

# 해양경계 획선 웹 서비스

## Web Service for Maritime Boundary Delimitation

권혁중\* · 이종기\*\* · 김병국\*\*\*

Kwon, Hyuk-Jong · Lee, Jong-Ki · Kim, Byung-Guk

\* 인하대학교 지리정보공학과 g2022029@inhavision.inha.ac.kr

\*\* 인하대학교 지리정보공학과 g2021543@inhavision.inha.ac.kr

\*\*\* 인하대학교 지리정보공학과 byungkim@inha.ac.kr

### 요 약

해양경계 획선은 해양 국가들 사이의 협상 중 매우 중요한 쟁점이었다. 각각의 협상의 문제는 공평의 법적 원칙이 엄격하게 적용되는 국제적 경계를 결정하는 것이다. 하나의 공식이 각국의 경제적, 지형적 그리고 주위요소와의 전략적 경우에 모두 적용될 수 없기 때문에 어떠한 특별한 방법이 정해지지 않았다. 그러나 균등한 경계를 얻기 위한 몇 가지 지침이 1953년부터 International Law Commission(ILC)에 의해 제안되었다.

이 지침들 중에 하나는 등거리 원칙(the principle of equidistant)에 의거한 일반적인 규칙을 사용한다. 이 등거리 원칙은 경계상의 모든 점들은 해안의 한 쪽에서 측정된 기준선(baseline)상의 최근접점에서 항상 등거리에 있어야 한다. 이 원칙을 구현하기 위한 여러 가지 기하학적 방법이 적용되어왔다. 본 연구에서는 등거리 원칙을 기본으로 하는 알고리즘 중 광범위하게 사용되고 있는 Two-Point 알고리즘과 Three-Point 알고리즘을 정립한 후, 이 알고리즘 결과를 확인할 수 있는 해양경계 획선 프로그램을 웹으로 구현하였다.

### 1. 서 론

해양경계 획선은 해양 국가들 사이의 공평의 법적 원칙을 엄격하게 적용하여 국제적 경계를 결정하는 것이다. 해양경계 획선 프로그램(Korea Maritime Boundary Delimitation, KMBD)은 인공지물이나 지형지물이 없어 경계를 결정하기 어려운 해양 경계 획선에 사용하는 프로그램이다. 본 연구에서는 해양 경계 획선 프로그램을 웹 서비스로 구현했다.

### 1.1 연구배경 및 목적

단일 협정으로 모든 나라들이 적용할 수 있도록 대양의 경계를 결정하여 사용을 규제하기 위한 노력이 진행되어 왔다. 수년의 노력을 통하여 마침내 1982년 12월 10일 United Nations Convention on the Law of the Sea(이하 「UNCLOS」라 한다.)를 채택하게 되었다. UNCLOS는 지난 1994년 11월 16일에 발효하였다. UNCLOS는 처음으로 해양경계 획정, 어족자원관리, 대륙붕 등에 대한 보편적인 법적 제도를 제공한 것이다.

각각의 협상자들의 문제는 공평의 법적 원칙을 엄격하게 정의된 기하학적인 것을 국제적 경계(international boundary)로 변환하는 것이다. UNCLOS는 이 문제를 풀기 위하여 어떠한 특별한 방법을 정하지 않았다. 하나의 공식이 각각의 경제적, 지형적 그리고 주위요소와의 전략적 경우에 모두 적용될 수 없기 때문이다. 그러나 균등한 경계를 얻기 위한 몇 가지 지침 중에 하나는 등거리 원칙에 의거한 일반적인 규칙을 사용하는 것이다.

이 등거리 원칙(the principle of equidistant)은 경계상의 모든 점들은 해안의 한 쪽에서 측정된 기준선(baselines)상의 최근접점에서 항상 등거리에 있어야 한다. 이 원칙을 구현하기 위한 여러 가지 기하학적 방법이 적용되어왔다.

위의 문제점을 해결하고 각국의 주장에 따라 우리나라의 이해관계를 신속히 파악하기 위해 국립해양조사원에서는 “영해기점 단일망 사업”을 통해 영해기점을 재계산 하였고, 그 데이터를 바탕으로 해양경계 획선 프로그램을 개발했다. 또한, 해양경계 획선 프로그램을 인터넷을 기반으로 한 웹프로그램으로 개발하여, 일반사용자가 나라간 해양경계 획선 방법과 결과를 직접 확인해 볼 수 있도록 하였다.

