

정보편익에 의한 농촌생활환경시설의 계획 모델 개발

나준엽 · 정남수* · 이정재**

한국건설기술연구원 유비쿼터스국토연구부 · *공주대학교 산업과학대학 생물산업공학부
**서울대학교 조경·지역시스템공학부

Development of a Planning Model of Rural Living Environment Facility by Information Benefit

Na, Joon-Yeop · Jung, Nam-Su* · Lee, Jeong-Jae**

Ubiquitous Land Implementation Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

**Dept. of Agricultural Engineering, College of Ins., Kongju Nat'l Univ.*

***Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul Nat'l Univ.*

ABSTRACT : The objective of public works planning is being converted from economic growth to sustainable development. So, the demand for considering social & ecological influences as well as economic components had been increased in evaluation of public works planning. In evaluation of public works, its components related with benefit and cost in feasibility analysis can be classified to quantitative and qualitative elements. Qualitative elements are evaluated by qualitative methods which can manage various items, be commonly applied nationwide, and consider elements that can be calculated numerically such as environments, willingness, etc. In this study, using the concept of 'Information measure', a method to design planning of rural works is proposed. 'Information benefit model' for rural works can evaluate present plan in the side of provider's and demander's 'benefit'. And, optimizing method of rural works by 'Information benefit' can simulate present state and optimize the site and route of rural works.

Key words : Information measure, Information benefit, Rural works, Site optimization

I. 서론

농촌생활환경시설을 비롯하여 대부분의 공공시설계획에서 판단은 주로 직관과 경험에 의존하여 왔다. 그러나 다양한 사회현상의 메카니즘을 경험과 직관에만 의존하여 분석할 수 없게 되자 시스템으로 체계화하고 인과관계를 파악하고자 하는 체계적 접근이 경제활동, 인구, 토지, 교통 등 객관화 및 수량화가 비교적 용이한 분야로부터 강구되고 있다. 그러한 노력으로서 토지이용-교통 균형체계의 개념(노정현, 류재영, 1995), 다지역 투입-산출 모형(정영현, 이양재, 2003) 등이 제시된 바 있으며, 공공시설 중 농촌생활환경시설분야에 있어서는 불편도 함수를 사용하여 주민의 불편도를 최소화 하는 다수시설의 입지를 해석한 예가 있다(김대식, 1999). 기존의 연구에서는 농촌시

설자원은 계획되고 설치되면 오랜기간 운용되어야 하므로, 역할과 가치의 변화에 따른 지역사회의 영향을 지속적으로 평가할 필요가 있고, 또한 문화재나 천연기념물 등과 같이 일반인의 인식이 모호하고 전문가의 영역이 다른 농촌자원은 비교가 어렵다는 측면은 고려하지 못하고 있다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 '정보편익'의 개념을 도입하여 '정보'가 전달되는 과정을 통하여 정보편익의 발생 과정을 밝히고, 이를 바탕으로 하여 농촌생활환경시설의 계획을 수립함에 있어 다양한 평가기준을 가진 계획요소 및 그 가치의 변화를 고려할 수 있는 계획수립 방안을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

본 연구에서는 농촌시설을 대상으로 하여 농촌지역의 경제적·사회적 가치를 '정보편익'이라는 개념으로 접근하고자 하였다. 정보편익을 이용한 시설계획의 요점은 바

Corresponding author : Jung, Nam-Su
Tel : 041-330-1265
E-mail : ruralplan@kongju.ac.kr

로 ‘정보편익’을 최대화시키는 계획이 대상지구의 경제적·사회적 가치를 최대화시키는 계획이라는 관점에서부터 농촌생활환경시설의 설치 목적은 시설 이용자의 이용편익을 최대화시키는데 있다고 볼 수 있다.

1. 정보계측기법

정보는 생명체가 생겨나면서 끊임없이 환경의 정황을 파악하고 이를 식별·평가하기 위하여 이용되어 왔으며, 인간은 언어를 통하여 모든 사물을 정보로 표현하므로 시설의 계획과정에서 최적해를 찾기 위한 비용, 편익 및 환경·사회적 요소 등의 정량화되기 어려운 모호한 가치를 평가하는데 정보가 이용될 수 있다. 하나의 단위로 통일하기 어려운 다양한 가치들을 ‘정보’라는 개념을 통해 단일한 가치로 변환할 수 있다면 평가지표의 중요도를 산정할 수 있을 것이다.

