

농촌마을개발의 시설배치 및 시각적 평가 지원을 위한 공간계획 모형

A Spatial Planning Model for Supporting Facilities Allocation and Visual Evaluation in Improvement of Rural Villages

김 대 식* · 정 하 우**

Kim, Dae Sik · Chung, Ha Woo

Abstract

The purpose of this study is to develop a 3 dimensional spatial planning model (3DSPLAM) for facilities allocation and visual evaluation in improvement planning of rural village. For the model development, this study developed both planning layers and a modelling process for spatial planning of rural villages. The 3DSPLAM generates road networks and village facilities location automatically from built area plan map and digital elevation model generated by geographic information system. The model also simulates 3-dimensional villagescape for visual presentation of the planned results. The 3DSPLAM could be conveniently used for automatic allocation of roads, easy partition of land lots and reasonable locating of facilities. The planned results could be also presented in the stereoscopic models with varied viewing positions and angles.

Keywords : Spatial planning model, Facility allocation, Visual evaluation, 3D villagescape

I. 서 론

정부가 주도해온 농촌 정주권개발의 최하위 정주 체계 단위로서 농촌마을 개발에 대하여 1960년대에 건설부의 지방적 지역계획, 1970년대의 새마을 운동에 의한 대대적인 마을권, 수개마을 공동으로

마을간 협동권 및 소도읍 기능강화를 위한 읍면단 위 개발사업, 1980년대의 건설부의 지역생활권, 내 무부의 지방 정주생활권 및 농수산부의 농촌개발권 개발사업, 그리고 1990년대에 농림부의 면단위 정 주권개발사업 등 지금까지 여러가지 전략이 강구되 어 왔다. 그러나 어떤 형태의 전략이든 농촌마을 개발계획은 궁극적으로 지역주민의 기본수요를 충족시키고 개발자의 의지를 함께 포용할 수 있도록 수립되어야 한다. 이를 위해서는 다양한 형태의 개발안을 작성하고 각 안에 대한 계획의 결과를 미리 평가할 수 있어야 한다. 계획의 최종 모습은 주로

* 충남대학교 농업생명과학대학 농업공학부
** 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부
* Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5795
fax: +82-42-825-9889
E-mail address: drkds19@cnu.ac.kr

조감도로 표현되는데, 기존의 수작업에 의한 조감도의 작성이나, 컴퓨터를 이용하더라도 수작업에 의한 그래픽 작성은 많은 시간과 비용이 소요된다. 특히 개발 대상이 몇 개로 한정된 특수한 지역이 아닌 대다수의 일반적인 농촌마을이므로 공간계획 수립과정을 자동화하여 다양한 계획안에 대한 결과를 실시간에 재현할 수 있는 기법이 필요하다. 따라서 공간계획으로서 농촌마을 시설배치를 위한 계량적 원리의 전개와 이들을 컴퓨터로 구현할 수 있는 방법론에 관한 연구가 수반되어야 한다.

공간계획 모델링의 방법론적 측면에서는 컴퓨터 그래픽을 이용한 연구가 많이 시도되어 왔다. Quintrand 등(1989)¹⁸⁾은 도시 모의를 위한 원형 시스템을 제안하였고, Egels(1991)⁴⁾는 3차원 도시 형태의 컴퓨터 모델을 개발하였으며, Marabelli(1991)¹⁷⁾는 도시 마스터 플랜의 평면 모델을 개발하였다. 또한 Rabie(1991)¹⁹⁾는 건축학적인 형태를 따르는 컴퓨터 모델을, Batty(1993)¹⁾는 GIS와 CAD를 이용하여 도시형태의 모델링을, Dave and Schmitt(1994)³⁾은 도시 정주의 모의를 위한 원형 정보시스템의 체계를 구성하였다. Radford and Day(1996)²⁰⁾는 도시의 개발 시나리오들에 대한 비교를 통해 도시의 형태를, Kubat(1997)¹⁵⁾는 건물 공간에 대한 계량적인 원리를 위하여 공간구문의 측면에서 9개 읍들의 상대적인 형태 특성을 분석한 바 있다. 나아가 시각적 평가에서 Lee(1991)¹⁶⁾는 지형 표면 위에서 입지의 시각적 평가를, Rahmann(1992)²¹⁾는 설계 평가, 설계 시뮬레이션과 모의 시각적 평가를 위한 연구를, Bishop 등(1997)²⁾은 GIS와 자원모델링을 결합한 시각적 표현의 기법을 개발하여 경관 영향 평가를 시도하였다. 이러한 연구들은 주로 도시공간 모의에 응용되어 왔는데, 도시를 평면으로 간주하여 건축물의 입체적 모의만을 시도한 것이 대부분이었다. 또한 이들은 도시확장의 형태론적 모의를 주 대상으로 하였으며 계획적 측면에서 계획 후의 모습을 재현한 연구와는 다소 거리를 두고 있다. 그 결과 농촌

공간의 특성을 고려한 시설의 기능적인 배치 등에 관한 연구는 아주 미진한 상태에 있는 실정이다. 따라서 농촌마을 개발계획을 대상으로 적용할 수 있는 공간계획 모델링 기법이 필요하다.

시설배치를 위한 연구는 농촌중심마을 필요시설들의 입지 위치를 개념적으로 제안한 연구가 주를 이룬다. 이것은 보다 세부적으로 시설 및 도로배치에 관한 연구로 표현할 수 있는데, 마을 주민들과 배후마을 주민들의 접근성과 주변 생산공간과의 연계를 고려하여 각 시설들의 상대적인 위치를 서술적으로 나타내고 있다. 그러나 이러한 시설배치에 관한 개념적 논리들을 실제 모델링에 적용하기 위해서는 계량화된 수단이 강구되어야 한다.

