

정밀농업 구현을 위한 농업용 GIS 구축

Construction of Agricultural GIS for Realizing Precision Farming

조성인* 장영창** 여운영*
정희원 정희원 정희원
S. I. Cho Y. C. Chang W. Y. Yeo

1. 서론

정밀농업은 생산성 향상과 환경보존이라는 트레이드 오프(trade-off) 문제를 해결하고 농업을 지속시키기 위해 복미를 중심으로 대두된 개념으로 최근에는 전 세계적으로 생물생산 분야에서 21세기 표준 농법으로 부각되고 있다. 정밀농업은 농업시스템 전반에 대한 통계적인 접근방식에서 변량적인 접근방식으로서의 전환을 내포하며, 이를 온전하게 구현하기 위해서는 다음의 세 가지 범주가 전제되어야 한다.

첫째는 작업 대상이 되는 경작지의 특성, 작물의 생육상태, 기후 등 농작물이 성장하는 주변 환경정보의 위치별 획득이며, 둘째는 원하는 위치에 원하는 농자재를 원하는 만큼 투입하는 기술이다. 마지막으로 전산화된 지리정보시스템 지도와 데이터베이스로 위치별 포장의 특성과 작물의 생육정보를 처리하고 변량형 농작업 기계 제어시스템을 구동하기 위한 농자재 투입 처방을 결정하는 것이다. 첫째와 둘째 범주가 훌륭하게 구축되었다 하더라도 셋째 범주의 의사결정 과정이 이루어지지 않으면 정밀농업의 구현은 불가능하다.

본 연구에서는 정밀농업 구현에 있어 필수 불가결의 요소인 데이터베이스 구축의 필요성에 착안하여 공간 및 속성 데이터 구축 알고리즘의 설계와 데이터베이스를 구성하는 테이블의 스키마 설계를 통해 공간 및 속성 데이터를 구축하고 구축된 데이터베이스와의 통신을 통해 농작업 기계의 위치에 따른 토양 속성값을 추출해 내는 과정을 보임으로써 의사결정 지원시스템으로서의 기능을 시뮬레이션을 통해 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

(1) 공간 데이터베이스

1) 개념

데이터베이스(database, DB)는 현실세계에 존재하는 정보를 여러 가지 목적의 응용분야에서 사용할 수 있도록 체계적으로 표현하여 컴퓨터에 저장해 놓은 것이다. 공간 데이터베이스(spatial DB, SDB)는 위치정보에 기반한 지리정보시스템을 구현함에 있어 반드시 요구되는 공간 데이터(spatial data)를 포함하는 데이터베이스를 의미한다.

2) 데이터 표현방법

응용분야의 요구사항에 따라 다양한 공간 데이터 표현방법이 존재하며, 본 연구에서는 현재 지리정보시스템에서 가장 널리 사용되고 있는 벡터모델을 이용하여 공간 데이터를 표현하였다.

* 서울대학교 농업생명과학대학 농업기계전공

** 서울대학교 농업생명과학대학 농업개발연구소

벡터모델은 데카르트 좌표계를 이용, 공간 객체가 위치하고 있는 지점의 좌표값으로 공간 객체를 표현한다. 벡터모델로 표현되는 공간 객체는 주로 점, 선, 다각형과 같이 단순하고 기본적인 도형들이다. 즉, 공간 객체의 절점(vertex)을 좌표로 표현하고, 이들을 조합하여 표현하고자 하는 다양한 형태의 공간 객체를 표현하게 된다. 그림 1과 표 1은 간단한 공간 객체와 이를 벡터 모델로 표현한 예다.

