

퍼지 접근법을 이용한 신도시 전화국의 최적 입지선정에 관한 연구[†]

A Fuzzy Approach to Location of a Telephone Switching Center
at a New Establishing City

정기호* · 고창성** · 김재교***

ABSTRACT

This paper addresses the problem of locating a telephone switching center at new establishing city or town. There have been several studies on the location of telephone switching center at an existing telephone network to cope with the expanding subscriber's demand, in most of which only the economic factors were considered and was determined where the switching center is established in order to minimize the total cost. This paper, however, deals with the social factors as well as the economic ones. We develop a location model considered these two factors simultaneously by using a fuzzy approach. Finally, we apply the model to locate a new telephone switching center at the Haeundae where the Pusan City intends to construct a new town.

1. 서 론

현대는 정보화 사회라 일컬어지고 있을 정도로 통신문화에 대한 관심은 지대하다. 또한 이런 통신문화에 영향을 주는 경제적, 기술적 및 사회적 환경 등은 날로 급속도로 변화하고 있다. 특히 통신에 대한 수요에 있어서 다양한 서비스들을 요구하는 추세가 앞으로 점점 더 확대되고 있고, 통

신 기술에 있어서도 종래의 아날로그 전송에서 디지털 전송 방식으로의 전환이 표준화될 전망이다. 또한 지금까지 전송 매체로서 사용되어 오던 구리선이나 동축 케이블 대신에 광섬유 케이블이 전송 매체로서 광범위하게 사용되리라 여겨진다. 이와 같은 새로운 통신 수요의 요구와 통신 기술의 개발 및 도입은 정보화 시대의 총아인 종합정보통신망(ISDN)의 실현을 촉진시키리라 생각된다. 그러나 ISDN의 구축을 위해서는 전화망 체

* 본 연구는 체신부, 한국통신의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

• 경성대학교 경영학과

•• 경성대학교 산업공학과

••• 한국통신 부산사업본부

계(Telecommunication Network System)에서 통신 수요의 발생지인 가입자들과 전화국을 연결하는 치국망(Local Access Network) 계획이 우선적으로 고려되어야 한다. 치국망 계획은 지금까지 학문적으로나 실제 응용을 위해 많이 연구되어 왔다. 그러나, 이러한 연구의 대부분은 기존 전화교환국과 치국망이 이미 설치되어 있는 상황에서 향후 예상되는 수요의 증가에 대비하여 통신 설비를 확장한다든지 또는 새로운 전화국을 추가 설치하는 것을 주 내용으로 하고 있다.

그런 이유로 우리나라에서 최근 주택난 해소를 위해 개발하고 있는 신도시나 신시가지를 대상으로 치국망 계획을 세우고자 할 때에는 기존에 개발된 모형들을 직접적으로 적용하기에 다소 무리가 따른다. 따라서, 본 연구에서는 신도시나 신시가지에 새로운 치국망을 설계하기 위해 선행되어야 할 전화국의 최적 입지를 다루어 보고자 하는 것이다.

전화국의 입지 선정을 위해서는 고려해야 할 요소들이 많아 최적의 전화국 입지를 선정한다는 것이 상당히 어렵다. 그런데, 현재까지 진행된 많은 관련 연구들을 살펴보면, 고려해야 할 여러 가지 기술적 제약요소들을 만족시키면서 동시에 경제적 요소 즉, 초기 투자비용과 연간 운영비를 최소화하는 입지 선정을 결정하는 것이 대부분이다. 끊임없이 변화하는 현대 사회에서 단순히 경제적 환경 혹은 기술적 환경만을 고려하여 설비의 입지를 선정하게 되면, 궁극적으로는 많은 사회적 문제를 유발시킬 수가 있다. 특히, 일반 공장과는 달리 전화국의 경우는 통신 서비스의 특수성에 의해 전화국의 위치에 따라 통신 서비스의 품질이 떨어질 수가 있고, 서비스를 제공받고자 하는 수요자의 요구에 적절히 대응하지 못할 수도 있기 때문이다. 아울러, 전화국의 위치는 한번 결정되면 그 위치가 거의 영구히 고정될 수 밖에 없