본 연구의 목적은 물리적 공간계획의 과정을 모델링 과정으로 개념화하고, 이에 따라 토지이용계획과 지형자료를 고려하여 시설배치를 지역 경관에 맞게 입체적으로 구현해 볼 수 있는 공간계획 모형을 개발한 다음 시험지역에 대한 모형의 유용성을 평가하는데 있다.

II. 모형의 개발

1. 공간계획의 모형화

가. 일반적 공간 생성 모형

(Generative spatial models)

도시의 일반적 공간 생성 모형에는 CA(cellular automata), 집성모형(aggregate model), 형상법칙(shape grammars)과 같은 다양한 기법이 존재하는데, 이들은 모두 생물학 및 진화 이론에 그 근거를 두고 있다. 이러한 공간생성 모형은 다음과 같이 네 가지의 모형으로 구분된다.⁵⁾

① 국부 집성 모형(local aggregative model): 도로공간과 건물공간사이의 관계를 모델링 하는 것이다. 이 모형에서는 집, 도로, 이동통로의 세 가지를 고려하여, 집을 나타내는 셀은 반드시 도로 셀과 연결되도록 규칙을 설정한다.

② 도로-절점 생성 모형(path node generator model): 공간을 이동공간과 두 종류의 개방공간으로 나타내고 여기에 거리와 도로를 구분하여 5가지로 구성한다.

③ 거리-건물 사용 모형(street and building use model): 도로-절점 생성 모형과 같으나 건물의 형태를 고려한다.

④ 세부부분 생성 모형(subdivision generator): 거리-건물 사용 모형과 비슷한 개념으로 보다 규칙적이고 복잡한 규칙을 적용한 모형이다.

이와 같은 공간생성 모형은 도시의 성장을 표면적 또는 형태학적으로 모의하는 것이다. 주로 도시 지역과 비도시지역과의 국부적인 관계, 건물공간과 도로공간과의 인접 관계 등의 논리적 지식기반을 바탕으로 자연발생적인 도시의 팽창을 재현하는데, 여기서는 토지이용의 질서를 고려하지 않는다. 예를 들어, 격자단위의 모델링에서 하나의 도로 격자가 생성되면 그 옆에 새로운 건물 격자가 생성되고 이어서 공간격자가 생성되는 임의의 규칙을 따라서 계획적 의지가 없이 도시의 확장을 모의하는 것이다. 그러나 계획적 측면에서는 계획용지의 적정 확보, 토지용도구분, 적절한 시설배치에 관한 구체적 방법론 등의 보다 체계적이고 다양한 분석 단계가

가미되어야 한다.

나. 물리적 공간계획의 모형화

도시 또는 지역의 계획은 문제과약(problem diagnosis)-목표설정(goal articulation)-예측 및 전개(prediction and projection)-대안 작성(alternative plan)-타당성 분석(feasibility analysis)-평가(evaluation)-최종안 채택의 일반적인 계획과정(planning process)을 따른다.⁸⁾ 여기서 문제과약-목표설정-예측 및 예측분석의 단계는 비물리적계획(non-physical planning)으로서 질적, 양적 측면에서 지표를 추출하여 공간 및 시설의 수요를 결정하는 것이다. 대안작성은 물리적 계획으로서 계획의 평면상 배치, 토지 용도의 구분배치, 각종 시설의 공간상 배치(spatial distribution)를 의미한다.^{8),20)} 타당성 분석과 평가에서는 물리적 분석과 평가 수단을 바탕으로 의사결정자 지원을 통하여 최종안을 채택할 수 있게 하는 것이다.

본 연구에서는 대안작성을 물리적 계획 단계로서 모델링을 위한 세부 단위계획과 모델링 모듈을 구분하여 Table 1과 같이 제시하였다.

Table 1과 같이, 일반적인 계획과정에서는 하나의 항목으로 분류되는 대안작성을, 본 연구에서는

Table 1 Detail process of physical and spatial planning for modelling

Planning process	Planning layer in actual process	Modelling contents	Planning layer in modelling process
Alternative plan	land use planning	planning of built area, paddy field, field, forest, road, stream, water sources.	land use planning of target area
	land rearrangement	division of area demarcation, land rearrangement, land reclamation, etc.	land rearrangement in each land
	detailed land use allocation	allocation of point(building), line(road, stream), polygon(space, (paddy) field)	detailed land use allocation in facilities and land
	facilities construction	attachment of 3D* facilities object at each facilities land using 3D facilities object library	3D facilities object attachment on the each facility land
	landscape planning	static and dynamic airspace by rendering and animation through attachment of each material quality and creating eye path	airscape generation using rendering & animation

