

공간 채움 곡선을 활용한 좌표 기반의 교차로 ID 구성 체계에 관한 연구

A Study on the Coordinate-based Intersection ID Composition System Using Space Filling Curves

이 은 일* · 박 수 홍** · 김 덕 호***

* 주저자 : 인하대학교 공간정보공학과 석사과정

** 교신저자 : 인하대학교 공간정보공학과 교수

*** 공저자 : 인하대학교 공간정보공학과 박사수료

Eun il Lee* · Soo hong Park** · Duck ho Kim***

* Dept. of Geoinformatic Eng., Univ. of Inha

** Dept. of Geoinformatic Eng., Univ. of Inha

*** Dept. of Geoinformatic Eng., Univ. of Inha

† Corresponding author : Soo hong Park, spark@inha.ac.kr

Vol.18 No.6(2019)

December, 2019

pp.124~136

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2019.18.6.124>

2019.18.6.124

요 약

교차로에서의 자율주행은 다양한 차량이 혼재하며 주행환경이 복잡한 특성으로 인하여 교통 객체 간의 교통정보 교환을 통한 자율주행 지원이 필요하다. 이와 관련되어 인접한 교차로 간의 교통정보 교환이 요구되고 있으나 국내 표준노드·링크 체계에서 교차로를 나타내는 노드 ID는 일련번호를 포함한 구성 체계를 가지고 있어 교차로의 갱신 및 ID를 통한 교차로의 위치 정보 파악에 한계가 있다. 본 논문에서는 교차로 ID 내에 위치정보가 포함되도록 교차로의 2차원 좌표를 가공 및 병합하여 생성한 좌표 기반 교차로 ID 구성 체계를 설계하였다. 제시한 교차로 ID의 적용 가능성을 검증하기 위해 국내 교차로를 대상으로 새로운 교차로 ID를 적용하였으며 중복된 값이 없는 것을 확인하였다. 좌표 기반 교차로 ID는 데이터 크기가 기존 노드 ID 대비 60% 줄어들었으며 GIS 툴 없이 인근 교차로 검색 및 Box 형태의 특정 지역 내 교차로 추출과 같은 공간 쿼리가 가능하다. 따라서 좌표 기반 교차로 ID는 기존 노드 ID보다 확장성 및 활용도가 높을 것으로 예상된다.

핵심어 : 교차로, C-ITS, 도로 지도, 노드링크체계, ID

ABSTRACT

Autonomous driving at intersections requires assistance by exchanging traffic information between traffic objects due to the intersection of various vehicles and complicated driving environment. For this reason, traffic information exchange between adjacent intersections is required, but the node ID representing the intersection in the Korean standard node link system have limitations in updating intersections and identifying location information of intersections through IDs due to the configuration system including serial numbers. In this paper, we designed a coordinate-based intersection ID configuration system created by processing and merging two-dimensional coordinates of intersections to include location information in the intersection ID. In order to verify the applicability of the proposed intersection ID, we applied a new intersection ID to domestic intersections and confirmed that there are no duplicate values. Coordinate-based intersection ID reduces data size by 60% compared to existing node ID, and enables spatial queries such as searching for nearby intersections and extracting intersections in specific areas in the form of boxes without GIS tools. Therefore, coordinate-based intersection ID is expected to be more scalable and utilized than existing node ID.

Key words : Intersection, C-ITS, Road map, Korean standard Node-Link, ID

Received 25 October 2019

Revised 12 November 2019

Accepted 5 December 2019

© 2019. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서론

1. 개요

자율주행차량은 차량에 탑재된 카메라, GPS와 같은 다양한 센서에서 수집한 정보를 통해 주행하고 있다. 하지만 센서는 기상, 밤낮 등 주변 환경의 영향으로 인한 한계점이 존재하여 이를 극복하기 위한 여러 방안이 연구되고 있다. 이 중 하나는 차량, 도로 등 교통객체 간의 교통정보교환을 통해 자율주행을 지원하는 방안이다. 특히 여러 방면에서 진입하는 차량이 교차하는 공간인 교차로에서는 경제운전 및 안전운전을 지원하기 위해 인접한 교차로 간의 교통정보교환이 요구되고 있다.

이 때 원활한 교통정보교환을 위해서는 각 교통객체 식별이 가능해야 한다. 이를 위해 국내외에서는 ID를 이용하고 있으며 이러한 ID는 다양한 구성 체계로 정의되고 있다. 국내 지능형교통체계의 표준노드·링크는 권역코드와 일련번호를 연결한 ID 구성 체계로 이루어져 있으며 각종 교통정보 교환 시 사용되고 있다. 또한 미국, 영국에서는 도로망을 구성하는 객체에 대해 ID를 부여하고 있다.

ID와 함께 객체의 위치정보, 인근 객체와의 위상정보는 매우 중요한 정보이다. 도로가 만나는 교차로의 위치정보는 위치참조 기준점으로 사용되기도 하며 국내외 정밀도로지도 관련 연구에서 모두 구축하고 있는 객체 중 하나이다. 또한 최근 인접한 교차로 간 실시간으로 교통정보를 교환하여 자율주행을 지원하는 연구가 이뤄지고 있어 교차로 간 위상정보의 필요성이 증가하고 있다.