이러한 ‘정보’의 양을 ‘정보량’이라는 개념으로 정의할 수 있으며, Gellman은 총정보량을 식 (1)과 같이 알고 있는 것(Knowledge : ϵ)과 모르는 것(Ignorance : s)의 합으로 정의하고 총정보량식을 제안하였다(Gellmann, M., 1996).

$$I(e) = \epsilon + s = K_U(s_e) + \sum_r P_r \log \frac{1}{P_r} \quad (1)$$

- where, $I(e)$: total Information of e , ϵ : knowledge,
 s : Ignorance, $K_U(s_e)$: Algorithmic complexity
 U : UTM(Universal Turing Machine)
 s_e : string expressing e ,
 r : element expressing information
 P : average probability of choice r
 P_r : probability of choice r in trial

정(2003)은 Gellman이 제시한 총정보량식을 일반언어에 적용하기 위하여 식 (1)을 수정하여 식 (2)를 제안하였다(정남수, 2003).

$$I = K_U(S_e) \times s_{relative} / s_{real} + s_{real} \quad (2)$$

where, $s_{relative} = \sum_r P_r \log \frac{1}{P_r} / \sum_r P \log \frac{1}{P}$, $s_{real} = \sum_r P_r \log \frac{1}{P_r}$

2. 농촌생활환경시설의 설치에 따른 정보량의 증감

농촌생활환경시설의 계획수립 과정에서 각 요소들간의 중요도를 평가하기 위한 기준으로 본 연구에서는 ‘정보량’의 개념을 이용하였다. 일반적으로 ‘정보량’이 풍부하다는 것은 대상지역내에 자연적 환경 및 인공적 시설물 등의 경제적·사회적 가치가 다양하게 존재한다는 것을 의

미한다. 이러한 주변부의 자연적 환경 및 인공적 시설물은 그 자체의 정보량을 가지고 있으며 이는 곧 경제적·사회적 가치로 환산할 수 있는 것이다. 시설의 설치에 따라 주변부 시설물은 정보량이 증가하거나 감소하게 되며 그 증가 및 감소의 크기는 ‘정보편익’으로 정의할 수 있다.

시설이 설치됨으로써 증가된 정보편익은 정보량을 증가시키며, 증가된 정보의 실현으로 얻을 수 있는 편익은 직접 시설의 영향을 받을 수 있어야 하므로 거리에 비례하여 분포한다고 가정할 수 있다는 것이 정보편익의 개념이다. 이러한 개념하에서 정보편익장(場, field)을 나타낼 수 있는 방정식을 다음과 같이 구성하였다.1) 여기서, 경제조건은 경계에서는 0이 되고, 시설의 계획이 이루어진다면 이는 source로서 정보량 p 가 된다.

$$k_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y) \quad (3)$$

- where, $f(x, y) = 0$ On the boundary
 $f(x, y) = p$ On the source, k : transmission rate
 $u(x, y)$: information benefit distribution function

III. 정보편익모델 개발

정보편익을 이용한 농촌생활환경시설 계획의 요점은 바로 ‘정보편익’을 최대화하는 계획이 대상지구의 경제적·사회적 가치를 최대화시키는 계획이라는 것이다. 정보편익을 이용한 농촌생활환경시설 계획의 절차는 다음과 같다.

- 농촌생활환경시설의 설치 대상 지역에 존재하는 시설물의 정보량과 각각의 이용자 수를 산출한다.
- 각각의 시설물의 정보량과 이용자수를 곱한 값이 대상지구의 총정보량이 된다.
- 시설의 정보량과 기존시설물의 정보량, 두 가지 요소 사이의 거리로부터 정보편익을 계산한다.
- 이 때 정보편익은 무조건 증가하는 것이 아니라 기존 시설물이 신규시설의 설치에 따라 없어지는 경우는 감소하게 되므로 이를 고려한다. 본 연구에서는 기존 시설물과 동일한 종류의 농촌시설이 설치될 경우 기존시설물의 정보편익은 감소하게 되며, 기존시설물과 신규시설의 거리가 1m 이내가 되는 경우에는 기존시설물이 없어지는 경우, 즉 정보량이 0으로 감소하는 경우로 정의하였다.
- 기존시설물의 정보량과 증가 혹은 감소된 정보편익을 더한 값이 최종 정보량의 변화량이 되며 이의 총합, 즉 총정보량이 최대가 되는 경우를 농촌생활환경시설의 최적 계획안으로 채택한다.