* 3D: 3 dimension

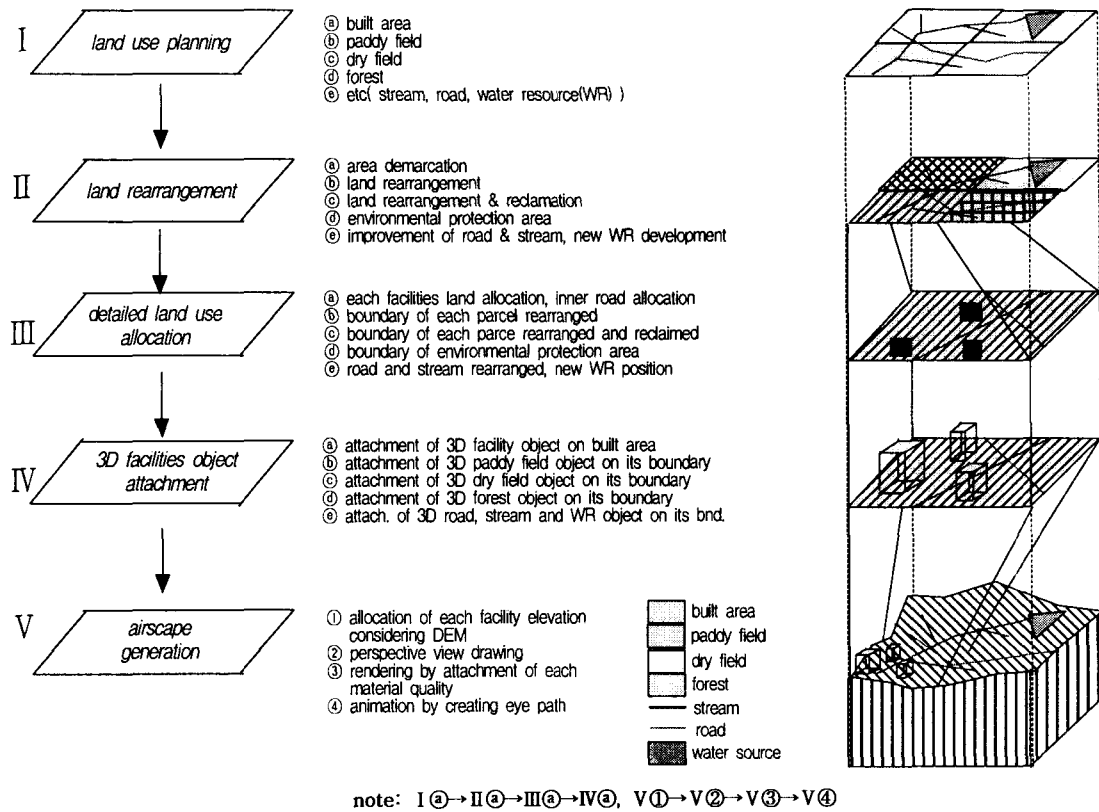


Fig. 1 Planning layer and modelling process of physical planning, PLAM process

도상계획 및 설계, 시행, 완공의 단계를 거치는 실제 공정을 고려하여 토지이용계획(land use planning)→구획정리(land rearrangement)→시설용지 구분(detailed land use allocation)→시설공사(facilities construction)→경관계획(landscape planning)의 계획층(plan layer)으로 분류하였다. 이들은 순차적으로 이루어지는 것으로서 모델링 과정에서는 각각에 대하여 토지이용계획(land use planning)→구획정리(land rearrangement)→시설용지 구분(detailed land use allocation)→3차원 시설 부착(3D facilities object attachment)→조감도 생성(airescape generation)으로 설정하였다. 이들에 대하여 Fig. 1과 같이 개념적 흐름관계를 자세히 정의하였다. 토지이용계획에서는 농촌마을에 해당되는 주거지(built area), 논(paddy field),

밭(field), 임야(forest), 기타(etc.)로서 하천(stream), 도로(road), 용수원(water source)로 분류하였다. 이들을 각각 하나의 단위 계획(unit planning)으로 정의하고, 모델링 단계의 계획층별로 동일 수준의 계획 특성을 가지는 단위 계획을 수립(모델링)하도록 설정하였다. Fig. 1의 계획층 및 모델링 과정에서는 이 단위계획들(a),(b),(c),(d),(e)이 각 계획층에서 동시에 수립되고 다음 단계의 계획층으로 진행되는 것을 나타내고 있다. 또한 각 단위계획은 각 단계에서 순서대로 진행된 I (a)→II (a)→III (a)→IV (a) 후에 최종 조감도 생성 단계에서 각 단위계획들을 종합하여 3차원으로 나타내도록 하였다. Fig. 1의 과정을 본 연구에서는 PLAM process (Planning Layer and Modelling process)로 명명하였다.

2. 농촌마을 공간계획 모형의 개발

본 연구에서 제안된 PLAM process의 적용 예로서 농촌마을 공간계획 모형을 개발하기 위하여 농촌마을 주거지(I㉠→II㉠→III㉠→IV㉠, V㉠→V㉡ in Fig.1)에 한하여 각 계획층별 알고리즘을 전개하였다. 모형의 단순화와 각 계획층의 계량적 구현을 위하여 다음과 같은 전제조건을 설정하였다.

첫째, 마을계획 후의 전체경관을 지형을 고려하여 모의하는데 의미를 두고 시설배치에서 시설들의 상호 관계를 고려하지 않았다.

둘째, 시설배치는 격자단위로 하고, 도로와 건물의 최소 단위로 사용하였다. 점시설은 격자별로, 선시설은 격자의 직렬연결로, 면시설은 격자의 집합으로 표현하였다.

가. 토지이용계획 (land use planning)

지역단위 또는 유역단위의 토지이용계획은 이용형태별 적합성을 분석하고 토지이용의 경합이 일어날 경우에는 계획이 지향하는 바에 따른 우선순위를 고려하여 그 지점에서 토지이용형태를 결정하는 일반적인 용지 적합성 구분(suitability analysis)법을 이용하여 수립할 수 있으며, 농촌마을의 소단위에 대한 개발계획 수립을 위해서는 마을 개발 용지 확보를 우선적으로 고려한 토지이용계획 모형^{11),12)}을 이용할 수 있다. 이처럼 토지이용계획 수립에는 기존의 다양한 방법을 사용할 수 있으므로 본 연구에서는 별도의 모듈로 구분하여 토지이용계획도를 모형의 입력자료로 설정하였다.