하지만 국내 표준노드·링크 체계에서 교차로를 나타내는 노드의 ID는 단순 일련번호를 포함하고 있어 유지·관리에 한계가 있다. 또한 위치정보와 ID가 분리되어 저장되고 있어 노드 ID를 통해 인근 교차로와의 위치정보 및 위상정보를 파악하기에 어려움이 있다.

따라서 본 논문에서는 교차로의 위치정보를 포함할 수 있는 교차로 ID 구성 체계를 설계하고자 한다. 새로운 교차로 ID는 국내를 대상으로 하여 국내 환경에 적합한 교차로 위치좌표 기반의 일련번호로 구성하였다. 또한 제한한 교차로 ID 구성 체계 기반의 지능형교통체계 표준노드 ID를 재구성하여 평면교차로를 대상으로 4 byte의 교차로 ID를 구축하였다.

II. 도로 객체 ID 부여 사례

국내외에서는 다양한 도로 객체에 ID를 부여하여 도로 객체의 공간정보 데이터를 효과적으로 생산·관리·사용할 수 있도록 지원하도록 하고 있다. 국내외 도로 객체 ID 부여 현황에 대해 파악하기 위해 관련 사례를 분석하였다.

1. 국외 사례

미국 연방 지리정보 위원회에서 구축한 National Spatial Data Infrastructure (NSDI)의 미국 교통 지리정보 표준안(NSDI Framework Transportation Identification Standard)에서는 도로와 도로가 만나는 지점에 대해 Authority-ID를 부여하고 있다. Authority-ID는 ABCDE.O.ABCDEFGHI로 구성되며 각 요소는 <Table 1>과 같이 정의된다.

영국 지리원(Ordnance Survey, OS)의 MasterMap은 지형, 주소, 교통 등의 레이어로 구성되어 있으며 교통 레이어 중 도로 테마는 도로링크, 도로노드 등으로 구성되어 있다. 각각의 공간객체는 무의미한 16자리 일련번호로 구성된 Topographic Object Identifier, TOID)를 부여하여 데이터 연계성을 확보하고 있다.

<Table 1> NSDI Authority-ID Structure

Category	Digit	Type	Description
ABCDE	5	Number	Assigned unique identifier in FTDA
O	1	Character	P : Intersection S : Road
ABCDEFGHI	9	Character + Number	Unique identifier generated in a way per management.

자율주행 지원을 위한 정밀도로지도 데이터모델 관련 표준인 ISO 20524와 22726에서는 도로, 차로, 교차로, 도로 시설물 등을 임의의 ID를 가진 객체로 구성하고 있다. 각각의 ID의 구성 체계는 정의된 것이 없으며 행정구역, 도로등급 등의 정보는 모두 속성을 통해 구축되는 형태로 정의되어 있다.

2. 국내 사례

국내 관련 연구로 Jang et al.(2008)은 u-City 구축·관리를 위한 도시공간정보 객체식별자의 구축방안을 수립하여 현장적용 및 실용화 방안을 제시하였다. Yu et al.(2011)은 위치 찾기에 미치는 교차로명의 영향력을 분석하였으며 새주소체계의 위치 찾기 효율성을 증진시키기 위해 교차로명과 도로명주소체계와 연계성을 강화한 체계적인 교차로 명명법을 제시하였다.

국내 교통 분야에서 공간객체 ID를 부여한 사례는 지능형교통체계 표준노드·링크, 수치지형도, 도로명주소 지도 등이 있다. 특히 표준노드·링크는 ITS 호환성 및 상호연계 운용 효율성 확보, 대국민 교통정보 제공 편의 증진 등을 주목적으로 노드와 링크로 표현된 전국단위의 도로 네트워크이다. 노드는 교차로, 도로의 시·종점, 행정구역과 같이 차량이 도로를 주행할 때 주행 환경이 변화하는 지점을 나타내며 노드의 종류는 노드 Type 속성을 통하여 교차로(101), 도로시·종점(102), 속성변화점(103) 등으로 구분하고 있다. 링크는 노드와 노드를 연결한 선으로써 도로 중심선 형태로 표현한 실제 도로를 의미한다.

노드와 링크의 ID는 <Table 2>와 같은 체계를 가지며 10자리 숫자 형태의 문자로 구성되어 ID 하나가 10 byte의 크기를 가진다. 권역번호는 행정안전부의 행정구역코드를 기반으로 국토교통부에서 정의한 권역코드를 의미한다. 행정구역코드는 시·군·구 단위를 기준으로 5 자리 숫자로 구성되지만 권역코드는 3 자리의 숫자로 구성된다. 일련번호는 위도 및 경도가 낮은 곳부터 오름차순으로 순차적으로 부여하며 신규 생성 노드의 경우 위·경도에 관계없이 구축순서로 부여하고 있다.