는 특성으로 인해 전화국의 입지 선정을 위한 의사 결정은 그만큼 신중해져야 할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 기존에 고려하고 있던 경제적, 기술적 환경 외에 사회적 환경에서 유발되는 모든 제약사항들을 고려한 신도시 전화국의 입지 선정문제를 해결하고자 한다. 실제적으로 전화국의 위치를 결정하는 사항은 단순히 입지 선정 문제만 포함하는 것은 아닐 것이다. 왜냐하면, 전화국 입지 선정은 고려 대상 지역의 인구 및 통신 수요량 등을 우선 추정하고, 추정된 값들을 근거로 전화국의 규모 및 수량을 결정한 뒤 전화국의 최적 위치를 선정하는 일련의 과정을 거쳐 이루어지기 때문이다. 그러나, 본 연구에서는 서울의 분당, 평촌 및 일산 혹은 부산의 해상 신시가지나 해운대 신시가지 등과 같은 신도시를 개발하고자 할 때에 대상지역의 인구 및 통신 수요량 등이 이미 추정되어 있기 때문에 이를 기초로 용량이 결정된 단일 전화국의 입지를 경제적, 기술적 및 사회적 제약요소를 동시에 충족시킬 수 있는 입지선정 모형을 개발하고자 한다.

본 연구에서 제시하고자 하는 입지 선정 모형은 현실적으로 바로 적용할 수 있는 모형이라기보다는 고려 대상으로 하고 있는 전화국이 위치 할 후보지역들에 대해 개괄적으로 평가할 수 있는 모형이라 할 수 있다. 따라서, 이 모형의 적용 후 좀 더 구체적이고 세부적인 입지 선정 업무를 추진함으로써, 신도시의 전화국 위치를 결정하고자 하는 프로젝트의 수행시에 시간과 비용면에서 많은 절약 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

입지 선정에 관한 연구는 1960년대부터 시작하여 현재에 이르기까지 많은 연구들이 수행되어 왔다. 초창기의 연구는 대부분 이론적인 것들로서 설비의 용량에 대한 제약이 없는 단순 입지 선정 문제에 대한 효율적인 해법 개발을 주로 하였으

나, 그 후로 보다 복잡하고 현실 응용가능한 입지 선정 문제에 대한 모형 및 해법 개발에 대한 연구가 진행되고 있다.[7, 8, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19]

설비의 용량에 대한 제한이 있는 경우, 시간의 흐름을 고려한 동태적 입지선정, 단단계 입지 선정, 서비스에 대한 수요가 확률적인 경우, 설비로부터 제공되는 서비스의 종류가 여러 개인 경우의 입지 선정 등 여러가지 형태의 입지선정에 관한 연구가 진행되었다. 이들은 모두 전형적인 수리계획법 모형을 이용하여 제약조건을 만족하는 실행 가능해들 중에서 시스템 전체에 소요되는 비용으로 표현된 단일 기준 목적함수를 최소화하는 최적 해를 구하는 것이다. 한편, Brown & Gibson [2]은 비용 요소들외에 입지 선정시 반드시 고려해야 할 기타요소들을 동시에 기준으로 삼아서 입지 선정을 결정하는 모형을 개발했다.