나. 구획정리 (land rearrangement)

농촌마을 주거지 내부에서 구획정리는 기존마을과 신규 확보된 마을 개발용지에 대하여 구획 또는 획지를 구분하는 것을 의미하는 것으로 본 연구에서는 마을 내부 도로의 배치와 일치하는 것으로 하였다. 도로의 배치에 관한 기준설정을 위하여 기존의 사례연구를 검토할 수 있다. 도로종류별로 기능

을 분류한 배치, 기존도로를 중심으로 주변지역과 원활하게 소통되도록 배치, 주택용지면적 20%를 기준으로 격자형으로 배치, 중심마을 통과도로를 간선도로로 하고 나머지 구획도로를 간선도로를 기준으로 배치, 최소 완속 차선평을 3 m, 구획도로의 장축은 120~150 m 간격으로 설치하고, 구획도로의 단축은 30~60 m 간격으로 설치가 그것이다.¹⁰⁾

이로부터 구획구분 또는 도로배치를 위한 기준으로서 장축을 형성하는 구획도로는 마을통과 또는 지나가는 주간선도로(국도)와 평행하게 120~150 m의 간격으로, 단축을 이루는 도로는 장축에 직교하여 30~60 m 간격을 이루도록 설정하였고, 주거지 외곽에 외곽도로를 생성하도록 하였다. 이와 같이 장축구획도로(long axial road), 단축구획도로(short axial road), 외곽도로(ring road)를 생성하면 마을 주거지의 구획구분이 되는 것이다. 각 도로의 배치에 관한 형태학적 알고리즘을 다음과 같이 정의하였다. 도로배치에서는 격자의 인접관계를 고려해야하므로 본 연구에서는 3×3의 러빙윈도우(roving window)를 이용하였다.

(1) 장축구획도로

장축구획도로를 형성하는 격자는 주간선도로에서 누가거리도와 단축도로의 거리(장축과 장축사이의 거리)로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CL_{ij} = \left(\frac{dp_{ij}}{s_s}\right)\left(\frac{1}{an}\right)x_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 CL_{ij} 는 i, j 격자의 값으로 $CL_{ij}=1$ 이면 i, j 격자는 장축구획도로이다. dp_{ij} 는 i, j 격자의 주간선도로에서 누가거리 값, s_s 는 입력되는 장축도로간의 거리(short step), x_{ij} 는 더미변수로서 i, j 격자가 마을 주거지이면 1, 그렇지 않으면 0이다. 식 (1)에서 an 은 누가거리(dp_{ij})를 장축도로간의 거리(s_s)로 나눈 정수값이다.

(2) 단축구획도로

단축구획도로도 식 (1)에 의해 구할 수 있다. 식 (1)에 dp_{ij} 는 i, j 격자의 주간선도로와 직교하는 기준선에서 누가거리 값, s_s 는 입력되는 단축도로 간의 거리(long step), an 은 누가거리(dp_{ij})를 장축도로간의 거리(s_s)로 나눈 정수값을 대입하면 되는 것이다. 여기서 $CL_{ij}=1$ 이면 i, j 격자는 단축구획도로이다.

(3) 외곽도로

외곽도로 격자는 주거지의 경계를 형성하는 것으로 3×3의 러빙윈도우에 의해 구할 수 있다. 그러나 Fig. 2에서와 같이 주거지 경계에 있는 격자를 3×3의 러빙윈도우로 쉽게 구할 수는 없다. 이것은 경계선에 있는 격자가 가지는 인접격자와 관계를 쉽게 특성화 하기 어렵기 때문이다.

그러므로 본 연구에서는 계산의 편의를 위해 이미 생성된 장축구획도로의 끝 격자(dangle lattice)를 시작점으로 외곽도로를 생성토록 하였다. 즉, Fig. 2에서 계산격자(processing cell)는 외곽도로가 되며, 다른 외곽도로를 검색하는 시작점이 되는 것이다.

3×3 roving window built area long axial road short axial road processing cell

외곽도로 시작 격자는 다음과 같이 간단한 논리식으로 검색할 수 있다.

$$CO_{ij} = b_{ij}x_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

여기서 CO_{ij} 는 i, j 격자의 값으로 $CO_{ij}=1$ 이면 i, j 격자는 외곽도로 격자이다. x_{ij} 는 더미변수로서 i, j 격자가 장축구획도로 격자이면 1, 그렇지 않으면 0이다. 여기서 b_{ij} 는 다음 식 (3)의 주위격자 검색 방정식에 의해 판정되는 것으로 1 또는 0의 값을 가진다.

$$B_{ij} = \frac{1}{8} \left(\sum_{n=0}^7 v_n \right) \dots \dots \dots (3)$$

여기서 B_{ij} 는 계산격자 i, j 의 주위에 있는 8개 격자 중에서 주거지(built area)가 차지하는 비율이며, n 은 Fig. 2에 있는 러빙윈도우의 주위격자를 나타내는 첨자, v_n 은 주위격자의 토지이용 상태를 나타내는 것으로 주거지이면 1, 그렇지 않으면 0이다. 식 (3)으로부터 b_{ij} 는 다음과 같이 구한다.

$$b_{ij} = 1, \text{ if } B_{ij} < 0.75 \dots \dots \dots (4)$$

$$b_{ij} = 0, \text{ else}$$

여기서 $B_{ij}=1$ 이면 i, j 격자는 주거지 내부격자이므로 $B_{ij} \leq 0.875$ 이면 (7/8이 주거지) i, j 격자는 경계선에 있는 격자가 된다. 그러나 주위격자 중에서 먼저 생성된 외곽도로 격자가 최소한 1개는 있어야 하므로 $B_{ij} \leq 0.75$ 일 경우에 i, j 격자가 외곽도로 격자가 된다. 그런데 여기서 $B_{ij}=0.75$ 일 경우에는

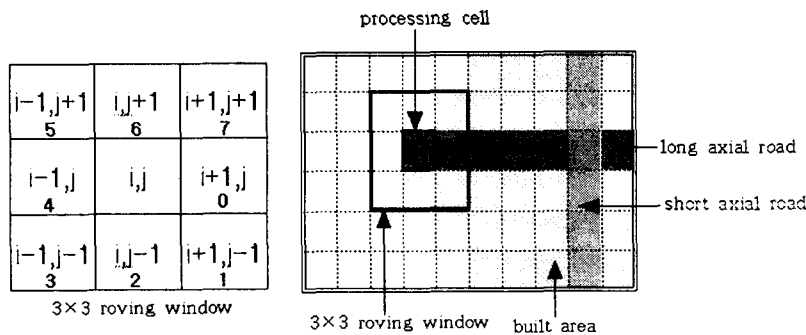


Fig. 2 Conceptual grid for ring road generation

다음 Fig. 3의 경우에 해당되는데, 이때 도로격자가 i, j 와 $i-1, j$ 로 중복되므로 i, j 격자는 외곽도로에서 제외된다. 그러므로 식 (4)의 경우에 i, j 격자가 외곽도로의 범주에 들어가는 것이다.