국내의 사례와 같이 도로 객체 ID는 무의미한 일련번호를 부여하거나 자리 수에 따라 구분하여 특정 정보를 포함할 수 있도록 구성하고 있다. 특히 국내 표준노드·링크의 권역번호를 활용하는 ID 구성 체계는 직관적이라는 장점이 있다.

<Table 2> Korean Node·Link ID Structure

Category			ID
Numbering system			123 45678 90
Description	123	Number	Area code
	45678	Number	Serial number
	90	Number	Extension

하지만 이러한 노드 ID 부여 방식은 노드의 갱신·추가 작업이 누적될수록 교차로 간의 상관관계를 파악하기 어려워지며 데이터베이스 관리상의 비효율성을 야기할 수 있다. 실제로 시·군·구 단위로 행정구역을 구

분하였을 때, 노드의 개수가 가장 많은 경기도 화성시는 1947개의 노드를 가지고 있으며 이를 구분하기 위해 1부터 59353까지의 일련번호를 사용하고 있다. 또한 노드 ID에는 공간 위치에 대한 정보를 포함하고 있지 않기 때문에 ID만으로 교차로의 위치를 파악하기 힘들다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 교차로 ID 내에 위치정보를 포함할 수 있는 새로운 구성 방식을 제시하고자 한다.

Ⅲ. 좌표 기반 교차로 ID 구성 체계(안)

본 논문에서는 표준노드·링크 ID 구성체계의 단점을 보완할 수 있도록 좌표 기반의 교차로 ID 체계를 구성하였다. 좌표 기반 교차로 ID는 중복된 값을 가질 수 없는 물리적인 제한조건을 가진 좌표계를 활용하여 자연스럽게 고유한 ID를 가질 수 있다. 또한 교차로 ID 간의 계산을 통해 인접 교차로 및 행정구역간의 위치적 상관관계를 가질 수 있다.

추가적으로 데이터 관리의 효율성과 경제성을 가질 수 있도록 교차로 ID의 자리수를 최소화하여 4 byte의 크기를 갖는 ID로 구성하였다. 이를 위해 교차로의 위치를 나타내는 좌표 값의 단위를 줄이는 방법과 대상 지역의 좌하단 좌표를 원점으로 두는 방법을 사용하였다.

1. 좌표계

공간 객체의 위치를 표현하기 위한 좌표계는 지구를 표현하는 타원체 종류, 투영체계, 원점 등에 따라 다양하게 정의되고 있다. 이에 국내 “공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률” 제 6조 및 같은 법 시행령 제 7조에서는 국가 단위 측량성곽에 대해 일괄적으로 <Table 3>와 같은 세계측지계를 활용하고 있다. 또한 국내 지능형교통체계의 표준노드·링크 체계도 법률에서 정의한 세계측지계에 맞게 중부원점의 TM 좌표계 기반으로 구축되고 있다.

좌표 기반 교차로 ID가 기존 표준 노드·링크 체계와의 연계되어 다양한 객체와의 원활한 교통정보교환에 이용되기 위해서는 이러한 기준에 관한 법률을 따르는 것이 용이하다. 그러므로 좌표 기반 교차로 ID의 좌표계를 국내 법률을 따라 <Table 3>의 중부원점을 이용한 TM 좌표계로 정의하였다.

<Table 3> Coordinate System Details

Category	Description
Reference system	ITRF20000
Ellipsoid	GRS80
Datum	ITRF 2000 Datum
Projection	Transverse Mercator(TM)
Projection origin	<ul style="list-style-type: none"> • West origin Lon 125°, Lat 38° • Central origin Lon 127°, Lat 38° • East origin Lon 129°, Lat 38° • East see origin Lon 131°, Lat 38°
Projection origin addition	False Easting : 200,000m False Northing : 600,000m
Scale factor of central meridian	1.0000

2. 대상 지역

자율주행 지원을 위해서는 신속한 교통정보 교환이 필요하며 이를 위해서 데이터의 크기를 최소화할 필요성이 있다. 또한 데이터 크기를 최소화하되 국내 환경에서 효율적으로 운용될 수 있어야 한다. 이를 위해 좌표 기반 교차로 ID의 대상 지역을 최소화하여 대한민국 영토에서만 적용 가능하도록 설계하였다. 대상 지역은 대한민국 영토 전역의 동단, 서단, 남단, 북단을 기준으로 선정하였으며 <Table 4>와 같다.