최근에는 대규모 통신 시스템과 같은 현실 시스템에 대한 설계, 분석 및 최적화를 위해 입지 선정 문제의 연구가 많이 진행되고 있다. 이 경우 모델에 반영해야 할 여러가지 제약 요소들이 명확하게 정량화되지 못한다든지 혹은 고려해야 할 제 기준들이 언어적인 애매한 표현으로 제시되는 수가 많아 모형화를 위해 여러 가정들을 전제로 한다. 따라서, 이러한 가정들을 전제로 하지 않고 현실을 잘 반영하기 위해 최근에 많이 논의되고 있는 퍼지 이론을 적용해보는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

퍼지 이론은 Zadeh[20]가 처음 제창한 이후, 수리 계획법 분야를 비롯한 많은 의사결정 분야에 적용되어 왔다. [1, 3, 5, 6, 9, 21, 22, 23] 그 중 입지 선정분야에 대해 적용된 연구는 아직 미흡한 편이나 Darzentas[6]가 일반적인 이산적 입지 선정 모형(Discrete Location Model)에서 사회 정책과 관련된 기준들이 정성적 자료로 주

어지는 경우 이를 정량화하기 위한 기법으로써 퍼지 접근법을 이용하였고, 현실 상황을 잘 반영한 설비 배치 계획을 세우기 위해 Grobelny[9]가 퍼지 접근법을 이용했고, Chung & Tcha[5]가 퍼지 접근법을 이용하여 공공 설비입지 선정 문제를 다룬 바 있다. 아주 최근에는 Liang & Wang[14]이 설비 입지선정을 위해 퍼지 접근법을 이용하고 있다. Liang & Wang의 연구는 본 연구에서와 같이 각 후보 지역별로 객관적 요소와 주관적 요소를 고려하고 있다. 그러나, 이 연구에서는 본 연구와는 달리 객관적 요소와 주관적 요소를 구분하지 않고 모형에 반영하고 있고, 또한 객관적 요소인 비용을 주관적 요소와의 양립성 유지를 위해 단순 연산을 통해 객관적 요소 비용을 무차원 지수화하고자 하는 단점을 갖고 있다.

한편, 전화국 입지 선정에 관한 기존 연구는 주로 한국통신 연구개발단에서 통화권별로 장기 치국 계획을 세우기 위한 연구들을 수년동안 계속하고 있다.[28] 이러한 연구들의 주된 내용은 향후 연구 대상 네도들에 대해 가입자 수요분포도, 장애물 분포도, 그리고 대지가 분포도 등을 추정하여, 이를 입력 자료로 하여 최적의 치국 대안을 제시하는 것이다. 따라서, 이러한 연구 결과는 앞으로 점점 증대되는 가입자 수요에 신속히 대비하기 위해 사전에 미리 치국 계획을 세우는데 유용하게 사용된다. 다만, 이러한 연구들은 주로 기존의 전화국에서 담당하는 통화권을 수요 증가로 인해 분할하고자 할 때, 분할된 통화권 지역에 새로이 신설한 전화국 입지 및 이와 관련한 중계망 설계를 다루는 것이다. 그러므로, 이러한 연구들은 본 연구에서 고려하고자 하는 신도시나 신시가지의 개발 설치해야 하는 전화국 입지 선정을 위해서는 그대로 적용되지 않는다고 볼 수 있다.

2. 입지 선정 모형의 정립

2.1 기본 가정 및 기호

신도시에 새로운 전화국을 세우기 위해 우리는 다음과 같은 상황을 가정하고자 한다. 신도시 내에 전화국이 들어서게 될 후보 지역이 m 개 있고, 전화국 입지시 고려해야 할 객관적 요소가 ℓ 개, 주관적 요소가 n 개 있다. 각 후보지역을 i 라는 인덱스로 표시하고, 각 주관적 요소를 j 라는 인덱스로 표시할 때, 다음과 같은 기호들에 대해 미리 정의해 둔다.

$I = \{1, 2, \dots, m\}$: 전화국 후보 지역들의 인덱스 집합,

$H = \{1, 2, \dots, \ell\}$: 객관적 요소들의 인덱스 집합,
 $J = \{1, 2, \dots, n\}$: 주관적 요소들의 인덱스 집합.