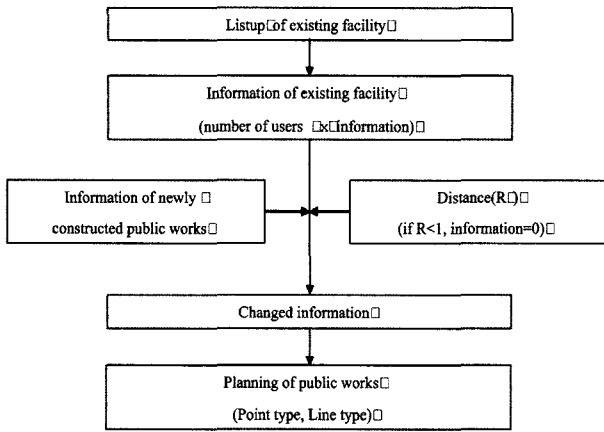


그림 1. Flowchart for planning using information benefit.

정보량의 변화를 식으로 표현하면 식 (4)와 같다. 식 (3)은 연속체를 대상으로 하고 있으므로 이를 이산화된 대상에 적용하기 위하여 중력모형의 형태를 빌어 표현하였다.

$$I_v = I_i + \nabla I = I_i + \sum \frac{I_i \times I_f}{R^2} \quad (4)$$

where, I_v : changed information
 I_i : information of existing facility
 ∇I : information benefit
 I_f : information of newly constructed rural works
 R : distance between existing facility with newly constructed rural works

정보편익을 이용한 농촌생활환경시설의 계획과정은 대상지역내 주변부 시설물의 변화된 정보량을 합산하여 그 정보량이 최대가 되는 입지나 노선을 선정하는 과정이다. 이를 식으로 나타내면 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} & \text{Find } X \\ & \text{Subject to } F(X) \rightarrow \max \quad (5) \\ & F(X) = \sum_{i=1}^n I_v \end{aligned}$$

where, I_v : information benefit of objects in each alternative

여기서 정보량 변화, 즉 신규시설의 설치로 인해 증감되는 정보편익은 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\nabla I = \begin{bmatrix} I_{f1} & I_p \\ I_{f2} & I_p \\ I_{f3} & I_p \\ \dots & \dots \\ I_{fn} & I_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{f1} & U_{f2} & U_{f3} & \dots & U_{fn} \\ U_p & U_p & U_p & \dots & U_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{r_1^2} \\ \frac{1}{r_2^2} \\ \frac{1}{r_3^2} \\ \dots \\ \frac{1}{r_n^2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

where, I_f : information of existing facility
 I_p : information of newly constructed rural works
 U_f : number of users of existing facility
 U_p : number of users of new rural works
 r : distance between existing facility with newly constructed rural works

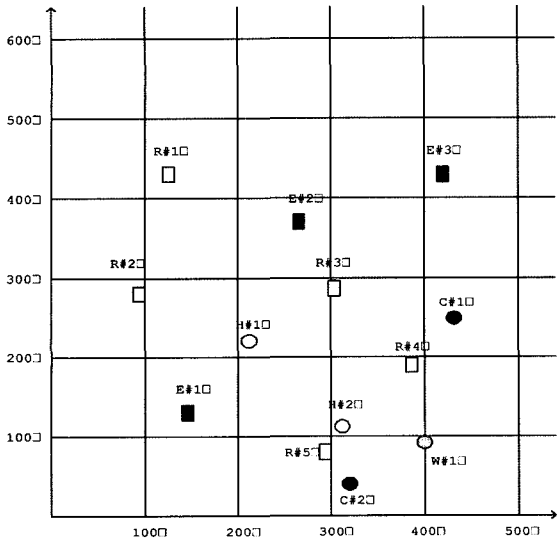
IV. 적용연구

1. 대상지역의 구성

농촌생활환경시설의 설치에 있어 고려해야 할 주변부 시설물, 즉 주거시설, 교육시설, 복지시설, 문화시설, 문화재 등이 고르게 분포하고 있는 가상의 지구를 설정하여 대상지역을 구성하였다. 가상으로 구성된 대상지역의 기존시설분포를 그림 2 및 표 1과 같이 구성하였다. 대상지구에는 주거시설 5곳, 교육시설 3곳, 복지시설 1곳, 문화시설 2곳, 문화재 2곳이 분포하고 있는 것으로 구성하였으며, 각각의 시설에 따른 정보량과 사용자수를 가정하였다.