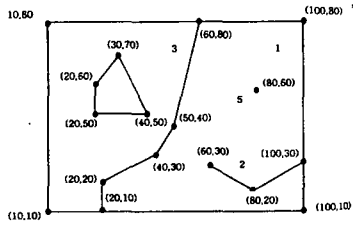


Figure 1. Spatial objects

Feature	No	Position(Vertex data)
Point	1	(80,60)
Line	2	(60,30)(80,20)(100,30)
Polygon	3	(10,10)(100,30)(60,80)...(20,10)(10,10)
Polygon	4	(40,50)(20,50)(20,60)(30,70)(40,50)
Polygon	5	(20,10)(20,20)(40,30)...(100,10)(20,10)

3) 공간 데이터와 비공간 데이터 결합

연구에서 구현하고자 하는 공간 객체, 즉 지형지물(feature)은 실세계에 존재하는 공간 객체중 지리정보시스템을 구성하는 데이터베이스가 필요에 의해 실제로 표현하는 객체의 단위이다. 그림 2는 지형지물의 구성 요소를 나타낸다.

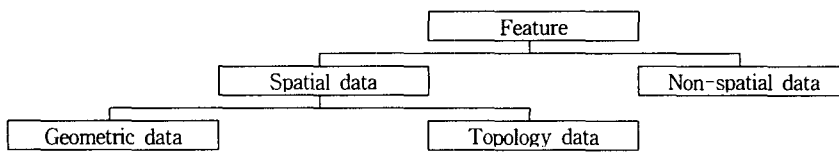


Figure 2. Feature

지형지물은 공간 데이터와 비공간 데이터를 구성되며, 두 데이터는 각기 독립적으로 존재하는 것이 아니라 서로 결합되어 필요한 경우 참조될 수 있어야 한다. 본 연구에서는 공간 데이터와 비공간 데이터를 각기 독립적인 테이블로 구축한 후, 두 테이블을 결합하였다. 이 방식은 현재 관계형 데이터베이스(relational DB, RDB)에서 가장 많이 사용되고 있는 방식으로 두 개의 분리된 테이블을 구축한 후, 외부 참조키(foreign key, FK)를 이용하여 이들 각각의 테이블을 필요에 따라 결합하거나 참조하는 것이다. 그림 3은 공간 데이터와 비공간 데이터를 결합하는 방법을 나타낸다.

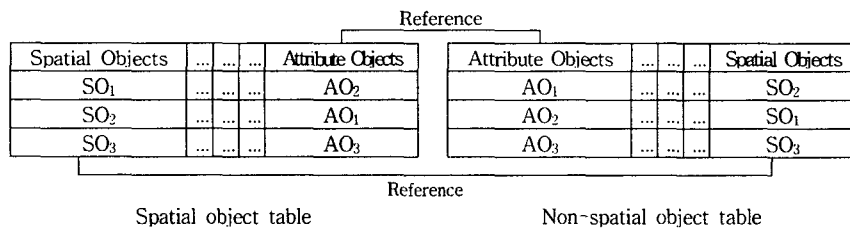


Figure 3. Join operation using foreign reference key

4) 데이터베이스 관리 시스템

데이터베이스 구축 및 관리를 위한 데이터베이스 관리시스템(database management system, DBMS)으로 PostgreSQL을 선택하였다. PostgreSQL DBMS는 공간 객체 구축을 위한 다양한 공간 데이터 타입을 지원하며(표 2), 구입비용이 들지 않고, 프로그램의 크기가 작으며, 운영체

제와 관계없이 구축이 가능하다.

(2) 공간 데이터

1) 공간 데이터 테이블

경작지의 위치 정보를 포함하고 있는 공간 데이터를 저장하기 위해 데이터베이스 내에 구축 대상에 따라 테이블을 따로 구성한 후 테이블의 스키마를 설계하였다. 그림 4와 그림 5는 구축하고자 하는 공간 데이터인 경작지와 농로를 저장하기 위한 field 및 road 테이블의 스키마를 나타낸다.

```

MyDB=# \d field
Table "field"
Attribute | Type      | Modifier
-----+-----+-----
id        | integer  |
field     | polygon  |
map_no    | integer  |
    
```

Figure 4. Schema of field table

```

MyDB=# \d road
Table "road"
Attribute | Type      | Modifier
-----+-----+-----
id        | integer  |
road      | path     |
map_no    | integer  |
    
```

Figure 5. Schema of road table

2) 공간 데이터 구축 알고리즘

공간 데이터 구축은 GPS 수신기를 이용하여 획득한 좌표값을 AutoCAD 프로그램을 이용하여 국립지리원 및 기타 상용 GIS 프로그램에서 기본 포맷으로 사용하고 있는 DXF 파일형으로 변환하여 출력한 후, Java 응용프로그램을 이용하여 PostgreSQL DBMS에 데이터베이스를 구축하였다. 그림 6은 공간 데이터 구축을 위한 알고리즘이다.

