

# GIS기반의 수질모델링 지원을 위한 정확도 높은 하천중심선의 자동 추출기법에 관한 연구

## Study on GIS based Automatic Delineation Method of Accurate Stream Centerline for Water Quality Modeling

박 용 길\*      김 계 현\*\*      이 철 용\*\*\*  
Yong Gil Park      Kye Hyun Kim      Chol Young Lee

**요 약** 수질오염의 효율적 관리를 위한 오염총량관리제(TMDL)의 적용에는 하천 수질모델링이 우선 되어야 하며, 이러한 모델링은 하천중심선의 추출이 필수이다. 반면, 현재는 수질모델링을 수행하는 기관들이 제각기 다른 기준으로 하천중심선을 제작하여 정확도가 높지 않으며, 이로 인하여 수질모델링의 수행기관에 따라 동일 유역임에도 수질모델링 결과가 달라지는 문제점이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 정확한 하천중심선 추출방법의 개발을 주요 목표로 하였다. 이를 위하여 최대내접원을 활용한 중심선 추출방법을 GIS 기술과 결합하여 자동화 모듈을 개발하였다. 연구 결과 기존 방법의 하천중심선 추출보다 개발된 모듈을 이용한 하천중심선의 추출이 하천형상의 변화를 보다 세부적으로 표출하는 것이 가능하였으며, 정확도 역시 향상되었다. 또한, 기존 방법의 한계점이었던 섬을 포함한 하천의 중심선 추출도 가능하여 보다 정확한 수질모델링의 지원이 가능하였다.

**키워드** : GIS, 수질모델링, 하천중심선 자동 추출, 최대내접원

**Abstract** For implementing TMDL(Total Maximum Daily Loading) to adopt more effective management of water pollution, water quality modeling is pre-requisite and such modeling requires the extraction of stream centerline. The institutes responsible for the water quality modeling, however, generates the stream centerline with their own criteria and this lead to low accuracy of the extracted centerline as well as different modeling results for the same watershed. Therefore, this study mainly focused on the development of extraction method of the stream centerline. For that, an automated method has been developed through the integration of the centerline extraction method using a maximum inscribed circle with GIS. The result has shown that the newly developed method could enable to represent more details of the stream topography along with enhanced accuracy compared with conventional extraction method. Furthermore, the new method can afford centerline extraction for the island areas which has been the limitation of the conventional method thereby supporting water quality modeling in a detailed level.

**Keywords** : GIS, Water Quality Modeling, Automatic Extraction of Stream Centerline, Maximum Inscribed Circle

## 1. 서 론

수질오염총량관리제도(Total Maximum Daily Loads, 이하 “TMDL”)는 관리하고자 하는 하천의 목표수질 및 그 달성·유지를 위한 수질오염물질 허

용배출량을 산정하고, 해당 유역에서 배출되는 오염물질 총량이 허용량 이하가 되도록 관리하는 제도이다[5]. 우리나라는 1999년에 기존의 배출농도 규제방식의 수질관리제도가 가지는 한계를 극복하고 실질적인 수질개선 및 보전을 위한 방법으로써

† 이 논문은 공간정보 전문 인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

\* 인하대학교 지리정보공학과 석사과정 shakunetsu@inha.edu

\*\* 인하대학교 지리정보공학과 교수 kye Hyun@inha.ac.kr(교신저자)

\*\*\* 인하대학교 지리정보공학과 박사과정 khsakura82@inha.ac.kr

TMDL을 도입하게 되었다. 이 제도는 개발에 의해 발생하는 오염물질을 방류 농도뿐만 아니라 총량 측면에서 관리함으로써 효과적인 수질개선을 도모하고, 자치단체는 배출량을 줄인 만큼 개발에 필요한 배출량을 확보할 수 있어 보전과 개발을 함께 도모할 수 있다. 이 과정에서 수질오염물질 허용배출량을 산정할 때 수질모델링이 적극 활용된다[5]. 수질모델링은 QUAL2E와 같은 수질모델링 프로그램을 사용하여 수행되며, 하천의 수리학적 특징 및 오염원 정보를 입력하여 다양한 오염사감 시나리오를 수행한 결과를 나타낼 수 있다. 수질모델링을 수행하기 위하여 하천의 수리학적 특징이 같은 구간을 대구간으로 나누고 실질적인 계산이 이루어지는 소구간을 일정한 거리로 분할하여 수질모델링 자료로 입력하는데 이 때 하천중심선의 길이를 이용하여 분할하게 된다[4]. 그러나 하천중심선의 작성에 있어 명확한 방법론이 존재하지 않은 실정이다. 따라서 대개의 하천중심선의 추출 및 작성은 도화사의 영상 해석능력에 의존하며, 디지털타이핑에 의한 수작업에 의존하여 정확한 기준 없이 도화사의 정성적 판단에 따라 이루어지고 있다[11, 12]. 더불어 정확히 정의된 제작방법이 부재하여 결과물을 평가하는 것도 불가능한 실정이다. 나아가 수질모의를 수행함에 있어 수행기관마다 서로 다른 기준에 의해 하천중심선을 작성하기 때문에 수질모의 결과의 신뢰성도 떨어진다.

또한, 정확한 중심선 추출방법이나 알고리즘의 부재는 자동화에도 어려움을 가져온다. 물론 기존에도 하천중심선을 이용한 하계망 구성을 위한 연구로서 자동화 알고리즘 연구가 일부 수행되었으나, 기대할 만한 정확도를 가진 결과를 얻을 수 없었다. 물론 도로중심선 추출을 위해 CAD 프로그램의 이등분점 검색 함수를 이용한 일반적인 중심선 자동 추출방법도 고려할 수 있겠으나, 폭 간격의 변화가 심하거나 곡선이 많은 경우 정확도가 떨어지며 검수를 위한 수작업의 수정 과정이 반복적으로 요구된다. 아울러 수정 과정에서 다시 정확도의 저하가 발생하는 문제가 있어 일반적인 적용에는 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 수질모델링 결과의 신뢰성을 높이기 위한 하천중심선을 정확한 추출하는 방법의 개발을 목표로 하였다. 정량적 기준을 가진 정확한 하천중심선의 자동 추출을 통해 하천중심선의 활용가치를 높이고, 특히 수질모델링에서 효과적으

로 이용하고자 하였다. 본 연구에서는 기존의 하천 중심선 추출방법에 대해 간단히 고찰하고 문제점의 해결 방안으로 최대내접원의 특징을 활용한 중심선 추출방법을 개발하였다. 또한, 연구대상지역에 실제 적용을 통하여 다른 방법으로 생성된 하천중심선과 비교분석 및 고찰을 하였다.