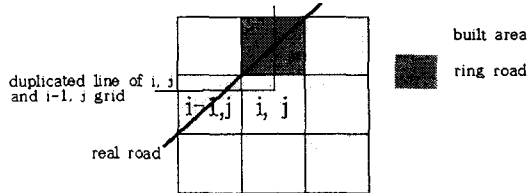


Fig. 3 Distribution example of ring road in case of $B_{ij}=0.75$

외곽도로 시작 격자로부터 외곽도로 격자를 구하는 알고리즘을 식 (2)로부터 다음과 같이 정의하였다.

$$CO_{ij} = g_{ij}b_{ij}x_{ij} \dots \dots \dots (5)$$

$$g_{ij} = o_{ij}p_{ij} \dots \dots \dots (6)$$

여기서 o_{ij} 와 p_{ij} 는 i, j 격자 주위에 각각 주거지 격자와 외곽도로 격자의 유무에 따라 1 또는 0의 값을 가지는 것으로서 Fig. 4와 같이 외곽도로 격자의 위치와 인접격자의 토지이용상태에 따라 8가지 경우로 구분하여 정의하였다. Fig. 4에서 ①의 경우에 대해서 대표적으로 나타내면 다음과 같다.

$$o_{i,j} = 1, v_{i,j-1} \neq \text{built area or } v_{i,j+1} \neq \text{built area} \dots \dots \dots (7)$$

$$p_{i,j} = 1, v_{i,j-1} \neq \text{ring road or } v_{i,j+1} \neq \text{ring road}$$

여기서 $i, j-1$ 과 $i, j+1$ 격자는 ①에서 ×표시한 격자들이다.

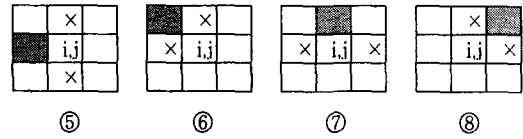
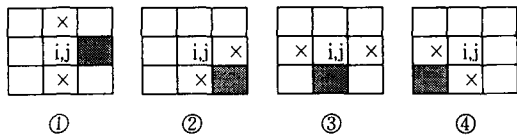


Fig. 4 The search method of ring road according to position of ring road in neighborhood

다. 시설용지 구분 (detailed land use allocation)
본 연구에서 시설용지의 구분은 시설배치의 원리에 따라 격자별 시설의 종류를 결정하는 것으로 포괄적인 의미에서 시설배치라는 용어를 사용하였다. 기존에 일부 제시된 시설배치의 개념적 원리를 검토할 수 있으나, 여기서는 모형의 전제조건에 따라 시설 상호 관계를 고려하지 않았다.

시설 상호간의 관계를 고려하지 않을 경우 농촌 마을 시설은 기하학적 형태로 점, 선, 면시설의 세 가지로 구분할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 주거지(built area)내에서 시각적 판단이 가능한 농촌마을 시설들(상수도, 전기시설 등은 모형의 구성요건을 고려하여 제외함)에 대하여 Table 2.와 같이 점시설로서 주택 및 일반 건물을 건물(builing), 선시설로서 도로(road), 점시설과 선시설을 제외한 면시설을 공터(vacant)의 세 가지로 구성하였다.

도로를 제외한 주거지는 기존 마을 주거지와 신규개발용지를 분리하여, 기존 마을 주거지에는 기존 건물이 있는 격자와 건물이 없는 격자를 구분하여 건물과 공터 객체를 배치하도록 하였으며, 신규 개발용지에는 건물과 공터의 두가지 객체를 임의로 배치하였다. 일반 농촌마을의 경우 도시와는 달리 건물이 꼭 찬 형태를 보이지 않으므로 마을 개발

Table 2 Facilities classification of rural village by geometric method

Geometric classification	Contents	Facility object
point	building, house, etc.	building
line	road, etc.	road
polygon	space, court, etc.	vacant

용지의 경우에 무작위 정규 난수를 발생하여 50%~70%의 범위에서 건물 객체를 임의로 배치하였다. 이들은 신규확보지역, 기존마을지역으로 구분하여 다음과 같이 정의하였다.

$$f_{i,j} = f(N) \dots\dots\dots (8)$$

여기서 $f_{i,j}$ 는 시설종류를 나타내는 특성값으로 정규난수(N)의 함수이다.

(1) 신규확보지역

신규확보지역 격자에 대하여 다음과 같이 격자단위의 시설용지를 구분하였다.

- $f_{ij} = 1, 0 < N \leq 0.5 \rightarrow$ building object 1..... (9)
- $f_{ij} = 2, 0.5 < N \leq 0.6 \rightarrow$ building object 2
- $f_{ij} = 3, 0.6 < N \leq 0.7 \rightarrow$ building object 3
- $f_{ij} = 4, 0.7 < N \leq 1.0 \rightarrow$ vacant object 1

(2) 기존마을지역

기존마을지역 격자에 대해서는 다음과 같이 시설용지를 구분하였다.