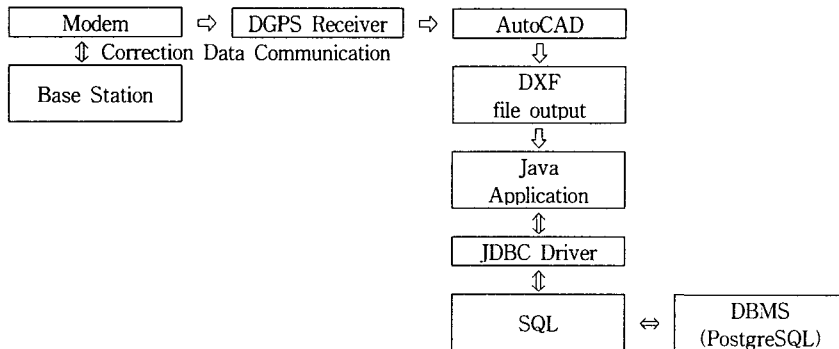


Figure 6. Algorithm for construction of spatial data

(3) 비공간 데이터

1) 비공간 데이터 테이블

경작지의 속성 정보를 포함하고 있는 속성 데이터를 저장하기 위해 데이터베이스내에 구축하고자 하는 속성에 따라 테이블을 따로 구성함과 동시에 각 속성이 나타내는 값의 범위를 인덱스 형태의 테이블로 따로 설계하였다. 그림 7과 그림 8은 구축하고자 하는 속성 데이터의 인덱스 테이블인 om_idx 및 ph_idx 테이블의 스키마를 나타낸다.

```

MyDB=# \d om_idx
Table "om_idx"
Attribute | Type      | Modifier
-----+-----+-----
om_id     | smallint  |
om_min    | float8    |
om_max    | float8    |
    
```

Figure 7. Schema of om_idx table

```

MyDB=# \d ph_idx
Table "ph_idx"
Attribute | Type      | Modifier
-----+-----+-----
ph_id     | smallint  |
ph_min    | float8    |
ph_max    | float8    |
    
```

Figure 8. Schema of ph_idx table

그림 9와 10은 구축하고자 하는 속성 데이터인 OM(organic matter)과 pH를 저장하기 위한

OM 및 pH 테이블의 스키마를 나타낸다. 각 테이블의 fld_no와 idx_no 속성은 다른 테이블과 관계를 맺기 위한 외부 참조키(FK)의 역할을 한다.

MyDB-S Wd om		
Table "om"		
Attribute	Type	Modifier
id	integer	
om_vtx	polygon	
fld_no	integer	
idx_no	integer	

Figure 9. Schema of om table

MyDB-S Wd ph		
Table "ph"		
Attribute	Type	Modifier
id	integer	
ph_vtx	polygon	
fld_no	integer	
idx_no	integer	

Figure 10. Schema of ph table

2) 비공간 데이터 구축 알고리즘

비공간 데이터 구축은 기존의 래스터 파일 형태로 제공되는 속성 자료를 로데이터(raw data)로 활용하였다. 래스터 파일 형태의 속성 자료를 디지털라이저(digitizer, ACG24036-3S, USA)와 AutoCAD를 이용하여 디지털라이징 한 후, DXF 파일 포맷으로 변환하여 출력하였다. 출력된 DXF 파일을 Java 응용프로그램을 이용하여 PostgreSQL DBMS에 데이터베이스를 구축하였다. 그림 11은 공간 데이터 구축을 위한 알고리즘이다.