## 2. 연구배경 및 기존 연구사례

### 2.1 연구배경

하천 실폭선의 경우 강수량에 의존하여 변화가 심하므로 하천중심선이 유량의 상태에 따라 지속적으로 이동하는 문제가 발생한다. 따라서 수치지도 제작에서도 영상 촬영 시점에 따라 전혀 다른 하천 중심선의 작성이 이루어질 수 있다. 이러한 배경에서 국토지리정보원의 작업내규에서는 부동의 제방선을 기준으로 하천중심선이 작성되어야 한다고 명시되어 있고, 제방선 사이를 도화사가 정성적 해석을 통해 디지털타이핑으로 하천중심선을 작성한다. 그러나 하천중심선은 도화사의 수작업을 통해 작성되기 때문에 작성에 소요되는 시간이 많으며 인력 및 비용도 많이 소모된다. 또한 수작업을 통해 작성되기 때문에 하천중심선의 정확도 또한 높다고 할 수 없다. 나아가 명확한 기준을 바탕으로 작성되는 것도 아니기 때문에 작성된 하천중심선의 정확도를 평가하기도 어렵다. 따라서 하천중심선의 작성을 위한 명확한 방법론이 필요하다.

한편, 건설교통부령 제510호 「수치지도작성 작업규칙」 및 국토지리정보원의 관련한 내규인 「수치지도작성 작업내규」에 따르면 국토지리정보원에서 관리하고 있는 수치지도2.0 내 지형지물 분류체계는 교통, 건물, 시설, 식생, 수계, 지형, 경계, 주기로써 총 8가지로 정의된다. 각 분류그룹에 대해서는 다시 포함되어 있는 지형지물을 세부적으로 분류하고 각 세부지형지물에 대한 표준코드를 부여한 후 이를 벡터형식으로 표시 및 저장한다. 이 중 수계에는 반드시 하천중심선이 포함되어야 하며 선 형태의 폴리라인으로 작성하여 수치지도 내에 저장하도록 하고 있다[3, 6].

기존의 하천중심선은 하천의 가장 깊은 곳을 연결한 선이었지만 2009년부터 개정된 안에 따르면 하천의 좌우 외곽선의 중앙에 위치한 선으로 변경되었다[7]. 따라서 하천중심선은 하천 외곽선으로부

터 거리가 같은 위치의 점을 연결한 선으로 정의된다. 따라서 현재 작성된 하천 중심선을 다시 작성해야 할 필요성이 대두되고 있다. 그러나 상기한 바와 같이 하천중심선을 제작하는 시간과 비용이 많이 들어가기 때문에 하천중심선을 갱신하기에는 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 하천의 중심선을 제방선에 국한하지 않고, 다양한 용도에 활용할 수 있도록 모든 형태의 하천 외곽선에 적용 가능한 방법을 개발하고자 하였다. 즉, 하천 경계선은 목적에 따라 제방선이나 하천 실폭선으로 설정이 가능하다. 만약 유량에 따른 하상 변화나 교란의 연구에 적용하고자 한다면 하천 실폭선을 대상으로 하천중심선을 작성하고, 수치지도와 같이 일정한 기준을 가진 부동의 하천중심선이 필요하다면 제방선을 기준으로 하천중심선을 작성하는 방법을 개발하였다.

## 2.2 기존 연구사례 고찰 및 분석

이와 관련된 자동 중심선 추출방법이나 알고리즘 연구로는 도로중심선 추출을 위해 사용하고 있는 CAD 프로그램 상의 Lisp 프로그램을 이용한 버텍스 간 이등분점 검색 및 연결 함수를 이용한 방법이나 하나의 외곽선에 대한 수직이등분선을 반대편 외곽선과 연결하고 그 연결선의 이등분점을 연결하는 방법[10]을 들 수 있다. 또한, 티센 다각형망의 변을 중심선으로 간주하는 방법[1, 10, 13]도 인용할 수 있다.

### 2.2.1 이등분점 검색 및 연결 방법

CAD 프로그램에서 이등분점 검색 및 연결 함수를 이용한 중심선 추출방법은 간단히 양 외곽선의 버텍스에 대하여 반대편 외곽선의 근접한 버텍스를 연결하고 이등분점을 중심점으로 간주하여 연결하는 방법이다. 수행시간이 짧은 장점이 있어 폭의 변화가 작은 도로중심선 추출에 효율적으로 적용이 가능하다. 그러나 그림 1과 같이 하천의 경우 하폭의 변화가 심하고 곡선부가 많기 때문에 잘못된 지점을 중심점으로 판단하는 문제가 쉽게 발생할 수 있다. 따라서 수정 작업이 요구되어 완전 자동화가 어렵고 제한적 사용만 가능하다.