표 1. Contents of existing facility

No.	Type	Information	Users	(x,y)
R#1	Residence	82	4	(124,428)
R#2	"	82	3	(98,281)
R#3	"	82	6	(302,293)
R#4	"	82	5	(387,190)
R#5	"	82	2	(293,87)
E#1	Education	128	35	(152,118)
E#2	"	128	70	(266,375)
E#3	"	128	55	(414,408)
W#1	Welfare	39	72	(400,98)
C#1	Culture	66	108	(430,245)
C#2	"	66	230	(305,42)
H#1	Remains	230	24	(210,225)
H#2	"	189	58	(309,114)



□: Residence ■: Education ○: Welfare ●: Culture ○: Remains

그림 2. Imaginary Site.

2. 점형시설의 입지선정 문제

점형시설의 입지선정 문제의 적용에 있어, 지구에 1곳 밖에 설치되어 있지 않은 복지시설을 추가설치하는 것으로 하였으며, 복지시설의 정보량은 39이며, 이용자수는 n 명으로 하였다. 점형시설의 입지선정 문제에 적용할 때, 고려해야 할 사항은 기존에 설치되어 있는 시설과 중복되는 시설을 설치할 경우 기존시설의 정보편익이 감소한다는 사실이다. 따라서, 본 적용 예에서도 기존에 존재하는 복지시설 W#1의 정보량은 새로 설치되는 시설과의 거리가 가까울수록 정보편익이 감소함을 고려하여야 한다. 이러한 고려 위에서 식 (6)을 적용하여 정보량의 변화를 계산할 수 있는 matrix를 구성해 보면 식 (7)과 같다.

$$\begin{bmatrix} 328 \\ 246 \\ 492 \\ 410 \\ 164 \\ 4480 \\ 8960 \\ 7040 \\ 2808 \\ 7128 \\ 15180 \\ 5520 \\ 10962 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 82 & 39 \\ 82 & 39 \\ 82 & 39 \\ 82 & 39 \\ 82 & 39 \\ 128 & 39 \\ 128 & 39 \\ 128 & 39 \\ -39 & 39 \\ 66 & 39 \\ 66 & 39 \\ 230 & 39 \\ 189 & 39 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 & 3 & 6 & 5 & 2 & 35 & 70 & 55 & 72 & 108 & 230 & 24 & 58 \\ n & n & n & n & n & n & n & n & n & n & n & n & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/r_1^2 \\ 1/r_2^2 \\ 1/r_3^2 \\ 1/r_4^2 \\ 1/r_5^2 \\ 1/r_6^2 \\ 1/r_7^2 \\ \dots \\ 1/r_{13}^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

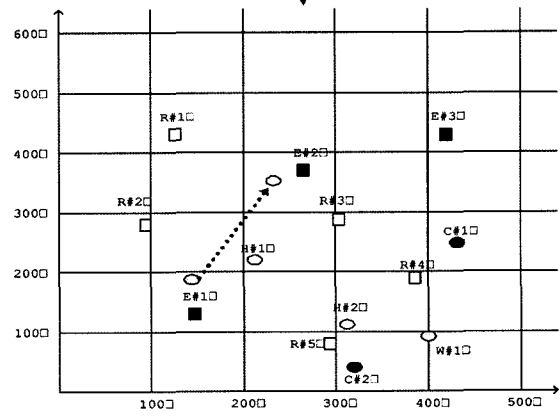
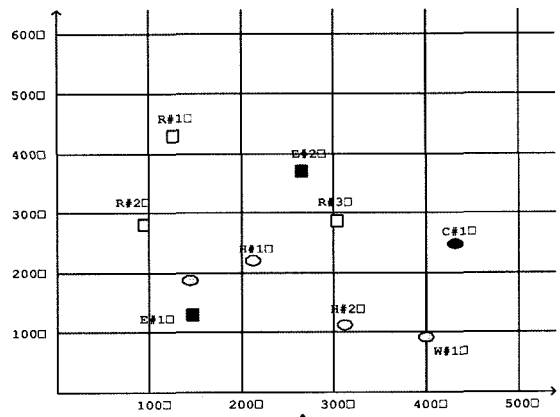
본 적용 예의 입지선정 문제는 식 (7)의 값을 최대화하는 거리 r을 결정하는 문제가 된다. 여기서, 점형시설물 입지선정 문제의 r을 결정하는 문제는 각각의 시설이 분포한 위치의 중심점(mean center)을 구하는 문제이다. 분석의 대상이 되는 점들을 x와 y의 좌표로 나타낸다고 할