<Table 4> North, South, East and South Coordinates of Republic of Korea

Location	Lat.	Lon.
East	37°14'24"	131°52'22"
West	37°58'10"	124°36'36"
South	32°07'22"	125°10'57"
North	38°63'40"	128°21'51"

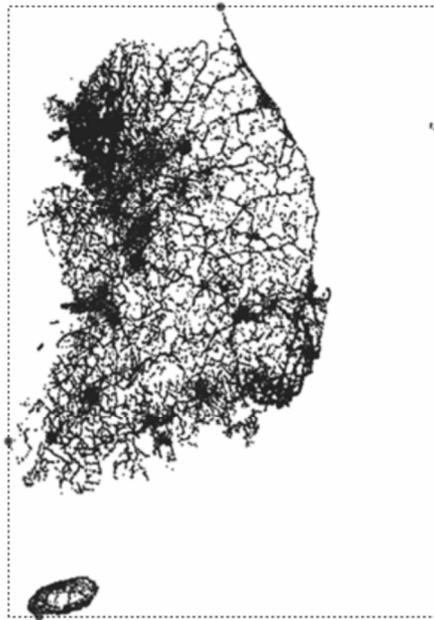
하지만 대한민국 영토 전역은 바다와 같이 물리적으로 교차로가 생길 수 없는 지역들을 포함하고 있다. 이는 좌표 기반 ID가 표현해야하는 좌표 범위가 늘어나 불필요하게 ID의 자리수가 커질 수 있다. 즉, 물리적으로 교차로가 생길 수 없는 지역을 대상지역에서 제외한다면 표현해야하는 좌표의 범위를 축소할 수 있으며 이를 통해 교차로 ID의 자리수를 줄여 데이터 크기를 최소화할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이미 구축되어 있는 표준 노드·링크의 동단, 서단, 남단, 북단 노드의 위치를 기준으로 좌표 기반 교차로 ID가 표현하고자 하는 공간적 범위를 선정하였다. 2019년 4월 구축된 표준노드의 동단, 서단, 남단, 북단 노드의 좌표는 <Table 5>과 같다.

<Table 5> East, West, South and North of Node

Location	Node ID	WGS 84		Transverse Mercator	
		Lat.	Lon.	N	E
East	3730001500	37°30'24"	130°54'45"	552446	545761
West	3450002800	34°45'09"	125°55'56"	240176	101973
South	4080069600	33°12'08"	126°17'12"	67916	133228
North	2660079400	38°35'03"	128°22'39"	665745	319777

이를 기준으로 한 대상지역의 N 좌표는 67,919부터 663,917까지의 값을 가지며 E 좌표는 101,973부터 545,743까지의 값을 가진다. 표준노드의 동단, 서단, 남단, 북단을 기준으로 하여 선정한 지역은 <Fig. 1>의 점선 내부 지역이다.

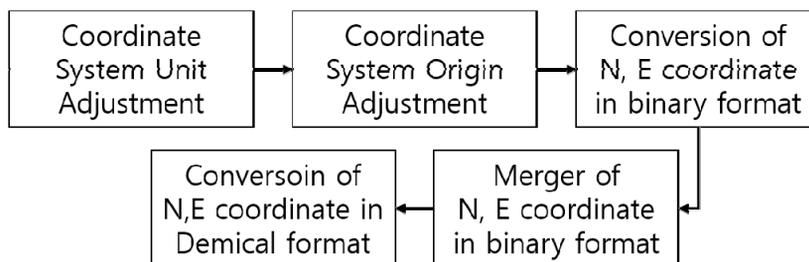


<Fig. 1> Target area of coordinate based intersection ID

3. 좌표 기반 교차로 ID 설계

좌표 기반 교차로 ID를 만드는 과정은 <Fig. 2>와 같다. 우선 교차로 ID의 데이터 크기를 줄이기 위해 좌표계 단위 조정 및 좌표계 원점 조정 과정이 이루어진다. 그 후 교차로 좌표 값의 이진수 변환, 이진수 형태의 E값 및 N값 병합, 마지막으로 병합된 이진수의 십진법 변환을 한다.

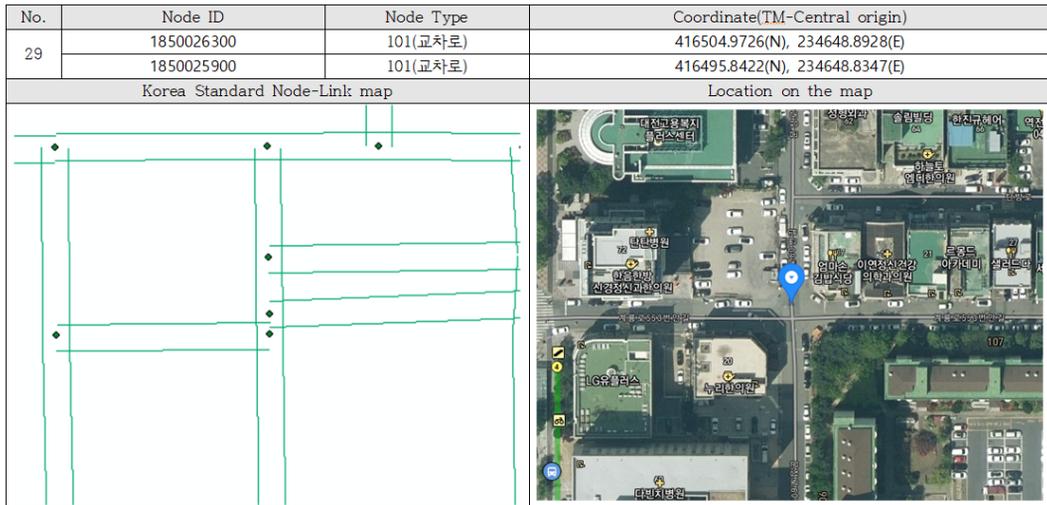
좌표계 단위 조정은 ID의 데이터 크기를 축소하기 위해 좌표 값의 표현 단위를 높이는 과정이다. 하지만 좌표 값의 표현 단위가 커질수록 좌표가 가지는 위치정확도가 낮아지므로 특정 좌표 값의 단위가 모든 교차로를 구분할 수 있는지 확인해야 한다.-