이러한 상황에서 전화국 입지를 위한 의사결정을 하고자 할 때, 대부분의 기존의 연구들은 ℓ 개의 객관적 요소 비용들의 총합을 m 개의 후보지역 각각에 대해 추정하여 계산하고, 이를 근거로 총 비용합이 최소인 후보 지역을 최종 전화국 위치로 결정하는 것이었다. 이러한 방법은 앞 장에서 설명한 바와 같이 주관적 요소들을 고려하지 못함으로 인해 여러가지 문제를 야기할 수 있어, 본 연구에서는 객관적 요소외에 주관적 요소들을 함께 고려함으로써 보다 더 합리적인 전화국 입지 선정을 위한 의사결정을 할 수 있는 모형을 제시하고자 한다.

그러나, 주관적 요소들은 모두 정성적으로 측정되므로 이를 정량화하기 위해, 그리고 정량적으로 표현되는 객관적 요소인 비용합과의 양립성 유지를 위해서 두 요소들간의 측정 단위를 일치시켜야 한다. 따라서, 이를 위해 주관적 요소들의 정성적인 값들과 객관적 요소들의 정량적인 값들을 무차원 지수화하는데 필요하다. 본 연구에서는 이

러한 목적으로 퍼지 이론(Fuzzy Theory)을 적용하고자 한다.

본 장에서는 우리가 개발하고자 하는 모형을 제시하면서 아울러 이러한 모형에 퍼지 이론이 어떻게 이용되는지를 함께 설명하고자 한다.

2.2 모형 개발

신도시 전화국의 최적 입지 선정을 위한 전체적인 절차는 Brown & Gibson[2]에서와 같이 아래의 10단계로 이루어진다.

1. 대상지역의 수집
2. 주 요소, 객관적 요소 및 주관적 요소의 정의
3. 주 요소 척도의 평가
4. 객관적 요소 척도의 평가
5. 주관적 요소 가중치의 결정
6. 후보 지역 가중치의 결정
7. 주관적 요소 척도의 평가
8. 입지 척도의 계산
9. 순위 결정법
10. 최적 입지 선정 및 민감도 분석

각 단계별 수행시 고려해야 할 요소들 중에는 현실적으로 명확하게 정량화되지 못한다든지 혹은 언어적인 애매한 표현으로 제시되는 경우가 많아 이를 정량화하기 위해 퍼지 이론을 적용하고자 한다.

2.2.1 대상 지역의 수집

확정된 서비스 제공지역 중에서 대상 지역은 행정구역상 등 혹은 면 단위로 나누어 보거나 해당 관계자 또는 전문가의 자문을 구하여 수집하는데, 이 때 전화국 용량에 따라 필요국사 부지의 크기가 달라질 수 있으므로 최소부지 확보가능지역을 대상지역으로 선정해야 한다. 최소부지 확보 기준은 <표 1>에 보는 바와 같이 한국전기통신공

〈표 1〉 대지확보기준

교환용량(KL)	대지면적(m ²)
2	200
4	300
6	800
10	2,400
30	3,200
50	4,300
100	5,200
150	6,000

사의 대지확보지침(1990)을 적용하고자 한다.

2.2.2 주 요소, 객관적 요소 및 주관적 요소의 정의

전화국 설치에 영향을 줄 수 있는 경제적, 기술적 및 사회적 요소 등을 본 연구에서는 주 요소, 객관적 요소 및 주관적 요소로 분류하여 다음과 같이 정의한다.

(1) 주 요소(Critical Factors)

다른 요소와 관계없이 전화국의 설치를 고려할 경우 반드시 만족해야 할 요소로서 전원 가용성, 선로구성가능성 및 통신장애여부 등을 선택하였다.

1) 전원가용성

통신서비스의 동력원인 고품질 교류전원의 원활한 수급과 상시 사용가능한 충분한 용량이 공급될 수 있어야 한다.

2) 선로구성 가능성

신설한 전화국과 통신서비스 수요자와의 사이에 또는 기존의 다른 전화국 간의 통신 선로(케이블 및 관로) 구성에 따른 장애가 없어야 한다.

3) 통신 장애 여부

공장, 한전변전소, 방송국 송신소, 그리고 고압 송전 선로 등에서 발생되는 방해 전파에 의해 통신서비스 품질에 영향을 줄 우려가 없어야 한다.