### 2.2.2 수직이등분선 이등분점 연결방법

그림 2는 수직이등분선의 이등분점을 연결하는 방법이다. 수직이등분선의 이등분점을 연결하는 방

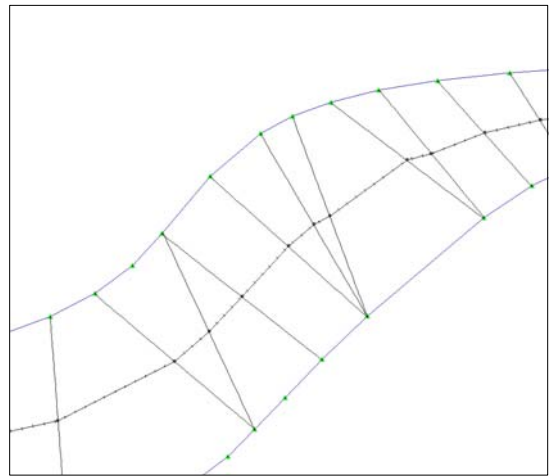


그림 1. 이등분점 연결 방법

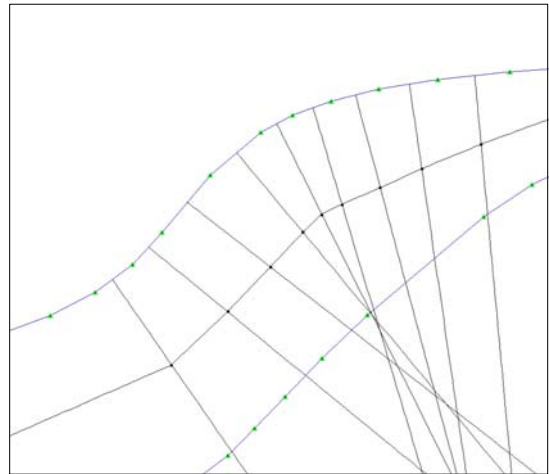


그림 2. 수직이등분선을 이용한 추출방법

법은 반대편 외곽선에 위치하는 버텍스의 위치와는 무관하게 적용되는 방법으로, 하천 외곽선의 수직이등분선과 반대편 외곽선이 만나는 점을 이등분하는 점을 찾아 연결한다. 그러나 역시 하폭이 변하는 곡선부에서 잘못된 지점을 중심선으로 찾기 때문에 정확한 중심선 추출에는 한계가 있다.

### 2.2.3 티센 다각형망을 이용한 방법

티센 다각형망을 이용한 방법은 하천 외곽선에 대해 일정한 거리 간격으로 샘플링(sampling)하여 신규 버텍스를 생성하고 신규 버텍스들을 이용하여 티센 다각형망을 구성한 후 하천 내부에 그려진 다각형의 변을 중심선으로 간주하는 방법이다. 앞의 방법들과 비교하여 가장 정확한 결과를 얻는 장점

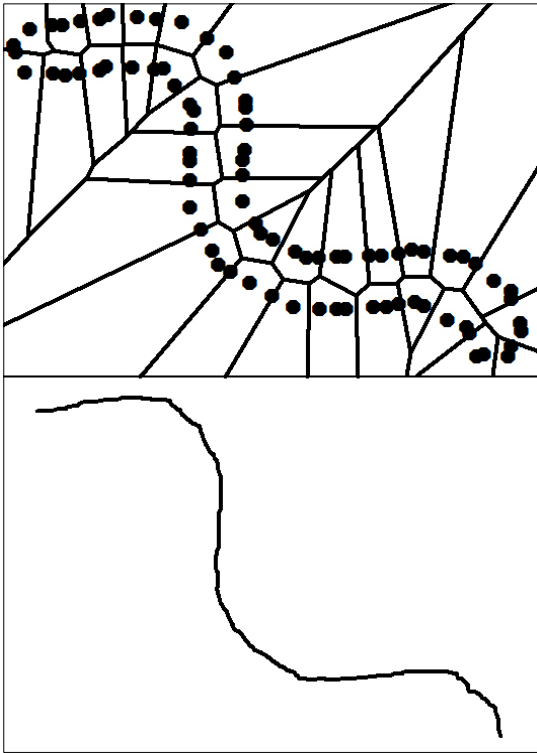


그림 3. 티센 다각형망을 이용한 추출방법

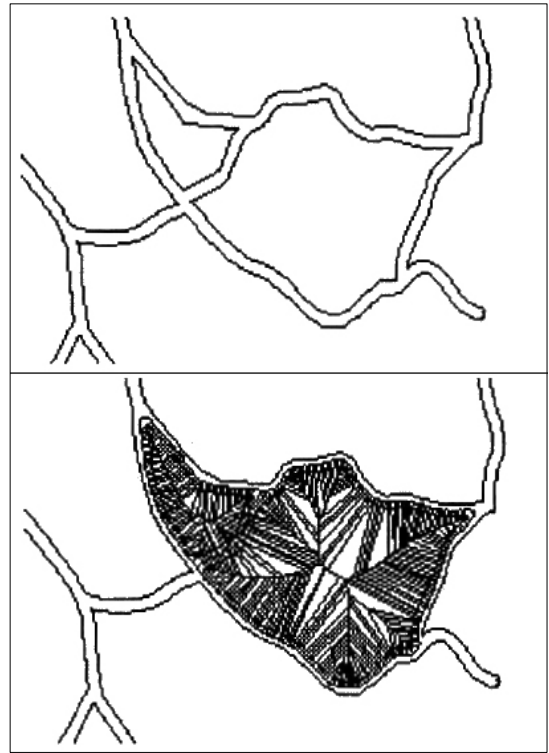


그림 4. 티센 다각형망 추출방법의 한계

이 있으나 그림 3과 같이 샘플링 간격이 클 경우 지그재그 형태의 중심선이 추출된다. 또한, 과도하게 많은 버텍스를 이용할 경우 후처리 및 일반화 과정에 많은 시간이 요구되며, 그림 4와 같이 섬 지형과 같은 복잡한 형상에 대해서는 불리한 결과를 만든다는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 방법에서 나타난 문제점을 최대한 해결하고 자동화하기 위하여 최대내접원의 특징을 하천중심선 추출에 적용하였다. 본 연구에서는 하천외곽선에 접하는 최대내접원의 중심을 연결한 선을 하천중심선으로 정의하고, 다른 방법에 의한 하천중심선 추출 결과와 비교하였다.