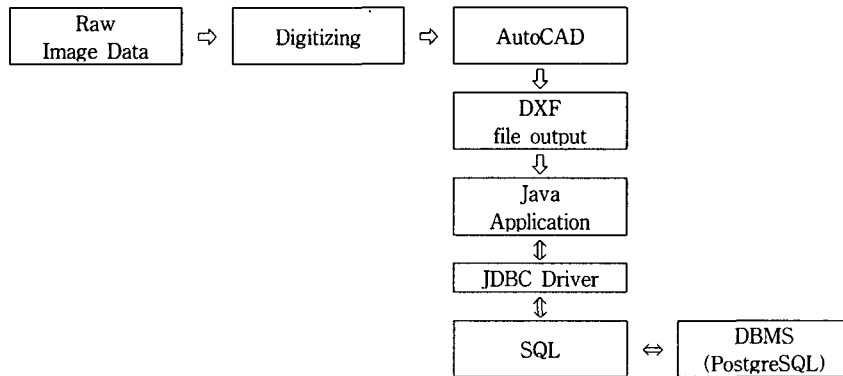


Figure 11. Algorithm for construction of attribute data

3. 결과 및 고찰

(1) 공간 데이터 구축

1) 공간 데이터 테이블

그림 12는 출력된 DXF 파일을 Java 응용프로그램을 이용하여 레이어별로 PostgreSQL 데이터베이스 서버에 저장시킨 모습이다. 그림의 가장 위에 표시된 'select * from field'는 구축된 field 데이터 테이블에서 모든 자료를 출력시키기 위한 질의문(structured query language, SQL)이다.


```

MyDB=# select * from om_idx;
 om_id | om_min | om_max
-----+-----+-----
      4 |  2.501 |  2.888
      2 |  1.601 |  2.101
      3 |  2.101 |  2.501
      1 |  1.478 |  1.601
(4 rows)

```

Figure 16. Attribute index table(OM)

```

MyDB=# select * from ph_idx;
 ph_id | ph_min | ph_max
-----+-----+-----
      5 |  5.801 |  5.929
      1 |  4.941 |  5.201
      2 |  5.201 |  5.401
      3 |  5.401 |  5.601
      4 |  5.601 |  5.801
(5 rows)

```

Figure 17. Attribute index table(pH)

2) 비공간 데이터 출력

그림 18과 그림 19는 데이터베이스 서버에 접속한 클라이언트 프로그램에서 원하는 속성을 선택할 경우 해당 속성이 대상 지역에 출력되는 모습과 대상 지역만을 확대시켜 출력시킨 결과를 보여준다. 경작지내의 파란색의 곡선은 토양 pH 분포를 나타내며 초록색의 곡선은 토양 OM 함량의 분포를 나타낸다.

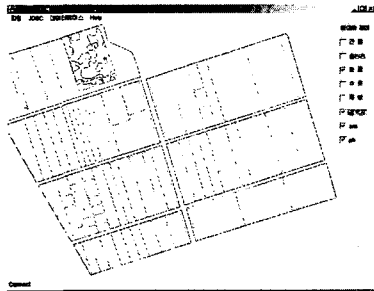


Figure 18. Display of attribute data

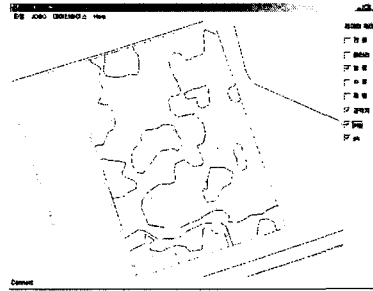


Figure 19. Soil OM/pH

(3) 변량 살포 시뮬레이션

시뮬레이션 프로그램의 구성은 농작업 기계가 현재 위치한 곳에서의 경작지의 속성값 추출을 통해 가변 처리량을 결정할 수 있도록 구축된 데이터베이스와의 의사결정 지원 시스템으로서의 성능을 평가하였다. 그림 20은 구축된 공간 데이터베이스를 이용하여 노즐의 각 위치별로 토양의 속성값을 추출해 내기 위해 가상으로 구성된 변량 살포기이며, 그림 21은 작업기의 주행경로를 나타낸다.