## 2. 연구내용

### 2.1 경계 획선 방법

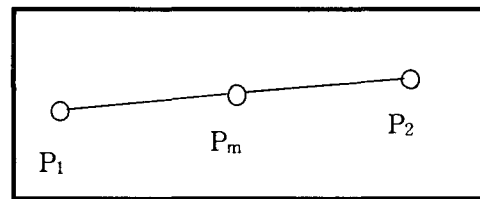
타원체 상에서 등거리 원칙을 적용하기 위해서는 다음부터 설명할 두 가지 알고리즘인 Two-Point 알고리즘과 Three-Point 알고리즘이 많이 사용된다.

첫번째 알고리즘은 해안을 따라서 인접한 한 쌍의 기준선 점으로부터 균등한 거리에 있는 경계의 중간점(mid-point)의 좌표를 찾는 것이다. 두번째 알고리즘은 인

접한 세점으로부터 얻어진다는 것이 다를 뿐이다.

#### 2.1.1 Two-Point 알고리즘

Two-Point 알고리즘은 그림 1과 같이 해안선 기준선을 구성하는 점으로부터 각각 양쪽의 기준선에서 각각 한 점( $P_1$ ,  $P_2$ )씩 선택한 후 등거리 원칙을 적용하여 중간점(mid-point)  $P_m$ 을 정하는 방법이다.



<그림 1> Two-Point 알고리즘

타원체상에서 Two-Point 알고리즘은 첫번째로 각각의 기준선에서 선택된 두 점  $P_i$ 와  $P_j$  사이의 거리  $S_{ij}$ 와 방위각  $\alpha_{ij}$ 을 구한다.

$$S_{ij} = S(\phi_i, \lambda_i, \phi_j, \lambda_j) \quad (2-1)$$

$$\alpha_{ij} = \alpha(\phi_i, \lambda_i, \phi_j, \lambda_j) \quad (2-2)$$

식(2-1)과 (2-2)에서 계산된 거리와 방위각을 이용하여 점  $P_i$ 를 기준으로 중간점  $P_m$ 의 측지 좌표를 결정한다.

$$\phi_m = \phi(\phi_i, \lambda_i, S_{ij}/2, \alpha_{ij}) \quad (2-3)$$

$$\lambda_m = \lambda(\phi_i, \lambda_i, S_{ij}/2, \alpha_{ij}) \quad (2-4)$$

마지막으로, 중간점  $P_m$ 이 유효한 경계 중간점으로서 만족해야 할 조건은 그 거리가  $P_i$  또는  $P_j$ 에 작거나 같아야 하고 모든 다른 점들에서도 마찬가지여야 한다.

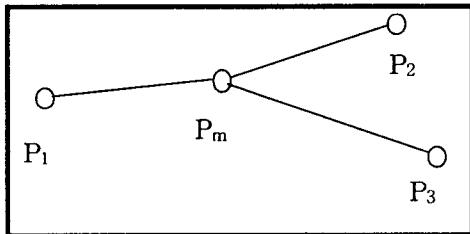
$$\frac{S_{ij}}{2} \leq S_{mu} \quad u=1,2,3,\dots,p \quad u \neq i,j \quad (2-5)$$

$$\frac{S_{ij}}{2} \leq S_{mv} \quad v=1,2,3,\dots,p \quad v \neq i,j \quad (2-6)$$

여기서 u와 v는 첫번째와 두번째 기준선에서 발견된 모든 점들을 나타낸다.

### 2.1.2 Three-Point 알고리즘

Three-Point 알고리즘은 그림 2와 같이 양쪽 기준선에서 세점(P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>)을 선택한다.



<그림 2> Three-Point 알고리즘

한쪽 기준선에서 한점, 반대쪽 기준선에서 두점을 선택하여, 세점에서 등거리인 중간점(P<sub>m</sub>)을 찾는 방법이다.