### 3. 하천중심선 추출 알고리즘

#### 3.1 하천중심선 추출

본 연구에서는 정확한 하천중심선을 추출하기 위하여 최대내접원을 활용하였다. 최대내접원이란 어떠한 도형 내부에 원을 그렸을 때 접하는 점이 2개 이상인 원으로 정의된다. 이 때 도형과 접하는 점으로부터 최대내접원의 중심까지의 거리는 최대내접

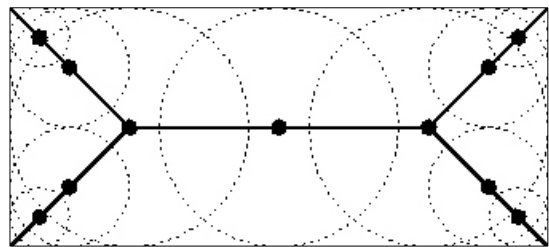


그림 5. 최대내접원을 활용한 중심선 추출

원의 반지름으로 모두 같기 때문에 최대내접원의 중심은 도형의 중심선의 일부가 될 수 있다[2]. 그림 5는 직사각형에 내부에 최대내접원을 여러 개 그린 후 그 중심을 연결하여 중심선을 추출한 예이며 이것은 복잡한 외곽선을 가진 하천의 중심선 추출에도 활용될 수 있다.

하천외곽선 내부에 최대내접원을 그린다면 원의 중심점으로부터 원과 외곽선의 접점까지의 거리가 모두 같기 때문에 하천의 중앙점이 될 수 있다. 따라서 하천형상의 변화가 일어나는 지점인 하천 외곽선의 모든 버텍스에서 최대내접원을 생성하고 그 중심점을 연결한다면 하천의 정확한 중심선을 그릴

수 있다. 그림 6은 그림 7의 조건에서 중심점을 추출하는 알고리즘의 순서도이다.

중심선 추출 프로그램을 개발하기 위한 언어는 Microsoft사의 C#.net을 사용하였으며 GIS기능을 사용하기 위하여 ESRI사의 ArcObjects를 사용하였다.

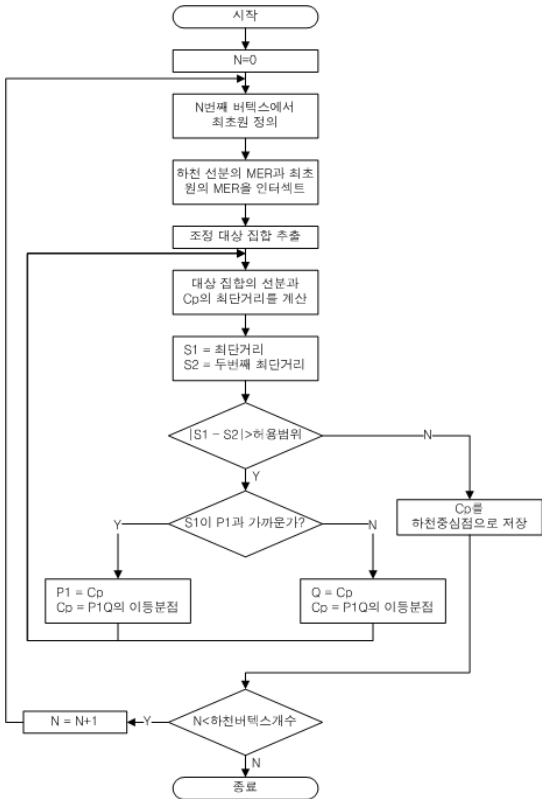


그림 6. 중심점 추출 알고리즘

### 3.2 최초 원 생성

본 연구에서는 하천중심선을 추출하기 위하여 우선 하천 내부에 최대내접원을 그리고 각 최대내접원의 중심점을 추출하였다. 이때 최대내접원 작성은 GIS 상에서 하천을 이루는 외곽선의 모든 버텍스를 대상으로 이루어졌다. 즉, 최대내접원은 하천외곽선의 각 버텍스에서 하나의 원(최초 원)을 그리고 원의 중심 및 반경을 변경하면서 최대내접원이 하천의 외곽선에 접하도록 하여 중심점을 찾도록 하였다.

중심점 추출을 위해서는 하천의 임의 버텍스에서 최초의 원을 생성하여야 한다. 그림 7은 임의 버텍스에 대하여 최초 원을 정의한 예시이다. 하천외곽

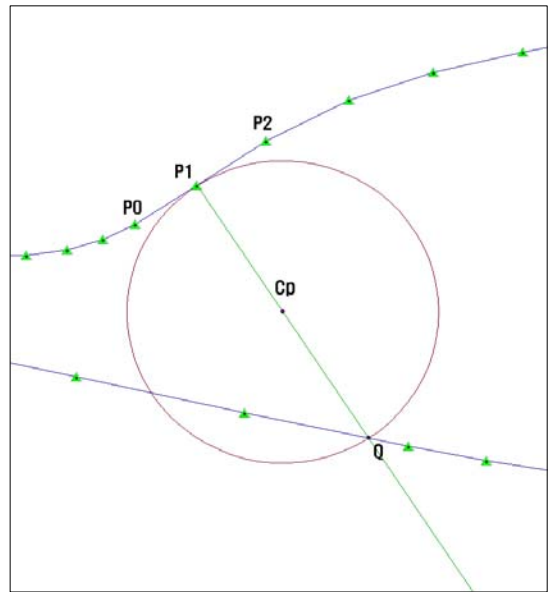


그림 7. 최초 원 정의 예시

선 중 임의의 버텍스를  $P1$ 이라고 하면  $P1$ 과 이웃하는 버텍스인  $P0, P2$ 로 그려지는 선  $\overline{P0P1}$ 과  $\overline{P1P2}$ 가 이루는 각을 이등분하는 직선을 그린다. 이때 이 직선과 하천외곽선의 반대편 만나는 점을  $Q$ 라고 할 때 선분  $\overline{P1Q}$ 는 최초 원의 지름이 되며, 선분  $\overline{P1Q}$ 의 이등분점인  $Cp$ 는 최초 원의 중심이 된다. 한편, 이후 중심점  $Cp$  위치는 선분  $\overline{P1Q}$  상에서 결정되며, 중심점의 위치를 이동시키며 최대내접원을 작성한다. 이 때  $P1$ 과  $Q$ 는 중심점을 이동할 때 사용되는 기준점이 된다.