<Fig. 2> Coordinate based intersection ID generation process

본 논문에서는 10m 단위의 좌표 값을 기반으로 교차로 ID를 구축하고자 한다. 따라서 10m 이내에 2개 이상의 교차로가 존재하는지 유무를 파악하여 10m 단위의 좌표 값이 모든 교차로를 구분할 수 있는지 확인하는 과정을 진행하였다.

먼저 표준노드·링크 데이터 중 교차로를 나타내는 유형의 노드 데이터를 사용하여 교차로 간의 이격 거리를 계산하였다. 노드 간 이격 거리가 10m 이내인 노드를 추출하였으며 결과적으로 총 82개의 노드가 추출되었다. 하지만 추출된 노드의 위치와 해당 노드가 위치하는 교차로의 위성지도를 비교한 결과, <Fig. 3>의 빨간 원 지점과 같이 추출된 노드들은 오류로 인해 하나의 교차로를 2개의 노드로 표현하고 있는 것으로 확인되었다. 해당하는 오류 노드를 제외하면 10m 이내에 중복되는 교차로가 없어 10m 단위의 좌표계를 통한 교차로 ID 구성 체계는 사용이 가능할 것으로 판단하였다.



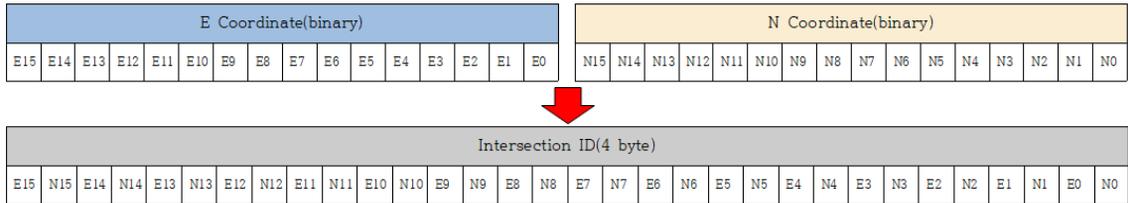
<Fig. 3> Example of comparison between standard node and actual intersection

두 번째, 좌표계 원점 조정은 좌표 값의 범위를 축소하기 위해 대상 지역의 좌하단 지점을 원점으로 바꾸어 전체 좌표를 조정하는 과정이다.

TM 좌표계 기준 반올림한 대상 지역의 좌하단 좌표는 (68380, 101970)이다. 좌하단 지점을 원점(0,0)으로 정의하여 모든 교차로의 좌표 값에 좌하단 지점의 좌표 값만큼 뺀 값을 정의하였다. 조정한 E 좌표의 범위는 0 ~ 443,770이며 조정한 N 좌표의 범위는 0 ~ 595,530이다. 좌표 값의 단위가 10의 자리이므로 1의 자리를 무시하면 최종적으로 교차로 ID에 사용되는 E 좌표의 값은 앞 5자리인 0 ~ 44,377이며 N 좌표의 값은 앞 5자리인 0 ~ 59,553이다.

조정한 교차로의 E 좌표와 N 좌표를 병합한 숫자를 ID로 표현할 수 있다. 하지만 십진수 형태의 좌표를 그대로 이어 병합하면 ID는 최대 4,437,759,553 값을 갖게 되어 4 byte로 표현할 수 있는 숫자의 범위를 초과한다. 따라서 각 좌표를 이진수로 변환한 뒤 병합하여 나타낸 4 byte 크기의 ID를 구축하고자 하였다.

2개의 좌표를 병합하는 방법으로는 2차원 이상의 공간을 일정한 간격으로 분할해 선형으로 배열하는 방식인 공간 채움 곡선(Space Filling Curve)을 사용하였다. 공간 채움 곡선은 다차원의 좌표 값을 하나의 숫자로 만들 수 있으며 생성 코드 개발, 객체 검색, 유지·관리, 자동화에 유리하다. 공간 채움 곡선의 종류로는 Z-Order 곡선, 힐버트(Hilbert) 곡선 등이 있으나 다양한 형태의 공간 채움 곡선 중 가장 간단한 형태로 구축되어 쉽게 인코딩·디코딩 할 수 있는 방식은 Z-order 곡선이다. 따라서 Z-order 곡선을 활용하여 교차로 ID를 구축해 교차로의 좌표 값을 쉽게 취득할 수 있도록 하였다. Z-order 곡선을 활용해 <Fig. 4>와 같이 이전 방법으로 변환한 E 좌표와 N 좌표를 번갈아 배열하여 ID를 구축하였다.