때, 가중치(정보량) w_i 가 있는 경우 중심점 (x_m, y_m) 은 다음 식과 같이 계산된다.

$$x_m = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times x_i}{n}, \quad y_m = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times y_i}{n} \quad (8)$$

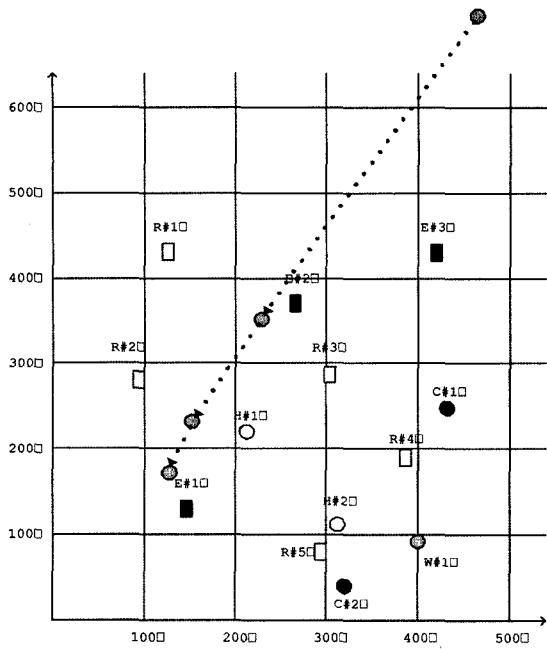
가. 기존시설의 변화

기존시설의 증가가 신규시설의 위치선정에 미치는 영향을 파악하기 위하여 먼저 표 1에서 열거한 기존시설 중 R#1, R#3, E#1, E#2, W#1, C#1, H#1, H#2만 설치되어 있는 경우를 상정하였다. 신규로 설치할 복지시설의 정보량은 39, 이용자수는 110명으로 가정하였다. 중심점을 구하는 식에 따라, 중심점을 산정해 보면 (147,175)로 나타나며, 표 1의 기존시설이 모두 존재할 경우의 중심점 위치는 (222, 354)이다. 결과는 그림 3과 같으며, 이로부터 정보편익에 의한 시설물 위치선정 문제에 있어 기존시설의 변화에 따라 신규시설의 설치위치가 영향을 받음을 파악할 수 있다.



□: Residence ■: Education ○: Welfare ●: Culture ○: Remains

그림 3. Site optimization of point type by existing facilities.



□: Residence ■: Education ⊙: Welfare ●: Culture ○: Remains

그림 4. Site optimization of point type by users.

나. 이용자 수의 변화

새로 설치되는 복지시설의 이용자수 n 을 변화시켜 가면서 중심점의 좌표와 그 때의 정보편익 증가량을 구해보면 결과는 이용자수가 50일 때 중심점 좌표는 (466, 691), 정보편익 증가량은 27.3이며, 이용자수가 100일 때 (233, 346), 171.3, 150일 때 (155, 230), 125.1, 200일 때 (116, 173), 133.7로 각각 나타났다. 마찬가지로 이용자수가 결정되어 있다면, 공간적·시간적 변화에 따라 바뀌는 정보량을 변수로 하여 시설의 위치결정을 수행할 수 있다. 결론적으로, 정보편익을 이용한 점형시설의 위치결정 문제는 시설의 정보량 및 이용자수에 따라 가변적인 위치선정 결과를 보이며 이는 공간적·시간적 변화에 따른 가치의 변화를 반영할 수 있는 것으로 판단된다.