### 3.3 조정 대상 집합 추출

최초 원이 정의된 이후 최대내접원의 중심을 찾기 위하여 최초 원의 중심점과 하천 외곽선의 거리를 비교할 필요성이 있다. GIS에서 활용할 수 있는 하천외곽선 자료는 버텍스들이 이루는 선분의 연속이다. 따라서 최초 원의 중심점으로부터 하천외곽선을 이루는 모든 선분까지의 거리를 계산해야 한다. 그러나 최초 원의 중심점과 모든 하천의 선분의 거리를 비교하는 것은 많은 시간을 소요하기 때문에 비효율적이다. 하천 내부의 최대내접원은 최초 원보다 같거나 작기 때문에 최초 원의 MER(Minimum Enclosing Rectangle)[8]과 영역이 중첩되는 하천의 선분만 사용하여 중심점 추출의 효율성을 높였다. 이때 하천 선분 추출에는 GIS의 분석기능 중 하나

인 인터섹트(Intersect)를 사용하였다. 그림 8은 최초 원의 MER과 영역이 중첩되는 선분을 보여 준다.

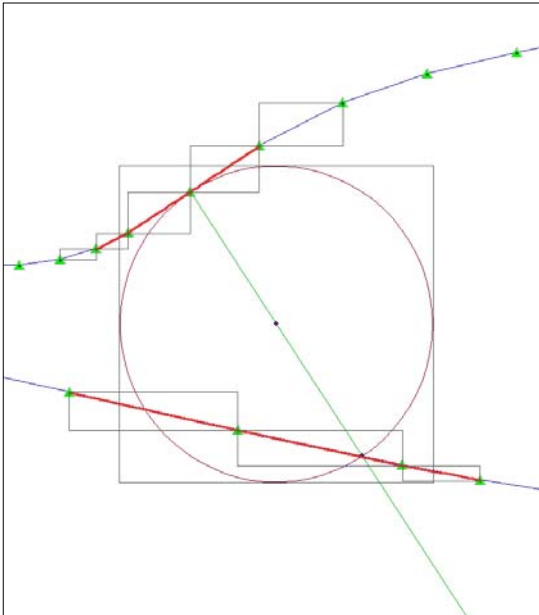


그림 8. MER 인터섹트

최초 원의 중심점으로부터 MER이 중첩되는 선분까지의 거리를 계산하였을 때 계산된 결과에서 가장 짧은 거리와 두 번째로 짧은 거리가 같다면 최대내접원의 정의에 의해 최초 원의 중심점은 하천외곽선의 두 점에서 접하는 원의 중심이 될 수 있다. 하지만 최초 원의 중심점이 하천의 중심점인 경우는 드물기 때문에 인터섹트를 통해 추출된 선분들은 조정대상 집합으로 정의되며, 최대내접원의 중심을 찾기 위한 조정계산에 활용된다.

**3.4 중심점 추출**

최대내접원의 중심점은 최초 원을 그리기 위하여 사용한  $\overline{P1Q}$  상에서 원의 중심을 이동하며 찾도록 하였으며, 이동된 중심점과 조정대상 집합의 선분의 거리를 계산하는 반복과정을 통하여 수행되었다.

반복의 첫 단계에서 우선 조정대상 집합의 각 선분과 현재 중심점의 최단거리를 계산하여 오름차순으로 정렬한다. 정렬된 최단거리 선분 중 첫 번째 것을  $\overline{S1}$ 으로 정의하고 그 다음 순서의 최단거리 선분을  $\overline{S2}$ 로 정의한다. 이때  $\overline{S1}$ 과  $\overline{S2}$ 가 이루는 각이  $90^\circ$  이내라면, 즉  $\overline{S1}$ 과  $\overline{S2}$ 을 이루는 버텍스

가 동일한 하천외곽선 상에 존재하는 버텍스인 경우에는  $\overline{S2}$ 을 다음 순위의 최단거리 선분으로 다시 정의한다. 그리고 이러한 과정을 반복함으로써 반대편 하천외곽선의 버텍스가 선택되어  $\overline{S1}$ 과  $\overline{S2}$ 가 이루는 각이  $90^\circ$ 이상 차이가 나도록 하며,  $\overline{S1}$ 과  $\overline{S2}$ 가 결정되면 이후 두 길이를 비교한다. 이때  $\overline{S1}$ 과  $\overline{S2}$ 의 거리차이가 허용범위 보다 크다면 이분법을 사용하여 중심점을 이동한다. 이동 기준은 가장 짧은 거리를 가지는  $\overline{S1}$ 과 만나는 하천외곽선의 반대방향으로 중심점을 이동하도록 한다. 이동할 방향이 정해지면 현재 중심점을 현재 중심점과 이동할 방향에 위치한 기준점의 중앙으로 이동하고 현재 중심점을 새로운 기준점으로 설정한다.

그림 9에서  $\overline{T1}$ 은  $\overline{R1R2}$ 와  $Cp$ 의 최단거리로써  $Cp$ 와의 거리가 두 번째로 짧지만  $\overline{S1}$ 과 이루는 각의 차이가  $90^\circ$ 보다 작기 때문에 제외되며, 이후 차순위로 짧은 선분의 검색에서  $\overline{P0P1}$ 과  $Cp$ 의 최단거리를  $\overline{S2}$ 로 선택하였다.  $\overline{S1}$ 이 아래쪽에 있으므로 중심점  $Cp$ 는  $Q$ 의 반대인  $P1$ 방향으로 이동하며  $Cp$ 와  $P1$ 의 이등분점을 새로운 원의 중심으로 설정한다. 마지막으로  $Q$ 의 위치를  $Cp$ 의 위치로 변경한 후 다시 조정대상 집합을 사용하여 위 과정을 반복한다. 그림 10은 이를 1회 반복한 결과이며, 그림 11은 중심점을 추출한 최종 결과이다.