(2) 객관적 요소(Objective Factors)

비용으로 환산할 할 수 있는 정량적인 요소로서 경제적 요소와 일부 기술적 요소들이 이 요소에 해당된다. 전화국 입지와 관련한 객관적 요소로는 가입자 선로비용, 중계선로비용, 대지구입비용, 건축비용, 교환장치비용 및 전력장치비용 등을 고려할 수 있으나, 교환장치비용과 전력장치비용은 전화국의 위치와 관계없이 교환용량에 따라 비용이 일정하므로 본 연구에서는 편의상 제외시키기로 한다.

1) 가입자 선로비용

전화국에서 통신서비스 수요자 (가입자)들의 실제 위치까지 구성되는 케이블 및 관로의 비용이다.

2) 중계선로비용

전화국과 전화국을 연결시켜 주는 선로투자비용으로서 교환방식 디지털화에 대비하여 선로공사와 유지보수의 간편화를 위해 광케이블 설치를 원칙으로 하여 비용을 산출한다.

3) 대지구입비용

이는 최소부지 구입비용으로서 대지구입비와 구입시의 각종 제세경비 등을 포함한다.

4) 건축비용

이는 전화국 건물을 건축하는데 소요되는 비용을 말한다.

(3) 주관적 요소(Subjective Factors)

일부 기술적 요소와 대부분의 사회적 요소 등과 같이 정성적인 특성을 갖고 있는 요소들이 주관적 요소에 해당한다. 본 연구에서는 기술적인 요소로 선로경로상의 장애지역 유무, 시설물에 대한 환경의 영향, 지질의 양호성, 하절기 침수지역 여부 및 유지보수의 편리성 등을 선택했으며, 사회적인 요소로 기존 전화국 위치, 교통의 편리성, 공공시설의 근접성 및 각종 공해 여부 등을 선택하였다.

1) 선로경로상의 장애지역 유무

대상지역에 하천이나 철도 등의 장애물이 있을 경우에 선로구성에 어려움이 있기 때문에 이와 같은 장애물의 존재 여부에 대한 검토가 있어야 한다.

2) 시설물에 대한 환경의 영향

공단지역이나 해안매립지 등에서 염분이나 폐수로 인한 시설물의 부식 등으로 영향을 받지 않아야 한다.

3) 지질의 양호성

대상지역의 지질이 침수성이 있거나 지반이 약함으로 인해 전화국사 건축시 어려움이 없어야 한다.

4) 유지보수의 편리성

각종 장비의 출입과 긴급 자재의 확보가 가능하여 유지보수가 편리해야 한다.

5) 하절기 침수지역 여부

대상지역이 저지대이거나 배수설비의 기능이 부족하여 우기철에 침수 우려가 없어야 한다.

6) 기존 전화국 위치

기존 전화국에서 너무 멀거나 가까움으로 해서 수요자의 이용에 혼란을 주거나 불편을 주지 말아야 한다.

7) 교통의 편리성

전화국 건축에 필요한 전력선의 인입 및 차량 진입이 용이하여야 하고, 또한 서비스 제고 지역 내의 전화가입자가 이용하기 편리한 교통지역이어야 한다.

8) 공공시설의 근접성

각종 공공시설이 근접되어 있어 수요자의 행정 처리 편리성 도모 및 공공시설을 통한 마아케팅 활동을 강화할 수 있어야 한다.

9) 각종 공해 어부

대상지역에 소음, 분진 및 매연 등의 각종 공해로 인한 수요자의 이용도 저하와 전화국 직원들

의 근무환경에 있어서 쾌적성을 저해하지 않아야 한다.

