 소프트웨어는 그림1처럼 선박이 거칠 변침점을 정하고 변침점 간의 항해 경로와 관련된 정보를 설정하는 기능을 갖추어야 한다. 항로상의 변침점 데이터는 위도와 경도를 가진다. 따라서 컴퓨터 내부에서는 항로상의 변침점들을 2차원 좌표를 가지는 배열로써 저장한다.

2.3 항로 이탈 거리(XTD)

항해사는 항로의 특정 구간을 항해하기 위해 해당 구간에 XTD를 정한다. XTD란 선박의 경로에 수직이 되도록 좌현 및 우현에 설정하는 미터 단위의 거리이다. 선박이 XTD를 벗어나면 전자 해도 정보 시스템에서 항해사에게 경고를 전달한다.(Porathe, T. ,2020)

2.3 변침점 간 구역분할

내비게이션 소프트웨어에서는 선박이 어떤 2개의 변침점 사이에 있는지 판단할 수 있어야 하며, XTD를 벗어났는지도 판단할 수 있어야 한다. 이를 위해서 먼저 그림1과 같이 2차원 공간에 변침점(빨간 점), 항로(검은 선)와 XTD(빨간 선)를 그린다. 완성된 전자 해도 정보 시스템의 항로 정보는 그림1과 같다. 선박이 어떤 2개의 변침점 사이에 위치하는 지를 판단하기 위해서는 그림1과 같이 변침점을 지나는 녹색선을 그리고 선박이 어떠한 두 녹색선 사이에 존재하는지 판단하면 된다. 이때 변침점을 지나는 구별선은 양쪽 항로와 이루는 각도가 같도록 그려야 한다.

2.4 기존방법

기존에 구별선을 구하기 위해서는 선분WP1-WP2와 선분WP2-WP3이 이루는 각도를 구하고, 이를 절반으로 나누는 직선을 구해야 했으며 삼각함수를 4번 호출하였다. 그 절차는 의사코드1과 같다.

† 교신저자 : 정희원, jkim@mapseacorp.com 070-4211-0212
* 정희원, khsong@mapseacorp.com 070-7703-3349
** hgkim@mapseacorp.com 070-7703-0221

```

determineWayPointClassic(xp, yp, x1, y1, x2, y2, x3, y3)
{
    theta1 = atan((y2 - y1) / (x2 - x1))
    theta2 = atan((y3 - y2) / (x3 - x2))
    theta3 = (theta1 + theta2) / 2
    a1 = sin(theta3) / cos(theta3)
    b1 = y2 - a1 * x2
    a2 = -1 / a1
    b2 = y2 - a2 * x2

    if((y1 > (a1 * x1 + b1) && y2 > (a1 * x2 + b1))
    || (y1 < (a1 * x1 + b1) && y2 < (a1 * x2 + b1)))
        ra = a2
        rb = b2
    else
        ra = a1
        rb = b1

    return ra, rb
}

```

Pseudo Code. 1 Classical method

3. 제안하는 방법

본 논문에서는 위의 절차를 다음과 같이 간소화 하는 방법을 제안한다. WP2에서 WP1방향으로 WP1과 WP2 사이의 고정거리(G) 만큼 떨어진 점 GP1을 구한다. WP2에서 WP3방향으로 WP1과 WP2 사이의 고정거리(G) 만큼 떨어진 점 GP2를 구한다. 이후 변침점 구별선을 직접 구하지 않고 선박과 GP1 사이의 거리, 선박과 GP2 사이의 거리를 구하여 GP1에 가까우면 선박의 경로는 W1과 W2 사이로 판단하고, GP2에 가까우면 W2와 W3 사이로 판단한다. 제안하는 방법의 절차는 의사코드2와 같다.

```

determineWayPointSuggested(xp, yp, x1, y1, x2, y2, x3, y3)
{
    double angle = atan((lat2 - lat1) / (lon2 - lon1));
    double xCos = cos(angle);
    double ySin = sin(angle);

    GP1 = {lon1 + xCos * DDG, lat1 + ySin * DDG};
    GP2 = {lon2 - xCos * DDG, lat2 - ySin * DDG};

    return GP1, GP2
}

```

Pseudo Code. 2 Suggested method

제안하는 방법에서는 기존방법보다 역탄젠트를 호출하는 빈도를 1회 줄여 총 삼각함수 호출 횟수가 3회이다.

4. 증 명

그림2와 같이 GP1과 GP2 사이에 선분을 긋는다. 선분 GP1-GP2를 반으로 나누는 점을 h라 한다. 점h에서 WP2로 직선H를 긋는다. 선분GP1-h와 GP2-h의 길이가 같고, 선분 GP1-WP2와 GP2-WP2의 길이가 같으므로 선분GP1-GP2와 직선H는 직각이다. 또한 각GP1-WP2-h와 각GP2-WP2-h는 같다. 따라서 직선H는 선분WP1-WP2와 WP2-WP3가 이루는 각도를 반으로 나눈다.

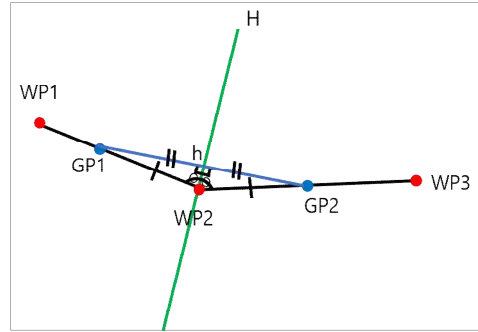


Fig. 2 Geometric proof

5. 결 론

본 논문에서는 해양 내비게이션 소프트웨어에서 선박이 위치하는 변침점 간 경로상의 순서를 확인하는 새로운 방법을 제안하였다. 이를 통해 계산량이 많은 삼각함수의 호출 수를 기존 4회에서 3회로 줄일 수 있었다. 또한 기존의 방법과 제안하는 방법이 수학적으로 동일하다는 것을 기하학적 접근법을 이용하여 증명하였다. 해양 내비게이션 소프트웨어에 이 방법을 적용한다면 더 빠른 속도로 기존과 같은 기능을 제공할 수 있을 것이다. 향후에 본 논문을 발전시킨다면 하버사인 방법으로 실제 지구 상의 거리를 측정하여 보간하는 것으로 더욱 정확도가 높은 방법을 연구할 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20220093, 해양수산 기술창업 Scale-up 사업)

참 고 문 헌

- [1] Alexander, A. O.(2022), Core Principles of Maritime Navigation
- [2] Baldauf, M., Kitada, M., Mehdi, R., & Dalaklis, D.(2018, March). E-Navigation, digitalization and unmanned ships: challenges for future maritime education and training. In Proceedings of the 12th International Technology, Education and Development Conference (INTED), Valencia, Spain (pp. 5-7).
- [3] Porathe, T.(2020). Deconflicting Maritime Autonomous Surface Ship traffic using Moving Havens. In e-proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (ESREL2020 PSAM15). Research Publishing Services.