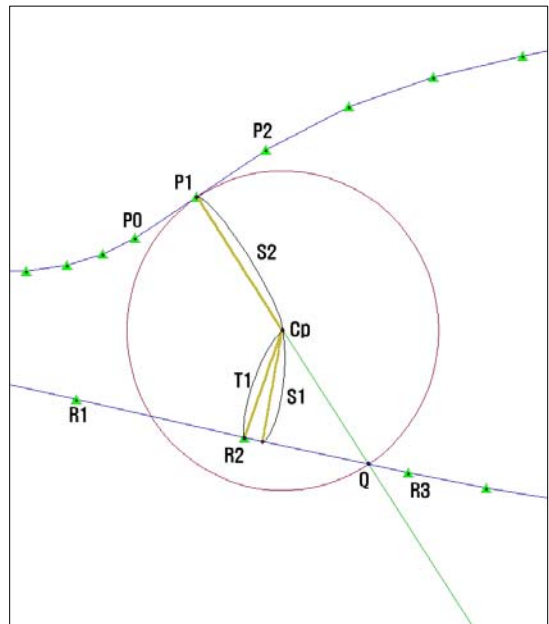


그림 9. 중심점 추출 초기 수행



모든 버텍스의 최초 원에 대하여 위와 같은 과정을 반복하여 중심점을 추출해낸다.

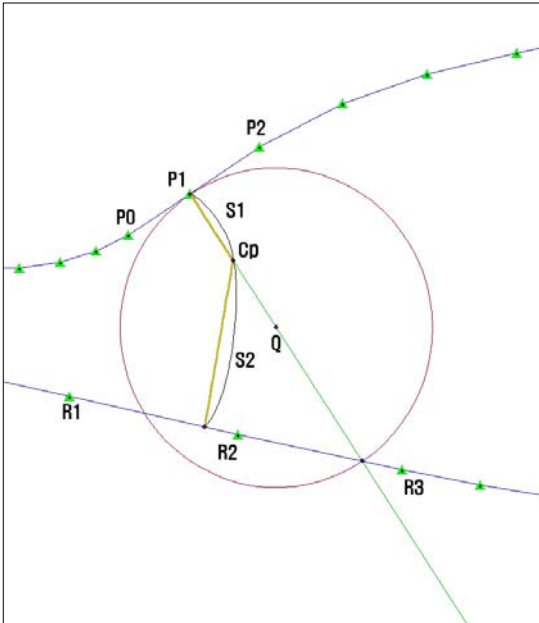


그림 10. 중심점 추출 1차 반복 결과

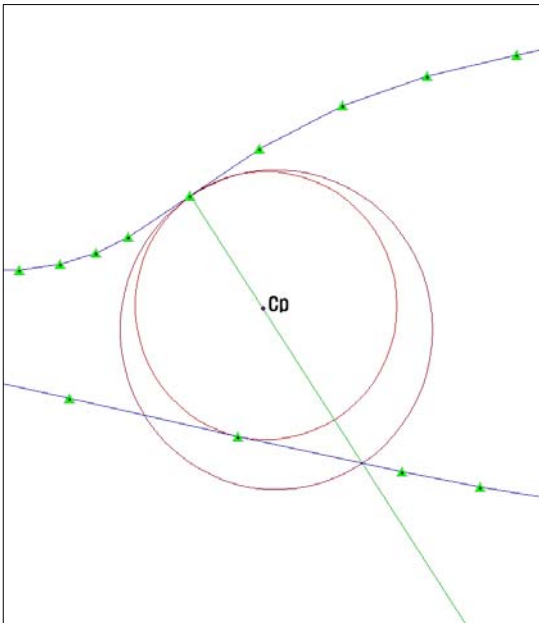


그림 11. 중심점 추출 최종 결과

### 3.5 중심선 연결

추출된 중심점을 하천의 시작지점부터 추출된 중심점 집합 내의 모든 중심점까지의 거리를 비교하여 가장 짧은 거리를 가지는 중심점을 연결한 후 그 점을 중심점 집합에서 제거한다. 이 과정을 모든 중심점이 연결될 때까지 반복한다. 반복이 끝나면 하나의 완성된 선이 생성되며 하천중심선 작성이 종료된다. 그림 12는 추출된 중심점과 중심점들을 연결한 중심선을 보여준다.

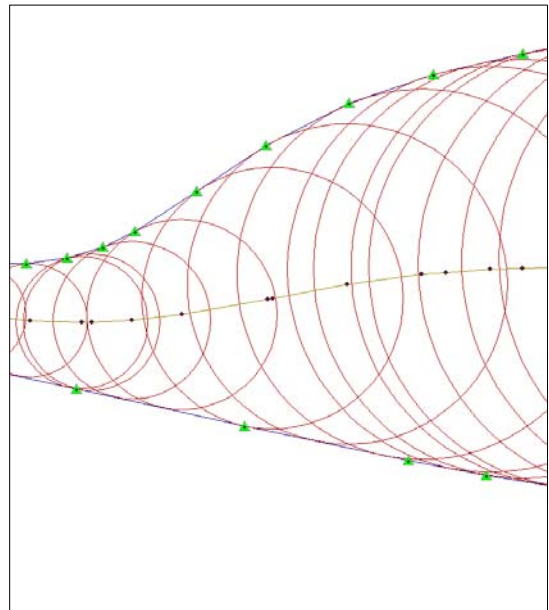


그림 12. 중심점 연결 결과

## 4. 적용 및 분석 결과

### 4.1 연구대상지역

하천중심선의 추출을 위한 연구대상지역은 금강수계에 포함되어있는 보청천과 낙동강수계에 포함되어있는 대가천을 선정하였다. 보청천은 충청북도 보은군과 옥천군을 지나는 지방 1,2급 하천으로 연구대상이 되는 지방1급 하천의 총 유로연장은 약 72km이고, 유역면적은 약 553km<sup>2</sup>이다. 대가천은 경상북도 김천시에서 시작하여 경상북도 성주군을 지나는 지방 2급 하천으로 하천의 총 유로연장은 약 53.5km이고 면적은 약 310km<sup>2</sup>이다.