- $f_{ij} = 5, 0 < N \leq 0.6 \rightarrow$ building object 4.....(10)
- $f_{ij} = 6, 0.6 < N \leq 1.0 \rightarrow$ vacant object 2
- $f_{ij} = 7, \text{existing building grid} \rightarrow$ building object 5

라. 3차원 시설 부착

(3D facilities object attachment)

본 연구에서는 3차원 그래픽을 위하여 Auto-

CAD를 이용하였다. AutoCAD를 이용하여 시설을 격자단위로 배치하도록 3차원 객체(object)를 개발하였는데, Fig. 5는 본 연구에서 임의로 구성한 3차원 객체 라이브러리의 예를 나타낸 것이다. 이 객체들은 정방형의 형태를 가지며, 격자에 시설종류별로 삽입되도록 하였다. 격자별 3차원 객체의 배치에 관한 알고리즘은 해당 시설용지에 객체를 삽입하면 되는 것이다. 신규확보지역과 기존마을지역의 시설에 대해서는 식 (9)와 식 (10)에 각 격자별로 배치될 객체(object)의 종류를 할당하였으며, 도로객체는 평면객체로서 다음과 같이 배치하였다.

$$f_{ij} = 8, \text{principal road} \rightarrow \text{road object 1} \dots (11)$$

$$f_{ij} = 9, \text{inner road} \rightarrow \text{road object 2}$$

마. 조감도 생성 (airscape generation)

시설배치가 완료된 후에는 DEM으로부터 각 격자의 고도자료를 고려하여 시설이 삽입되도록 하므로써 최종 조감도를 생성할 수 있다. 본 연구에서는 고도자료를 고려한 3차원 시설부착과정을 AutoCAD의 매크로 언어인 AutoLISP 코드로 자동으로 작성하도록 하였다. 이로부터 조감도는 이 AutoLISP 코드의 실행에 의해 생성되도록 하였다. 그러나 렌더링(rendering)과 동화상(animation)의 작성은 또다른 모듈로 구분하여 3DSPLAM의 개발에서 제외하였다.

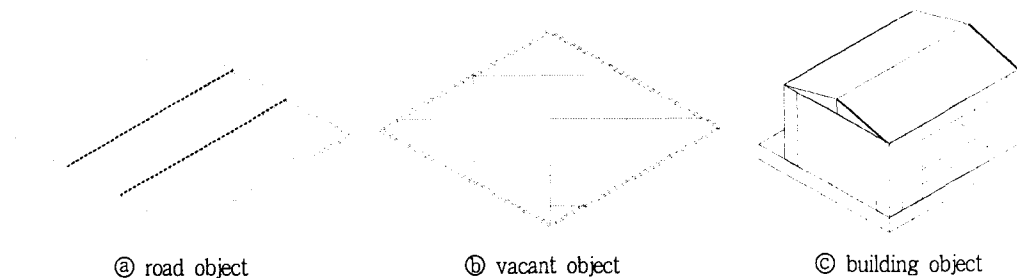


Fig. 5 Examples of 3D object library

3. 모형의 흐름도

지금까지 전개된 각 계획층의 알고리즘에 따라 농촌마을 공간계획 모형(3 dimensional spatial planning model, 3DSPLAM)을 개발하였다. Fig. 6은 3DSPLAM의 흐름도를 나타낸 것이다. 토지이용 계획도와 기존의 시설용지에 관한 격자단위의 ASCII자료를 입력받은 후, 장단축도로의 입력조건을 고려하여 도로를 생성하고 구획을 구분한다. 그 다음 수치고도자료를 입력받아 우선 도로객체를 할당된 도로용지에 배치하고 주거지를 비롯한 시설용지에는 각각 설정된 시설들을 배치한다. 이렇게 배치에 관한 원리를 AutoCAD의 매크로 언어인 AutoLISP 코드로 생성한 후에 이것을 AutoCAD에서 실행하므로써 3차원 입체마을을 재현할 수 있도록 하였다.

III. 모형의 적용

1. 입력자료 구축

모형의 적용 대상 마을은 농촌 문화마을 사업의 시험지역으로서 개발계획이 시행된 강원도 횡성군 우천면 우항마을로 선정하였다. 우항마을은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 하천에서 가깝고, 국도가 마을을 지나가며, 마을의 주요거점은 남쪽에 있는 작은 산의 북쪽사면에 입지하고 있다.

모형의 지도 입력자료는 고도, 기존마을 토지이용도, 개발용지가 확보된 토지이용계획도, 장축 구획도로를 위한 주간선도로에서 누가거리, 단축 구획도로를 위한 임의의 기준도로에서 누가거리의 격자지도이다. 이들은 구축된 벡터(vector)자료로부터 격자지도로 처리되어 모형에 입력되는데, 본 연구에서는 10×10 m의 격자지도를 사용하였다. 여기서 10 m의 격자크기를 선택한 이유는, 시설배치의 최소단위로서 설정되어야 할 격자의 크기는 다양하게 고려해볼 수 있으나 농촌주택, 도로, 기타시설들을 하나의 통일된 격자로 표현해야하는 본 모