타원체 상의 세점 P<sub>1</sub>(φ<sub>1</sub>, λ<sub>1</sub>), P<sub>2</sub>(φ<sub>2</sub>, λ<sub>2</sub>) 그리고 P<sub>3</sub>(φ<sub>3</sub>, λ<sub>3</sub>)에서 동일한 거리를 갖는 점을 P<sub>m</sub>(φ<sub>m</sub>, λ<sub>m</sub>)이라 하고, P<sub>1</sub>에서 P<sub>m</sub>사이의 거리를 s<sub>1</sub>이라 하면, s<sub>1</sub> = s<sub>2</sub> = s<sub>3</sub> = s인 등거리 공식이 성립한다. 중간점 P<sub>m</sub>의 초기 근사치를 (φ<sub>m</sub><sup>0</sup>, λ<sub>m</sub><sup>0</sup>), 보정치(correction)를 (δφ<sub>m</sub>, δλ<sub>m</sub>)라 하면, P<sub>m</sub>의 위치는 다음과 같다.

$$\phi_m = \phi_m^0 + \delta\phi_m \quad (2-7)$$

$$\lambda_m = \lambda_m^0 + \delta\lambda_m \quad (2-8)$$

일반적으로, 측지선(geodetic line) s<sub>i</sub>는 φ<sub>m</sub>, λ<sub>m</sub>과 φ<sub>i</sub>, λ<sub>i</sub> (i=1,2,3)의 함수이다.

$$\begin{aligned} s = s_i &= f(\phi_m, \lambda_m, \phi_i, \lambda_i) \\ &= f(\phi_m^0 + \delta\phi_m, \lambda_m^0 + \delta\lambda_m, \phi_i, \lambda_i) \end{aligned} \quad (2-9)$$

이것은 초기 근사치 좌표 (φ<sub>m</sub><sup>0</sup>, λ<sub>m</sub><sup>0</sup>)을 사용하여 테일러 급수(Taylor series)로 확장할 수 있다.

$$\begin{aligned} s = s_i &= f(\phi_m^0, \lambda_m^0, \phi_i, \lambda_i) + \\ &\quad \frac{\partial f}{\partial \phi_m} \cdot \delta\phi_m + \frac{\partial f}{\partial \lambda_m} \cdot \delta\lambda_m + \\ &\quad \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2} \cdot (\delta\phi_m)^2 + \dots \end{aligned} \quad (2-10)$$

P<sub>m</sub>의 초기좌표를 알고 있으므로, 근사 측지선 s<sub>i</sub><sup>0</sup> = f(φ<sub>m</sub><sup>0</sup>, λ<sub>m</sub><sup>0</sup>, φ<sub>i</sub>, λ<sub>i</sub>)는 타원체 상에서 역문제가 된다. 비선형(non-linear) 항목들을 모두 무시하면, 다음과 같다.

$$s \approx s_i^0 + a_i \cdot \delta\phi_m + b_i \cdot \delta\lambda_m, \quad i=1,2,3 \quad (2-11)$$

여기서, a<sub>i</sub>, b<sub>i</sub>는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a_i &= -M_m^0 \cdot \cos \alpha_{mi}^0 \\ b_i &= N_i \cdot \cos \phi_i \cdot \sin \alpha_{im}^0 \end{aligned} \quad (2-12)$$

식(2-12)에서 α<sub>mi</sub><sup>0</sup>, α<sub>im</sub><sup>0</sup>은 각각 P<sub>m</sub>에서 P<sub>i</sub> 그리고 P<sub>i</sub>에서 P<sub>m</sub>까지의 방위각이고, (φ<sub>1</sub>, λ<sub>1</sub>)와 (φ<sub>m</sub><sup>0</sup>, λ<sub>m</sub><sup>0</sup>)을 이용하여 계산한다. M<sub>m</sub><sup>0</sup>는 위도 φ<sub>m</sub><sup>0</sup>에서 자오선의 곡률 반경이고, N<sub>i</sub>는 위도 φ<sub>i</sub>에서 묘유선의 곡률반경이다.

$$M_m^0 = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi_m^0)^{\frac{3}{2}}} \quad (2-13)$$

$$N_i = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi_i}}$$

식 (2-11)의 첫 번째 방정식에서 두 번째와 세 번째 방정식을 빼면, 각각 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} a_2 - a_1 & b_2 - b_1 \\ a_3 - a_1 & b_3 - b_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta\phi_m \\ \delta\lambda_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1^0 - s_2^0 \\ s_1^0 - s_3^0 \end{bmatrix} \quad (2-14)$$

위 식의 첫 번째 행렬을 A라고 하면,  $(\delta\phi_m, \delta\lambda_m)$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다

$$\begin{bmatrix} \delta\phi_m & \delta\lambda_m \end{bmatrix} = A^{-1} \cdot \begin{bmatrix} s_1^0 - s_2^0 & s_1^0 - s_3^0 \end{bmatrix} \quad (2-15)$$

$\delta\phi_m, \delta\lambda_m$ 가 계산된 후에  $P_m$ 의 값은 식 (2-7) 및 (2-8)에 의하여 구할 수 있다.