보청천은 하천의 대상구간 중 청산면을 지나는 구간은 하폭의 변화가 크고, 청성면을 지나는 구간

은 하천의 굴곡이 심하여 하천중심선 추출방법 정확도에 큰 영향을 미치는 구간을 다수 포함하므로 정확도의 비교 판단을 위한 연구대상 구간으로 적합하다. 대가천은 다수의 섬을 포함하고 있어 섬을 포함한 하천의 중심선 추출을 확인하기에 적합하다.

4.2 적용 및 결과

개발된 중심선 추출방법의 적용은 국립환경과학원에서 구축 활용 중인 국가하천도 shape 파일을 이용하여 수행되었다. 결과의 비교 검증을 위하여 CAD 프로그램을 이용한 중심선 자동 추출방법과 티센 다각형망의 변을 연결한 중심선 추출 결과를 함께 얻고 중첩 분석하였다.

이 연구에서 개발한 방법을 실제 연구 대상지역에 적용하였고, 결과의 비교 검증을 위해 다양한 방법에 의한 결과와 비교 및 고찰하였다. 결과의 비교는 하천의 시각적 정확도 및 자동 추출 가능성 측면에서 수행되었다. 그림 13은 하천의 불규칙한 형상 변화에서 중심선을 추출한 그림이며, 그림 14는 하천의 크게 굽어지는 부분의 중심선 추출 결과를 나타내고 있다.

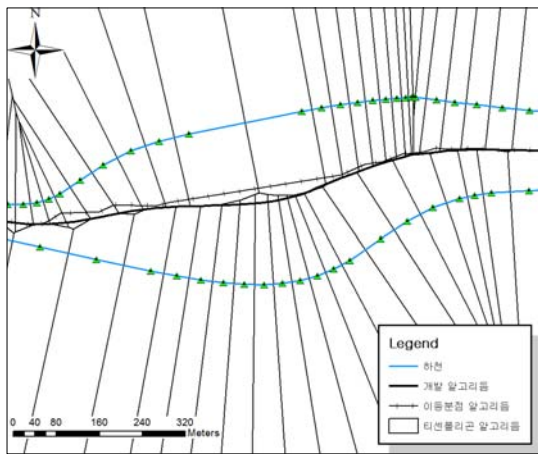


그림 13. 불규칙한 형상의 하천중심선 비교

CAD 프로그램의 이등분점을 자동 추출하는 함수를 이용한 방법의 경우 굴곡이 심하거나 하폭변화가 심한 곳에서 하천 중심과 거리가 먼 지점을 선정하여 하천중심선을 작성하는 경우가 많았다. 이는 하천의 외곽선이 불규칙한 경우가 많아 버텍스간의 이등분점이 하천의 중심을 의미하지 않는 경우가 많으며 하천중심선을 추출하기 위한 중심점의 선정

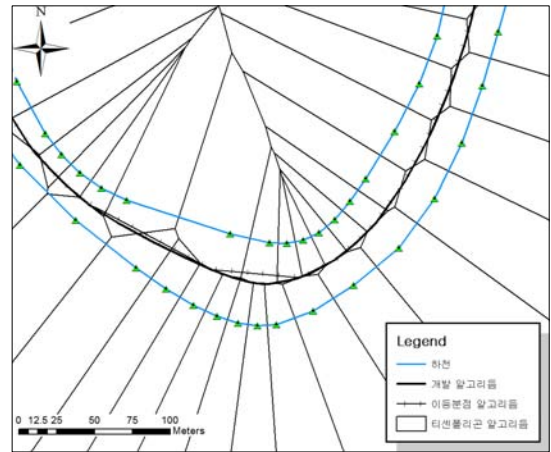


그림 14. 곡선구간의 하천중심선 비

개수가 적기 때문이라고 판단된다. 도로중심선 추출에서는 대부분의 구간의 폭이 일정하기 때문에 발생하지 않는 문제이지만 하천은 형태적 특성이 다르므로 이런 오류가 발생하였다. 따라서 하천에 대해 도로와 같은 기법을 적용하는 것은 무리가 있음을 보여주었다.

티센 다각형망의 변을 이용한 방법의 경우 순순하게 존재하는 버텍스만을 이용하면 지그재그의 중심선이 작성되는 것을 확인할 수 있었다. 티센 다각형망을 이용할 때 발생하는 가장 큰 문제로 하천의 곡선의 버텍스에 대하여 충분한 샘플링을 하지 않으면 정확한 하천중심선을 얻기 어렵다는 것을 보여주었다. 이러한 결과는 하천중심선으로 활용하기에 어렵고, 따라서 샘플링 과정이 반드시 선행되어

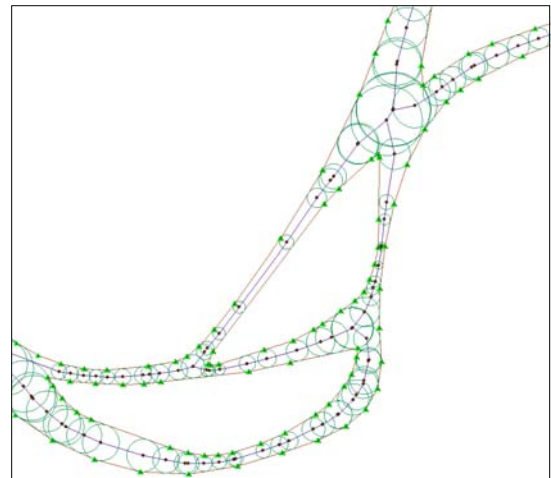


그림 15. 섬을 포함한 하천의 중심선 추출



야 한다. 그러나 이러한 경우 샘플링 및 일반화의 두 과정이 추가되어야 하므로 효율적 연산의 시간 관리도 필요하다.