2.2.3 주 요소 척도(Critical Factor Measure :CFM)의 평가

2.2.1에서 설정된 대상 지역들 중 2.2.2에서 정한 모든 주 요소의 최소 요구조건을 만족시키지 못하는 부지를 고려대상에서 제외시킨다. 구체적인 방법은 각 후보 지역에 대해 주 요소 각각의 만족 여부를 주 요소 지수(CFI:Critical Factor Index)로 나타낸다. 만일 해당 주요소의 최소요구조건을 만족하면 1, 그렇지 못하면 0이 된다. 이 때, 주요소 척도는 모든 주 요소에 대한 CFI들의 곱으로 나타낸다.

2.2.4 객관적 요소 척도(Objective Factor Measure:OFM)의 평가

2.2.2에서 정의한 객관적 요소는 모두 비용과 관계되는 것이다. 그러나, 주관적 요소와 객관적 요소간의 양립성 유지를 위해 객관적 요소 비용을 무차원 지수화 시키는 것이 필요하다. 본 연구에서는 객관적 요소 척도를 다음과 같은 두 가지 원칙에 근거하여 무차원 지수화하고자 한다.

가. 최소 비용을 갖는 후보 지역은 최대의 척도를 가져야 한다.

나. 각 부지의 객관적 요소 비용과 나머지 부지의 비용과 비교하여, 그 크기 관계가 유지되어야 한다.

위의 원칙에 근거한 객관적 요소의 척도 OFM은 멤버쉽 함수를 이용하여 다음과 같은 방법으로 구한다. C_i^h 를 후보 지역 i 에서 h 번째 객관적 요소에 의해 발생되는 비용이라고 하면, C_i^h 는 각 객관적 요소 비용합 즉, $C_i = \sum_{h=1}^H C_i^h$ 로 i 지역에 전화국을 설치할 때 소요되는 예산을 의미한다.

각 후보지역($i=1, \dots, m$)에 대해 객관적 요소 척

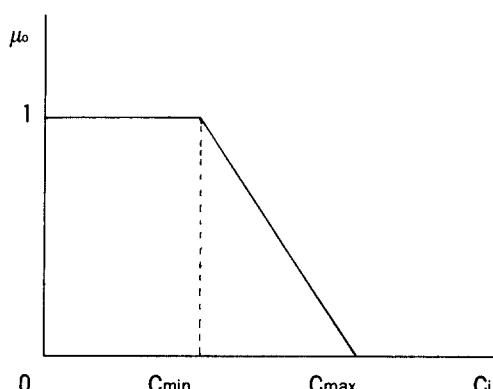
도 OFM을 구하기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 멤버쉽 함수를 이용한다. 전화국 설치시 소요되는 예산에 대한 멤버쉽 함수는 전화국 입지 선정과 관련한 정책 당국자 또는 최고 의사결정자에 의해 예산상의 제약을 고려하여 설정된다. 소요 예산과 관련하여 정책 당국자가 사전적으로 고려하고 있는 두 가지 Parameter 값을 정의하면 다음과 같다.

C_{min} : 전화국 설치시 소요되는 예산이 이 값 이상이면 100% 만족을 느끼는 값.

C_{max} : 전화국 설치시 소요되는 예산이 이 값 이상이면 전혀 만족을 느끼지 못하는 값, 즉, 전화국 설치시 투자할 수 있는 최대 허용 예산액.

이 두 Parameter 값을 근거로 총 소요 비용에 대한 멤버쉽 함수는 다음 식(1)과 같이 선형으로 설정한다. [그림 1]은 멤버쉽 함수의 그래프 형태를 보여 주고 있다.

$$\mu_o(C_i) = \begin{cases} 0 & \text{for } C_i \geq C_{max} \\ 1 - \frac{C_i - C_{min}}{C_{max} - C_{min}} & \text{for } C_{min} \leq C_i \leq C_{max} \\ 1 & \text{for } C_i \leq C_{min} \end{cases} \quad (1)$$



[그림 1] 비용합에 대한 멤버쉽 함수

2.2.5 주관적 요소 가중치(Subjective Factor Weights:SFW)의 결정

주관적 요소 가중치는 입지 선정에 있어서 각 주관적 요소간의 상대적 중요도를 페지 이론을 이용하여 구해 준다. 즉, 전화국 입지와 관련된 다수의 전문가들에게 주관적 요소들간의 중요도를 얻기 위해 설문지를 통해 수, 우, 미, 양, 가의 5등급 척도에 따른 응답을 받는다. 물론 사전에 언어 변수의 값인 각 등급에 대한 멤버쉽 함수를 미리 정의해 두어야 한다. 본 연구에서는 각 등급에 대한 멤버쉽 함수를 Liang & Wang[14]에서처럼 다음과 같이 정의하고자 한다.