마지막으로, 중간점  $P_m$ 이 유효한 경계 중간점으로서 만족해야 할 조건은 그 거리가  $P_i$ 에 작거나 같아야 하고 모든 다른 점들에서도 마찬가지로 여야 한다.

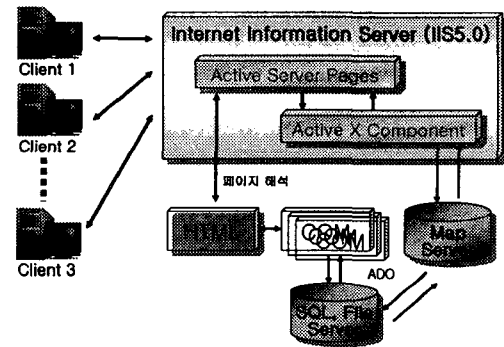
$$S^{(n)} \leq S_{mu} \quad \begin{matrix} u=1,2,3,\dots,d \\ u \neq i,j,k \end{matrix} \quad (2-16)$$

$$S^{(n)} \leq S_{mv} \quad \begin{matrix} v=1,2,3,\dots,d \\ v \neq i,j,k \end{matrix} \quad (2-17)$$

## 2.2 해양경계 획선 웹서비스

### 2.2.1 웹서비스 개요

해양경계 획선 웹서비스는 MS社(MicroSoft社)의 Windows 2000 Server와 IIS(Internet Information Server)으로 구성되어 있다. 웹서버에 클라이언트가 웹브라우저로 접속하여 페이지를 요청하면 ASP로 해석된 HTML 페이지를 보여주고, 서버에 저장된 plug-in 방식과 유사한 MS社의 OLE와 COM의 결합된 기술로 만든 ActiveX Control은 필요한 경우 클라이언트로 전송되어 웹브라우저 내부에서 운영된다. 특히, 지리정보를 클라이언트의 웹브라우저는 HTML 파일에서 참조된 ActiveX를 작동시키게 된다. 서버는 SQL, File server와 Map Server가 유기적으로 연결이 되어있어서 클라이언트의 요청에 따른 공간데이터를 제공해준다.



<그림 3> ASP와 IIS를 이용한 웹서버

### 2.2.2 웹서비스 특징

기존의 CGI 방식의 서버는 사용자의 프로세스 요청마다 프로세스의 처리를 하였으나 마이크로소프트사의 ISAPI(Internet Server Application Program Interface)로 IIS 웹 서버에 최적화된 서버사이드 스크립트 언어인 ASP(Active Server Page)를 이용하여 서버에 많은 사용자들에 의해 수많은 인스턴스들이 실행되는 경우, 모든 인스턴스들이 별개의 프로세스로 실행되게 되어 서버의 부하를 줄일수 있다.

그리고 범용 데이터베이스를 사용하고 Windows의 직관적인 GUI 형식으로 시스템의 유지보수가 용이하며 Component를

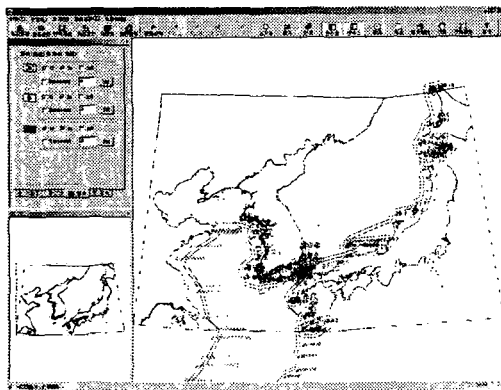
사용하여 Engine의 성능 및 기능의 개선과 반영이 용이하다.

하지만 클라이언트로 보내지는 ActivX와 웹서버시스템은 MS社의 윈도우 시스템에서만 작동하는 단점이 있지만 MS社는 매킨토시 플랫폼을 지원하기 위해서 메트로워크사(metrowerks)와 같이 작업중이고, 유닉스 플랫폼에 대해서는 브리스톨(Bristol Technology Inc)과 메인소프트(Mainsoft Corporation)사와 공동 작업 중에 있어 향후 모든 플랫폼에서 구동된다.