반면, 본 연구에서 개발한 방법을 이용한 결과는 다른 방법에 비해 정위치의 중심점을 찾아 연결하였음을 알 수 있었다. 특히 곡선부나 하폭변화부에서도 형상을 잘 대표하는 하천중심선이 작성된 것을 확인할 수 있었다. 또한, 그림 15와 같이 기존 중심선 추출방법의 경우 섬 지형이 포함된 경우 중심선을 추출할 수 없었으나 본 연구에서 개발된 중심선 추출방법은 섬 지형이 포함된 하천의 경우에도 정확한 중심선의 추출이 가능함을 확인할 수 있었다.

한편, 결과의 정량적 비교를 위해 불규칙한 형상의 하천구간과 곡선구간에서 하천 중심선의 유하거리를 측정 비교하였다. 표 1은 각 구간에 대한 유하거리 측정 결과이다. 개발된 알고리즘의 결과 값이 최적의 결과라고 가정할 때, 이등분점 연결 방법의 경우 불규칙구간에서 약 20.5m, 곡선구간에서 약 1.8m의 차이가 발생하였고, 티센 다각형망을 이용한 방법의 경우 불규칙구간에서 약 7.3m, 곡선구간에서 약 19.1m의 차이가 발생하여 정확도에도 문제가 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 문제점은 구간을 확대하여 적용하였을 때 실제 하천중심선 거리 측정에 오차를 가져와 공간분석에서 전혀 의도하지 않은 결과를 가져올 수 있다.

표 1. 비교구간 유하거리 측정결과

알고리즘	불규칙구간	곡선구간
개발알고리즘	569.4 m	251.3 m
이등분점연결	589.9 m	249.5 m
티센다각형망	576.7 m	270.4 m

## 5. 결론

본 연구에서는 수질모델링을 지원하기 위한 정확한 하천중심선을 위하여 최대내접원을 활용한 하천 중심선 추출방법을 개발하였다. 알고리즘의 검증을 위하여 실제 하천도를 이용하여 중심선을 추출하고 CAD를 활용한 벡터 이등분점 추출 및 연결 방법과 티센 다각형망을 생성하여 하천 내부의 변을 중심선으로 추출한 방법과 비교하였다. 다양한 방법을

이용하여 추출한 중심선을 비교한 결과, 타 방법에 비하여 본 연구를 통해 개발된 중심선 추출방법이 하천의 중심을 적절히 표현하고 있음을 확인하였다. 또한, 하천 내부의 섬 지형이 포함되어 있는 경우에도 정확한 중심선을 추출할 수 있음을 확인하였다. 아울러 GIS 분석기능인 인터섹트를 이용하여 중심선 자동 추출방법의 문제점으로 지적되었던 추출시간을 줄일 수 있었다.

나아가 중심선 추출과정을 자동화함으로써 수작업으로 하천중심선을 생성할 때 많은 시간과 비용이 소요되는 것을 간소화하였으며, 하천 중심선의 실시간 갱신도 가능하게 하였다. 이것은 하천의 형상이 변화여도 빠른 시간 내에 수질 모델링에 활용할 수 있는 중심선을 정확하게 추출할 수 있어 오염총량관리를 지원하기 위한 효율적인 수질모델링에 기여가 클 것으로 기대된다. 또한 수질모델링 이외에도 도로중심선 추출 및 지도의 일반화 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대된다.

반면, 중심점 연결의 완전 자동화는 구현되지 못하여 추출된 중심선을 수작업으로 미세조정이 필요한 만큼 이를 해결하기 위한 후속 연구가 필요할 예정이다.

## 사사

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

## 참고 문헌

- [1] Kreveld, M.V., Nievergelt, J., Roos, T., Widmayer, p., 1997, Algorithmic Foundations of Geographic Information System, Springer.
- [2] Rafael C. G., Richard E. W., 2002, Digital Image Processing 2nd edition, Prentice Hall, pp. 543-544.
- [3] 건설교통부, 2006, 수치지도작성 작업규칙.
- [4] 국립환경과학원, 2006, 알기 쉬운 수리·수질모델링.
- [5] 국립환경과학원, 2007, 제2단계 수계오염총량관리기술지침.
- [6] 국토지리정보원, 2005, 수치지도작성 작업내규.
- [7] 국토지리정보원, 2009, 수치지형도작성규정.
- [8] 김계현, 2004, 공간분석, 두양사.

- [9] 김남신, 2004, “규칙기반 모델링에 의한 하계망 일  
반화에 관한 연구”, 대한지리학회지, 제 39권 제 4  
호, pp. 633-642.
- [10] 박경렬, 1999, “수치지도제작을 위한 자동일반화  
시스템 개발”, 박사학위논문, 충북대학교.
- [11] 박은지, 2008, “GIS기법을 이용한 하천 교란 실태  
의 분석(I)”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제  
10권 제 2호, pp. 81-93
- [12] 박은지, 2008, “GIS기법을 이용한 하천 교란 실태  
의 분석(II)”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제  
10권 제 4호, pp. 27-35
- [13] 박환철, 2000, “수치지도에서 도로 중심선 생성과  
보정 기법”, 석사학위논문, 부산대학교.

---

논문접수 : 2010.08.03  
수 정 일 : 2010.09.27  
심사완료 : 2010.10.04



박 용 길

2009년 인하대학교 컴퓨터공학 공학사  
2009년~현재 인하대학교 대학원 지  
리정보공학과 석사과정  
관심분야는 GIS 기술개발, 환경GIS,  
해양GIS



김 계 현

1982년 한양대학교 자원공학 공학사  
1989년 미국 아리조나대학(투산) 수문  
학과 졸업(공학석사)  
1993년 미국 위스콘신 주립대학(매디  
슨) 토목환경공학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 인하대학교 지리정보공학과 정교수  
관심분야는 GIS를 활용한 수자원관리, 수질관리, 시설  
물관리, 재해·재난 관리, GIS 표준화, 유비쿼터스 GIS  
기술개발, 해양 GIS 등



이 철 용

2003년 인하대학교 자원공학 공학사  
2008년 인하대학교 대학원 지리정보  
공학 석사  
2008년~현재 인하대학교 대학원 지  
리정보공학과 박사과정

관심분야는 GIS를 이용한 수자원 관리, 수질관리, 환경  
GIS, GIS 표준화