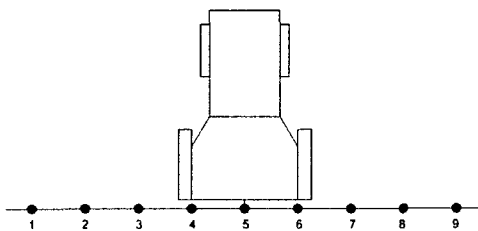


Figure 20. Variable-rate applicator for simulation

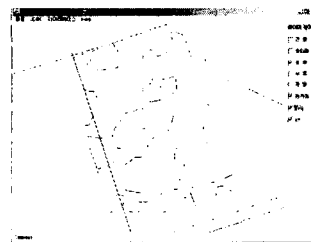


Figure 21. Path for simulation

그림 22 변량 살포기가 이동하면서 각 노즐의 위치에서 토양의 OM 함량을 추출하는 모습을 나타내며, 그림 23은 변량 살포기가 주행 경로를 따라 이동하면서 각 노즐의 위치에서 토양의 OM 함량과 pH 값을 동시에 추출하는 모습을 나타낸다.

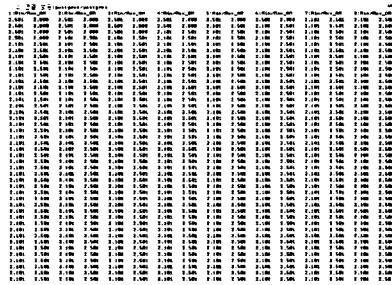


Figure 22. Soil OM at each nozzle

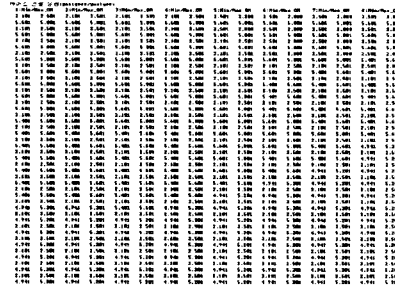


Figure 23. Soil OM & pH at each nozzle

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 정밀농업 구현을 위해 필수 불가결의 요소인 데이터베이스 구축의 필요성에 착안하여 공간 및 속성 데이터 구축 알고리즘의 설계와 데이터베이스를 구성하는 테이블의 스키마 설계를 통해 공간 및 비공간 데이터를 구축하고 구축된 데이터베이스와의 통신을 통해 농작업 기계의 위치에 따른 토양 속성값을 추출해 내는 과정을 보임으로써 의사결정 지원시스템으로서의 기능을 시뮬레이션을 통해 제시하였다. 연구에 사용된 공간 및 비공간 데이터 구축에 있어서의 수작업은 작업자로 하여금 노동 소모적인 작업을 요구하므로 차후의 연구에 있어 보다 자동화되고 개선된 알고리즘의 개발이 요구된다. 또한 구축되어야 하는 경작지의 규모가 커지고 비공간 데이터의 양이 많아지게 되면 데이터베이스내의 검색 성능 향상에 대한 고찰 또한 병행되어야 할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 강인성. 2000. 지리정보시스템을 이용한 소구획 경작지내의 토양 유기물 및 pH 변이 분석. 석사 학위 논문. 서울대학교 대학원
2. 박원규. 2001. 친환경 정밀농업 기계화 기술 개발. 21세기 농업·생물산업의 기계화 및 북한 농업 기계화 현황과 과제. 한국농업기계학회 창립 25주년 기념 심포지엄. pp45-85
3. 공간 데이터베이스. 한국정보통신대학원대학교 부설 정보통신교육원
4. GIS 입문. 한국정보통신대학원대학교 부설 정보통신교육원
5. 유목모. 1996. 지형공간정보론. 동명사. pp172-174
6. AutoCAD 2000 DXF Reference. <http://www.autocad.com/techpubs/autocad/autocad2000/dxf>
7. Usery, E. Lynn., Stuard Pocknee and Broughton Boybell. 1995. Precision Farming Data Management Using Geographic Information Systems. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 61(11), pp1383-1391