3. 선형시설의 입지선정 문제

선형시설의 노선선정 문제에 있어서도 기존 정보량과 변화된 정보편익량을 합한 값을 최대화시킨다는 개념은 동일하다. 그러나, 선형시설을 설치함에 있어 기존시설물을 해체하거나 철거한 부지 위로 노선이 진행되는 경우가 발생하는데 특히 문화재 등에 있어서 이런 경우가 빈번히 발생한다. 따라서, 본 적용 예에서는 문화재와 계획 노선의 거리가 lm 이하가 되는 경우 문화재의 정보량이 0 이 되는 것으로 정의하였다. 이러한 가정위에서 도로의 정보량을 I , 이용자수를 n 명으로 하면 선형시설물의 노선선정 문제도 식 (7)의 최대값을 산출하는 문제가 되며, 여

기서 r 을 결정하는 문제는 각각의 시설 위치의 분포를 최대한 가깝게 근사하는 곡선적합, 즉 식 (9)와 같은 다항식 회귀분석의 문제가 된다.

$$y = a_0 + a_1x^1 + a_2x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} \quad (9)$$

여기서, 몇 가지 고려할 사항이 있다. 먼저 앞선 점형 시설의 입지선정 문제에서 이용자 수의 변화에 따라 시설의 적지선정이 변화되는 것을 보인 것처럼 노선선정에서도 노선의 결정에 영향을 미치는 요소로서 이용자수, 기존 시설의 정보량, 새로 설치되는 시설의 정보량 및 단순한 접근거리가 아닌 상대속도에 의한 접근거리 등을 생각할 수 있다. 신규시설의 노선선정에 있어 최초의 계획에서는 기존시설의 정보량과 새로 설치되는 시설의 정보량, 이용자가 결정된 상태에서 정보편익을 최대화하는 r 을 결정하는 문제가 되며, 시간의 경과에 따라 그동안 설치된 시설 및 그로 인한 도로의 정보량이 변화하게 되므로 변화된 정보량을 반영한 새로운 노선계획을 수립할 수 있다. 또한, r 의 결정에 있어 직선거리 혹은 접근거리가 아닌 교통수단의 발달을 고려한 상대속도 개념의 거리로도 정보편익을 산정할 수 있다.

가. 최초 계획 수립의 경우(정보량과 이용자수 고정)

기존시설 및 신규시설의 정보량과 이용자수가 이미 파악된 문제에서는 신규시설까지의 접근거리 r 을 최소화, 즉 정보편익을 최대화하는 문제가 된다. 본 적용 예에서는 도로의 정보량을 120, 이용자수를 990명으로 가정하였다. 다항식회귀분석을 실시한 결과 다항식이 6차방정식이 될 경우 대부분의 시설물을 경유하게 되어 정보량이 갑작스럽게 감소하는 결과가 나타났다. 노선선정결과는 그림 5와 같다.

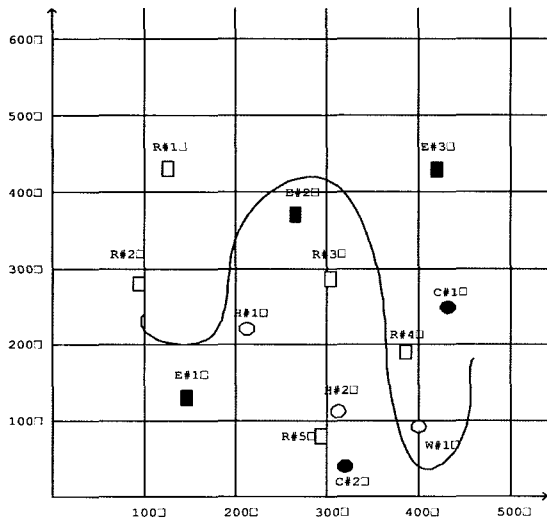
나. 신규시설의 정보량이 변화하는 경우

시간의 경과에 따라 지역사회의 사회적·경제적 변화가 일어나며 이로 인해 도로의 정보량이 변화하게 된다. 본 적용 예에서는 신규시설의 정보량 변화로 인하여 노선계획이 변경될 수도 있다는 것을 보이는 데 의의가 있으므로 일단 기존시설의 정보량은 고정된 것으로 하고 도로의 정보량이 50, 100, 150으로 차츰 변화하는 것으로 가정하였다. 정보량의 변화에 따른 노선변화는 그림 6에 나타내었다.