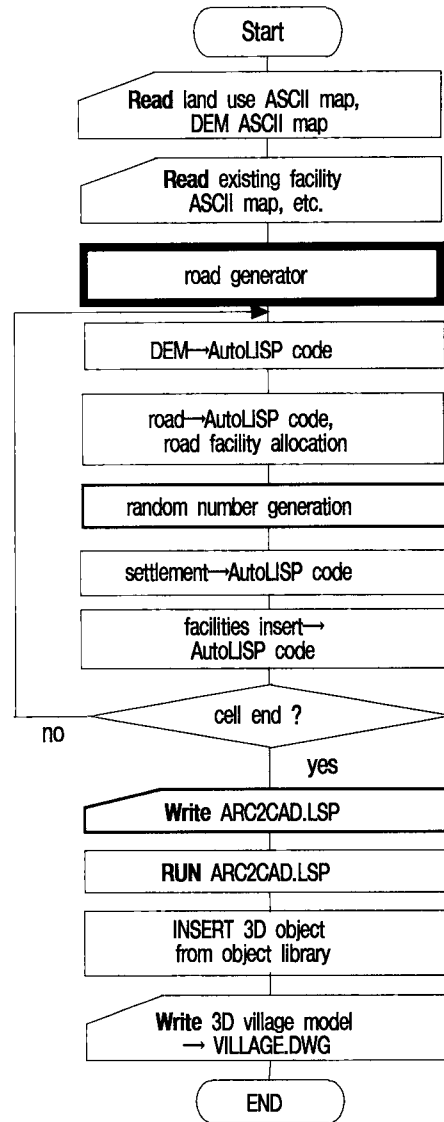


Fig. 6 Flowchart of 3DSPLAM

형의 한계를 고려할 때 10 m가 적절할 것으로 판단되었기 때문이다. Fig. 8은 모형의 입력자료로서 기존마을 주거용지를 포함한 신규확장 개발대안 토지이용계획도이다.¹²⁾

2. 적용결과

가. 도로 생성 결과

토지이용계획도로부터 구획도로의 장축은 100

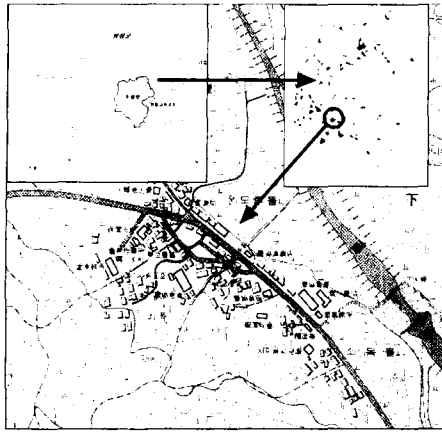


Fig. 7 Location map of Woohang

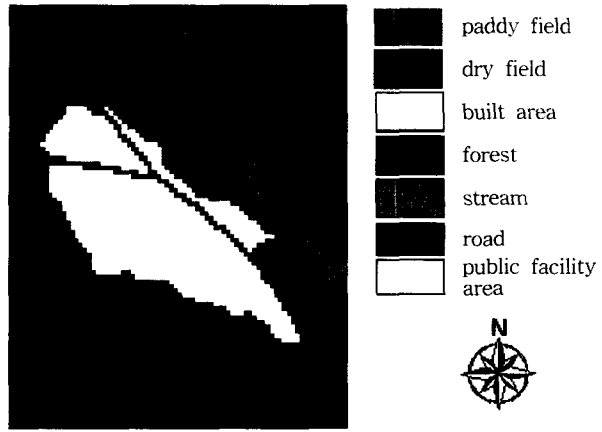


Fig. 8 Land use map of Woohang

m 간격, 단축은 50 m의 간격으로 장단축 구획 도로배치를 모의하고, 확보된 주거지의 외곽에 외곽 도로를 생성하였다. 이로부터 모의발생된 토지이용 및 도로계획도는 Fig. 9와 같이 나타났다. 결과에서 보는 바와 같이 주어진 원리에 따라 계획지역의 구획을 잘 구분하고 있어 보다 다양하고 정교한 원리를 도입하면 모형의 활용성이 더욱 증가될 것으로 판단되었다. 결과에서 개발계획 대안별로 사용자의 도로배치 간격의 입력조건에 따라 도로를 자동으로 배치할 수 있음을 알 수 있었다.

역으로 설정하고 본 연구에서 설정한 시설배치 원리에 따라 완성된 Fig. 9의 도로배치도에 시설을 자동으로 배치하고, 이를 AutoCAD에서 나타낸 결과를 Fig. 10에 나타내었는데, 공간계획의 평면도로써 크게 도로, 시설(주택) 및 공터(면적시설 포함)의 세 가지를 대표적으로 나타내고 있다. 마을의 모습을 3차원으로 보다 선명하게 재현해 볼 수 있도록 실제 고도자료를 2배로 과장하여 Fig. 11에 나타내었다. 이들의 결과로부터 토지이용계획 대안에 대한 3차원 입체마을을 실시간에 구성할 수 있었으며, 결과를 시각적으로 평가할 수 있음을 확인하였다.

나. 시설 배치 및 공간계획 모의 결과
기존 토지이용도의 주거지역을 기존마을 주거지

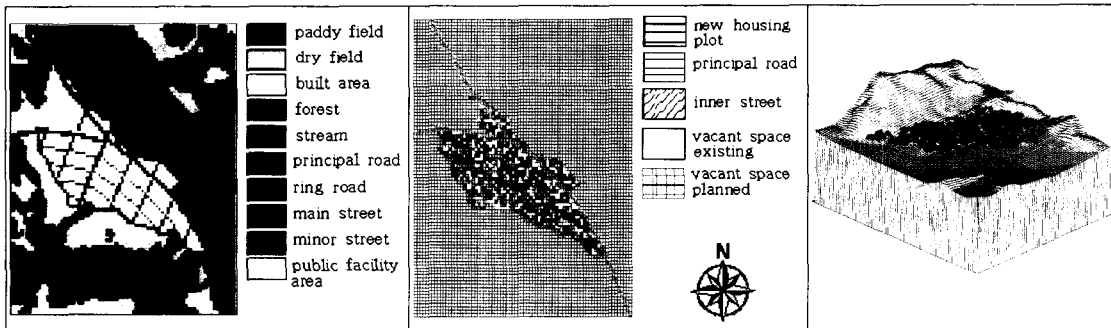


Fig. 9 A generated road map

Fig. 10 A facility allocation map

Fig. 11 3D view of village

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 수치고도자료를 바탕으로 토지이용계획도로 부터 도로를 생성하고 주거지에 시설을 계량화된 원리에 따라 배치하여 농촌마을 개발계획 후의 모습을 3차원으로 실시간에 모의할 수 있는 공간계획 모형을 개발하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공간계획의 모형화를 위하여 계획과정을 단위 계획 층별로 분류하고, 각 단위계획별로 단계적으로 모델링할 수 있도록 한 PLAM process(planning layer and modelling process)를 개발하였으며, 적용 예로서 농촌마을 개발계획 용지에 격자단위의 도로와 시설을 배치할 수 있는 알고리즘을 구현하고 공간계획 모형인 3DSPLAM(3 dimensional spatial planning model)을 개발하였다.