<Fig. 4> Intersection ID based on Z-order curve

마지막으로 사람이 보기 편한 형태의 숫자를 만들기 위하여 E좌표와 N좌표를 연결한 이진수 형태의 값을 십진수로 변환하였다. 이러한 방법을 통해 새롭게 만들어진 ID 예시는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Example of constructing coordinate based intersection ID

No.	Node ID	Intersection coordinate		coordinate based intersection ID
		E	N	
1	1220038300	202996	545318	1299069563
2	1210026400	198762	542935	1298379262
3	1210028200	202499	543233	1298871666
4	1040006400	206715	547752	1304803466

IV. 실험 및 평가

1. 국내 좌표 기반 교차로 ID 구축

표준노드·링크 자료를 이용하여 국내 교차로를 나타내는 노드 ID를 좌표 기반 교차로 ID로 변환하였다. 이 때 표준노드·링크 자료에서 <Fig. 3>과 같이 하나의 교차로를 2개의 노드가 나타내고 있는 경우, 중복되는 1개의 노드를 삭제하여 사용하였다. 노드 ID의 일련번호가 클수록 최근에 갱신된 노드이므로 노드 삭제의 기준은 일련번호가 작은 노드를 최우선 순위로 하였으며 일련번호가 동일한 경우, 확장번호가 작은 노드를 삭제하였다. 이를 통해 교차로별로 1개의 노드가 정의되고 10m 이내에 2개 이상의 노드가 존재하지 않도록 하였다. 가공된 노드 자료를 통해 좌표 기반 교차로 ID를 구축한 결과, 모든 교차로 ID가 중복되는 값을 가지지 않고 개별적인 값을 가지는 것을 확인하였다.

두 번째로 변환된 좌표 기반 교차로 ID를 통해 교차로의 위치정보를 추출할 수 있는지 확인하였다. 좌표 기반 교차로 ID에서 좌표 값을 추출하여 Point 형태로 표시하였다. 이를 링크와 중첩하여 표시한 결과는 <Fig. 5>와 같으며 링크와 링크가 만나는 지점에서 교차로의 위치가 제대로 표시가 된 것을 확인하였다.



<Fig. 5> Visualization of extracted intersection coordinate

2 좌표 기반 교차로 ID 활용

본 논문에서 제시한 교차로 ID는 물리적인 좌표를 통해 만들어지므로 신규 생성 및 삭제에 용이하며 별도의 GIS 툴 없이 교차로 ID만을 이용하여 간단한 공간 쿼리가 가능하다. 이를 확인하기 위해 구축한 좌표 기반 교차로 ID 자료를 이용하여 공간 쿼리를 진행하였으며 이 결과와 GIS 툴을 이용한 공간 쿼리 결과를 비교하였다.

첫 번째로 교차로 ID만을 통하여 <Table 6>의 1번 교차로와 나머지 3개의 교차로 간의 직선거리를 구하고 가장 인접한 교차로를 판단하는 실험을 진행하였다. <Fig. 6>에서 선정하였던 교차로를 대상으로 하여 1번 교차로를 기준으로 2, 3, 4번 교차로와의 거리를 계산하였다.



<Fig. 6> Target of distance calculation between intersections

교차로 간의 거리를 구한 결과는 <Table 7>과 같다. 즉, 교차로 ID를 통해 <Table 6>의 교차로 중 1번 교차로와 가장 인접한 교차로는 3번 교차로인 것을 판단할 수 있었다.

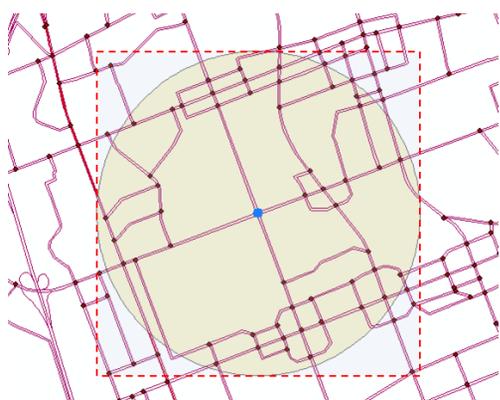
<Table 7> Distance calculation result through intersection ID

No.	Coordinate based intersection ID	Distance(m)
2	1298379262	4867.21
3	1298871666	2148.98
4	1304803466	4443.34

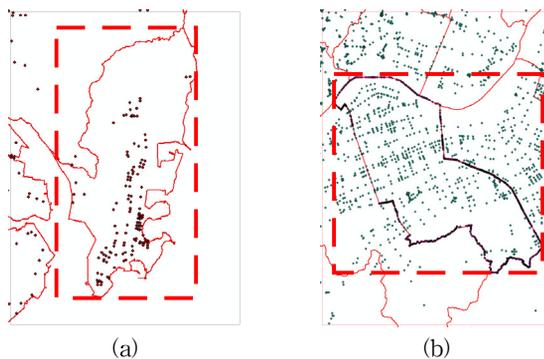
두 번째로 좌표 기반 교차로 ID를 통해 별도의 GIS 툴 없이 인근 교차로를 추출할 수 있는지 확인하였다. 우선 교차로 ID 내에 포함하고 있는 E좌표와 N좌표를 단순 비교하여 특정 지점에서 인근에 위치한 교차로를 추출하는 실험을 진행하였다. 우선 교차로 ID를 통해 서울시 강남구 내 CHA 여성의학연구소 교차로의 N좌표(545310)와 E좌표(203000)를 추출하였다. 각 좌표 값을 비교하여 <Fig. 7>의 빨간 박스와 같이 N 방향 1000m, E 방향 1000m 이내에 위치한 교차로를 검색하였다. 그 결과, 총 70개의 교차로가 추출되었다.