다. 상대속도의 반영

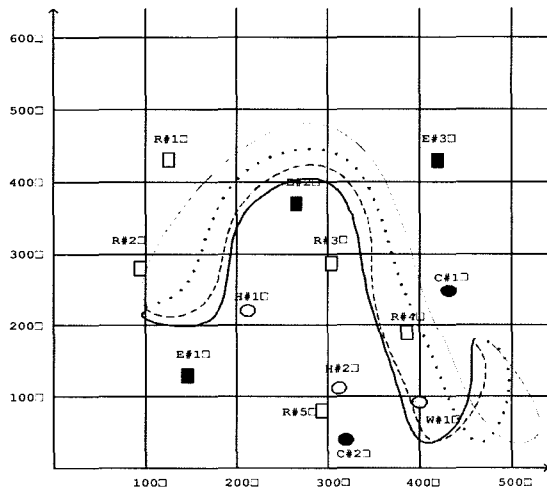
정보편익방정식을 농촌생활환경시설의 계획에 적용하기 위하여 중력모형의 형식으로 변환한 식 (4)에서 R 항목은

기존시설에서 새로 설치되는 시설까지의 공간적 거리를 표현한다. 여기서 공간적 거리란 기존 시설에서 도로망을 통하여 신규시설까지 접근할 수 있는 거리를 말하는데, 개개 시설에서의 거리를 모두 계산과정에 포함시키는 것이 이상적일 것이다. 그러나, 현실문제에 적용할 때 이러한 거리를 모두 계산하는 것이 손쉬운 일이 아닐뿐더러 그 거리로 인한 정보편익의 편차도 그리 크지 않을 것으로 판단된다. 따라서, 간략한 계산에서는 직선거리를 사용해도 무방할 것이라고 판단되며, 오히려 R을 산정함에 있어 고려해야 할 것은 교통수단의 발달로 인한 상대속도를 고려하는 것이다.



□ : Residence ■ : Education ○ : Welfare ● : Culture ○ : Remains

그림 5. Initial route of line type facilities.



□ : Residence ■ : Education ○ : Welfare ● : Culture ○ : Remains
 — : Information 50 - - - : 100 ····· : 150 - · - · : 200

그림 6. Route by information change.

즉, 신규시설의 계획에 있어 교통수단의 발달로 인하여 단순한 공간상의 거리와 함께 각 기존시설에서의 상대속도를 감안한 이동시간의 함수로 R을 고려하는 것이 정보편익의 정확한 의미에 가까운 것이라 할 수 있겠다.

V. 결론

본 연구에서는 농촌생활환경시설의 계획에서 고려해야 할 주변부 시설물을 정보편익의 개념을 이용하여, 시설의 설치에 따라 변화하는 정보편익을 이용한 계획수립 방안을 제시하였으며, 기존의 계획과정에서 고려하지 못했던 주변부 시설물과의 관계 및 설치로 인한 편익의 증감을 정의하였다. 점형시설물의 입지선정 및 선형시설물의 노선선정 문제에 정보편익의 개념을 이용하여 계획수립을 실시하였다.

본 연구에서 제시한 정보편익에 의한 점형 및 선형 시설물의 적지선정 방안은 주변 시설물과의 관계 및 이용자의 편익을 주요요소 하므로 시설들의 가치를 표현하고 시설의 상호관계를 고려할 수 있는 농촌공간계획의 방안으로 적용될 수 있다.

참고문헌

1. 김대식, 1999, 지리정보시스템과 다기준평가법을 이용한 농촌중심마을계획 모의모형의 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문
2. 노정현, 류재영, 1995, 토지이용-교통 통합 모형을 이용한 공간계획 평가기법의 개발, 대한교통학회지 31(2)
3. 정남수, 2003, 농촌시설 입지 및 어메니티 평가를 위한 정보계측기법의 개발, 서울대학교 대학원 박사학위논문 35
4. 정영현, 이양재, 2003, 장기미집행 도시계획시설의 재검토를 위한 정량적 평가기준 설정에 관한 연구, 대한 국토·도시계획학회지 '국토계획' 38(1) : 38
5. Gellmann, M., 1996, Information Measures, Effective Complexity, and Total Information, John Wiley & Sons, Inc.

* 접수일 : 2006년 11월 6일