2. 계획 후의 마을 전체 모습에 대한 시각적 평가의 전제조건에 따라 시설상호간의 관계를 정밀하게 고려하지 않았으나, 시설배치를 위하여 농촌마을 주거지(built area) 내에 있는 시설을 도로, 건물 및 공터객체로 구분하였다. 또한 농촌공간의 조방성을 고려하여 건물객체를 정규난수에 따라 50~70%의 비율로 배치하도록 하였으며, 기존마을의 용지와 신규 확보 용지를 구분하여 시설을 각각 배치하여 최종적으로 AutoCAD에서 3차원으로 구현하도록 하였다.

3. 모형의 적용에서는 구획도로의 장축은 100 m 간격, 단축은 50 m의 간격으로 모의 발생시키고, 확보된 주거지의 외곽에 외곽도로를 배치하였고, AutoCAD에서 공간계획의 평면도와 마을의 입체모형을 다양한 위치와 각도에서 재현해 볼 수 있었으며, 이로부터 계획 후의 모습을 시각적으로 평가할 수 있도록 3차원 입체모형을 자동으로 생성할 수 있는 가능성을 확인하였다.

이로부터 시설들의 기능을 고려한 배치원리를 계량화하므로써 시설들을 자동으로 배치할 수 있음을 알 수 있었다. 이것은 기존의 수작업에 의한 시설

들의 배치로부터 경관을 모의해오던 고비용과 많은 시간을 요하는 경관모의 시스템에 효율적으로 적용이 가능할 것으로 판단된다. 앞으로 시설상호간의 관계를 고려한 세분화된 시설배치기준을 도입하면 공간계획 모형의 활용성이 증대될 것으로 판단되었다. 또한 다양한 개발 대안별로 계획의 결과를 실제 마을의 지형을 고려하여 입체적으로 신속하게 출력하므로써 개발자의 의사결정 지원과 지역 주민의 계획 참여에 효율적으로 기여할 수 있을 것으로 보인다.

References

1. Batty, M. 1993. Urban modeling in computer-graphic and geographic information system environments. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 20: 663-688.
2. Bishop, I. D., C. Karadaglis. 1997. Linking modelling and visualisation for natural resources management. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 24: 345-358.
3. Dave, B. and G. Schmitt. 1994. Information systems for urban analysis and design development. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 21: 83-96.
4. Egels, Y.. 1991. TRAPU: A tool for data capture and visualisation of the urban fabric. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 18: 19-24.
5. Erickson, B. and T. Lloyd-Jones. 1997. Experiments with settlement aggregation models. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 24: 903-928.
6. Hoengsunggun. 1991. Master plan and design for development project of center village in Woocheon district. (in Korean)
7. Hong, Kyung Hee. 1993. *Houses and Rural Geography*. Seoul: Bupmoonsa. (in Korean)
8. Hwang, Yong Joo. 1995. *The principles of urban*

- planning. Doseochoolpan Nokwon. (in Korean)
9. Jaarsma, Catharinus F.. 1997. Approaches for the planning of rural road networks according to sustainable land use planning. *Landscape and Urban Planning* vol. 39: 47-54.
 10. Kim, Dae Sik. 1999. A study on development of a simulation model for rural key villages planning using geographic information system and multi-criteria evaluation method. Ph.D. Thesis. Suwon, Kyunggi Prov.: Seoul National University. (in Korean)
 11. Kim, Dae Sik, Ha Woo Chung, and Jin Yong Choi, 2002, A land use planning model for supporting improvement of rural villages (I) - Development of model using GIS, CA and MCE -. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 44(4): 85-98. (in Korean)
 12. Kim, Dae Sik, Ha Woo Chung, 2002, A land use planning model for supporting improvement of rural villages (II) - Application of model using GIS and Aerophoto -. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 44(5): 67-78. (in Korean)
 13. Kongjoogun. 1991. Master plan and design for development project of center village in Kyeryong district. (in Korean)
 14. Kraman, Vickie L.. 1987. Application modeling tools for site analysis. *GIS '87-San Francisco: Second Annual International Conference*. 611-620.
 15. Kubat, A. S.. 1997. The morphological characteristics of Anatolian fortified towns. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 24: 95-123.
 16. Lee, Jay. 1991. Analyses of visibility sites on topographic surfaces. *International Journal of Geographical Information Systems* 5(4): 413-429.
 17. Marabelli, P., A. Polistina and R. Verona. 1991. A planimetric model of Milan's urban master plan. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 18: 7-18.
 18. Quintrand, P., J. Zoller, R. de Filippo and S. Faure. 1991. A model for the representation of urban knowledge. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 18: 71-83.
 19. Rabie, J., 1991. Towards the simulation of urban morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 18: 57-70.
 20. Radford, A. and A. Day. 1996. Growing Georgian Bath. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 23: 465-488.
 21. Rahman, O. M. A.. 1992. Visual quality and response assessment: an experimental technique. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 19: 689-708.
 22. Schuur, J.. 1994. Analysis and design in computer-aided physical planning. *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 21: 97-107.