다음으로 교차로 ID를 통해 계산한 거리를 이용해 인근 교차로를 추출하였다. 교차로 ID를 이용하여 CHA 여성의학연구소 교차로와 모든 교차로의 거리를 계산하였다. 이를 이용하여 반경 <Fig. 7>의 초록색 원과 같이 1km 이내의 거리에 위치한 교차로를 검색하였다. 그 결과, 총 50개의 교차로가 추출되었으며 가장 인접한 교차로는 310m 거리에 있는 봉암빌딩 교차로로 검색되었다.

세 번째로 좌표 기반 교차로 ID를 통해 행정구역의 식별이 가능한지 테스트하였다. 시·군·구 행정구역도를 사용하여 시·군·구의 동단, 서단, 남단, 북단 좌표를 취득하였고 이를 통해 <Fig. 8>의 빨간 박스 범위 내에 있는 교차로를 추출하였다. 추출된 교차로와 교차로의 행정구역 코드를 비교하여 정확도를 산정한 결과, 울산 동구는 140개 교차로가 추출되었으며 정확도는 98%였고 서울 강남구는 788개 교차로가 추출되었으며 정확도는 52%로 나타났다. 이는 행정구역의 형태가 모두 달라 정확도에 편차가 있는 것으로 보여 좌표 기반 교차로 ID만을 통해서도 행정구역 식별이 어려운 것으로 판단된다. 따라서 정확한 행정구역 식별을 위해서는 행정구역도를 이용한 공간 쿼리를 하거나 기존 표준 노드·링크 체계에서 사용 중인 권역코드를 이용한 별도의 행정구역 코드 속성 추가가 필요하다. 권역코드를 이용한 행정구역 코드 속성을 추가하는 경우, 별도의 공간 쿼리가 필요 없으며 기존 자료와 호환하기 쉬워진다는 장점이 있다.



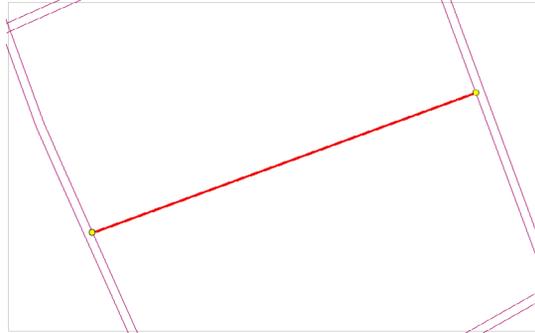
<Fig. 7> Nearby intersection search result



<Fig. 8> Intersection extraction in box shape area: (a) Dong-gu, Ulsan, (b) Gangnam-gu, Seoul

네 번째로 GIS 툴을 사용하여 새로운 도로가 연결되어 교차로가 새롭게 만들어지는 경우 새로운 ID를 부여

하는 테스트를 진행하였다. <Fig. 9>의 빨간색 링크는 기존의 도로에 추가된 도로를 나타낸 것이며 링크와 링크가 연결되는 노란색 Point 지점에서 교차로가 생성되어 새로운 교차로 ID를 부여하는 시나리오로 진행하였다.



<Fig. 9> Creation of new road and intersection

우선 새로 생긴 교차로의 중부원점 기준 TM 좌표계 상 좌표를 취득하였으며 취득한 좌표를 통해 위에서 제시한 방법으로 좌표 기반 교차로 ID를 생성하였다. 생성된 교차로 ID와 기존 교차로 ID들과의 중복여부를 확인한 결과, 다른 교차로 ID와 중복되지 않았다. 물리적인 값인 교차로의 좌표 값을 이용하여 교차로 ID를 생성하므로 별도의 관리 없이도 신규 생성 및 삭제가 가능할 것으로 보인다. 또한 일련번호 및 권역번호 없이 교차로 ID를 부여할 수 있게 되므로 교차로 좌표만 취득된다면 교차로 ID 부여 자동화까지 가능할 것으로 예상된다.

<Table 8> New intersection ID creation

New intersection coordinate		Coordinate based intersection ID
N	E	
543772	204793	673888690
543577	204256	670415263

V. 결론

본 논문에서는 교차로의 좌표를 기반으로 하여 교차로 ID를 구축하는 새로운 구성 체계를 제안하였다. 10m 단위의 중부원점 기준 TM 좌표계와 공간 채움 곡선을 이용하여 4 byte 크기의 좌표 기반 교차로 ID를 설계하였다. 표준 노드 중 교차로를 나타내는 type 101 노드를 대상으로 좌표 기반 교차로 ID를 적용하여 모두 중복되는 값이 없는 것을 확인하였다.