### 3. 연구결과

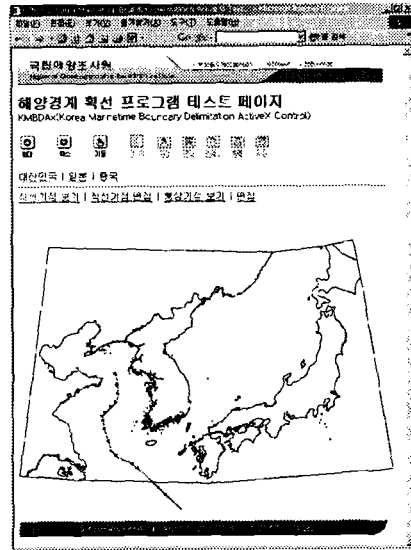
#### 3.1 해양경계 획선 프로그램

해양경계 획선 프로그램은 인접한 국가간의 해양경계를 결정하기 위한 컴퓨터 프로그램이다. 이 프로그램은 타원체상의 거리, 좌표변환 등의 측지학적 계산이 가능하다. 이를 KMBD 2(Korea Maritime Boundary Delimitation)로 명명하였다.



<그림 4>KMBD 2

#### 3.2 해양경계 획선 웹 서비스 기능 및 도구



<그림 5>해양경계 획선 웹서비스

#### 3.1.1 도구 및 추가기능

- 가. 측지문제
  - 위도와 경도를 입력하여 측지계산 (직접문제, 역문제)
- 나. 좌표변환
  - 입력한 좌표를 원하는 형태의 좌표값으로 변환(Bessel→WGS84, TM→UTM 등)
- 다. 면적계산
  - 위도, 경도를 입력하거나 지도를 클릭하여 면적을 계산
- 라. 거리계산
  - 위도, 경도를 입력하거나 지도를 클릭하여 면적을 계산

#### 3.1.2 기점관리

- 가. 대한민국, 일본, 중국의 직선기점 보기 및 편집
  - 해당 기점들을 Display 및 편집
- 나. 대한민국 통상기점 보기, 편집
  - 통상기점들을 Display 및 편집
- 다. 현재 선택된 기점 보기
  - 현재 선택된 기점의 위치정보를 Display

### 3.1.3 중간점 계산 기능

- 가. 기점입력
  - 왼쪽기점과 오른쪽기점을 입력
- 나. 기점 편집
  - 입력된 기점들을 편집
- 다. 중간점 계산
  - 기준면과 알고리즘에 따라 중간점을 계산
- 라. 중간점 출력
  - 계산된 중간점 Display 및 파일로 저장(인쇄가능)

### 3.1.4 영해 관리 기능

- 가. 대한민국, 일본, 중국의 영해 보기
  - 각 국의 해리(海里)별(12, 24, 200 해리) 영해 Display
- 나. 임의 해리(海里)의 영해 Display

## 4. 결론

본 연구에서는 나라간 해양경계 획선시 사용하는 등거리 원칙을 기본으로 하는 알고리즘을 정립하였고, 그 결과를 확인할 수 있는 해양경계 획선 프로그램(KMBD 2)을 개발하였다. 그리고, 일반사용자들에게 국가간 해양경계 획선의 결과를 직접 확인할 수 있도록 해양경계 획선 프로그램을 웹으로 구현하였다.

본연구의 세부 결과는 다음과 같다.

- ① Two-Point 알고리즘과 Three-Point 알고리즘 정립
- ② 알고리즘 결과를 확인할 수 있는 경계 획선 프로그램 개발
- ③ 해양경계 획선 웹서비스

향후 인접국과 연계하여 해양경계 획선 웹서비스를 보완할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 해양수산부 해양법에 따른 국제연합협약, 1998 pp. 3-11
- [2] 한국해양연구소, 주변해양 경계 획선 방식에 관한 연구, 1992
- [3] 국립해양조사원, 해양경계 획선 프로그램 개발, 1999
- [4] Carrera G. A method for the delimitation of an equidistant boundary between coastal states on the surface of a geodetic ellipsoid. Int. hydrogr. Rev (Monaco), 1992, LXIV(1):147-159
- [5] Sjoberg, Lars E. Error propagation in maritime delimitation. In: Proceedings: Geodetic Aspects of the Law of the Sea, Denpasar, Bali, Indonesia: 1996, 153-168