10 byte 크기의 기존 노드 ID는 위치 정보가 없는 일련번호를 포함하고 있어 인접한 노드 간의 위상 정보 파악이 어렵고 데이터 관리에 비효율적이다. 하지만 좌표 기반 교차로 ID는 공간 채움 곡선을 활용하여 4 byte 크기를 가질 수 있도록 하였으며 1차원 값인 ID에 2차원 좌표 값을 포함할 수 있도록 설계하였다. 결과적으로 좌표 기반 교차로 ID는 기존 노드 ID 대비 데이터 크기를 60% 절감할 수 있고 교차로의 위치 정보 제공뿐만 아니라 별도의 GIS 툴 없이 인근 교차로 검색 및 Box 형태의 특정 지역 내 교차로 추출과 같은 간단한 공간쿼리가 가능하다. 이를 통해 교차로에서의 위치 정보를 활용한 공간 정보 서비스 제공이 수월해질

것으로 생각되며 차량의 경제·안전운전을 지원 시 교차로 ID를 통해 인접한 교차로만 추출하여 더 효율적인 교통정보 교환이 가능해질 것으로 예상된다. 또한 교차로 ID 데이터 크기를 절감하여 실시간 교통정보 교환에 더욱 적합할 것으로 기대된다. 마지막으로 교차로가 생성되어 갱신이 필요한 경우에도 좌표를 기반으로 중복되지 않은 새로운 ID를 부여해 업데이트가 가능하다. 개별적인 값을 갖는 좌표의 특성을 이용한 교차로 ID 부여 자동화가 가능할 것으로 보인다.

좌표 기반 교차로 ID는 4 byte 크기에 맞추기 위하여 10m 단위의 좌표를 사용하였다. 표준 노드·링크에서 구축된 교차로들의 평면상 위치가 중복되지 않았으므로 효율적인 데이터 관리를 위하여 3차원 좌표를 포함하지 않았다. 이는 데이터 크기를 줄여 더 신속한 교통정보 교환이 가능할 수 있지만 정밀한 교차로 위치 파악에는 한계가 존재한다. 또한 2차원의 좌표만을 사용하고 있기 때문에 3차원 정보를 제공하는데 한계가 있다.

또한 자율주행 지원을 위해서는 교차로뿐만 아니라 인근 시설물들의 정보가 필요하다. 따라서 보다 정밀한 교차로와 인근 시설물들의 위치정보를 포함할 수 있는 ID 부여 방안은 향후 연구에서 진행하고자 한다. 또한 좌표 기반 교차로 ID 구성 체계를 이용해 새로운 교차로가 생기는 경우 ID 부여 자동화가 가능할 것으로 판단되므로 이와 관련된 방법을 향후 연구에서 진행하고자 한다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 국토공간정보연구사업 (과제명 "자율주행 지원을 위한 도로변화 신속 탐지, 갱신 기술 개발 및 실증", 과제번호: 18NSIP-B145070-01)의 연구비 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Ali A. and Ladhake S. A.(2011), "Overview of space-filling curves and their applications in scheduling," *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, vol. 1, Iss. 4, pp.148-154.
- English OS OpenData, <https://www.ordnancesurvey.co.uk/opendatadownload/>, 2019.08.09.
- Ground Transportation Subcommittee, Federal Geographic Data Committee(2000), *NSDI Framework transportation Identification Standard - Public Review Draft*.
- Holzmueller D.(2017), *Efficient Neighbor-Finding on Space-Filling Curves*, Stuttgart Univ., arXiv:1710.06384v2.
- International Organization for Standard(2018), *ISO/AWI TS 22726-1 Intelligent transport systems - Dynamic data and map database specification for connected and automated driving system applications - Part 1: Architecture and logical data model for harmonization of static map data*, pp.10-32.
- International Organization for Standard(2019), *ISO DIS 20524 Intelligent transport systems - Geographic Data Files(GDF)-GDF5.1*, pp.30-45.
- Jang Y. G., Lee W. S. and Kim H. S.(2008), "Management Plan of Urban Object Identification through Status-Analysis of Existing Object Management Code," *The Journal of GIS Association*

of Korea, vol. 16, no. 1, pp.51-64.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), *Guideline of Buildup, Management of ITS Korea Standard Node·Link*.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), *Standard of Buildup of ITS Korea Standard Node·Link*.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2018), *Act on the Establishment, Management, ETC. of Spatial Data*.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2019), *Enforcement Decree of the Act on the Establishment, Management, ETC. of Spatial Data*.

Society of Automotive Engineers of Japan(2016), *ITS Standardization Activities in Japan*, pp.11-14.

Yu K. B., Kwon Y. W., Choi J. M., Rhew H. S., Nam S. J., Lee H. A. and Hong Y. I.(2011), "Naming and Grading Methods for Crossroads linked to the New Address System," *Journal of the Korean Geographical Society*, vol. 46, no. 5, pp.648-661.