등급 집합 $W = \{\text{수, 우, 미, 양, 가}\}$

수 : (0.7, 1, 1, 1)

$$\mu_w(x) = \frac{10}{3}x - \frac{7}{3} \quad 0.7 \leq x \leq 1$$

우 : (0.5, 0.7, 0.7, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - \frac{5}{2} & 0.5 \leq x \leq 0.7 \\ \frac{10}{3} - \frac{10x}{3} & 0.7 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

미 : (0.2, 0.5, 0.5, 0.8)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} \frac{10x}{3} - \frac{2}{3} & 0.2 \leq x \leq 0.5 \\ \frac{8}{3} - \frac{10x}{3} & 0.5 \leq x \leq 0.8 \end{cases}$$

양 : (0, 0.3, 0.3, 0.5)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} \frac{10x}{3} & 0 \leq x \leq 0.3 \\ \frac{5}{2} - 5x & 0.3 \leq x \leq 0.8 \end{cases}$$

가 : (0, 0, 0, 0.3)

$$\mu_w(x) = 1 - \frac{10}{3}x \quad 0 \leq x \leq 0.3$$

언어치에 대한 멤버쉽 함수가 사전에 결정되고 전문가들의 응답 결과를 모두 수집하게 되면, 각 주관적 요소 j 에 대한 가중치 SFW_j 는 다음과 같이 결정된다.

$$SFW_j = \frac{1}{P} \times (SFW_{j1} + SFW_{j2} + \dots + SFW_{jn}), \quad j=1, \dots, n. \quad (2)$$

여기서 SFW_{jk} ($k=1, \dots, p$)는 주관적 요소 j 에 대해 전문가 k 가 느끼는 중요도의 값이며, n 은 주관적 요소의 수이며, p 는 응답한 전문가의 총 수이다.

2.2.6 후보 지역 가중치(Site Weight:SW)의 결정

후보지역 가중치는 각 후보 지역에 대해 각 주관적 요소들에 대한 상대적인 만족도를 측정하여 후보지역 가중치를 결정한다. 각 후보 지역에 대한 가중치는 앞에서와 마찬가지로 동일한 p 명의 전문가들로부터 n 개의 주관적 요소들 각각에 대해 m 개의 후보 지역들이 어느 정도 만족시키느냐에 대한 전문가 견해를 설문형태를 통해 구한다. 단, 후보 지역 가중치를 보다 자세히 구하기 위해 앞에서와 달리 ‘수, 우, 미, 양, 가’의 5등급을 보다 세분화시켜 ‘수, 수-우, 우, 우-미, 미, 미-양, 양, 양-가, 가’의 9등급으로 나누었다. 각 등급에 대한 멤버쉽 함수는 Liang & Wang[14]에서처럼 다음과 같이 정의하고자 한다.

등급 집합 $W=\{\text{수}, \text{수-우}, \text{우}, \text{우-미}, \text{미}, \text{미-양}, \text{양}, \text{양-가}, \text{가}\}$

수 : (0.8, 1, 1, 1)

$$\mu_w(x) = 5x - 4 \quad 0.8 \leq x \leq 1$$

수-우 : (0.6, 0.8, 1, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 3 & 0.6 \leq x \leq 0.8 \\ -1 & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

우 : (0.6, 0.8, 0.8, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - 3 & 0.6 \leq x \leq 0.8 \\ 5 - 5x & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

우-미 : (0.3, 0.5, 0.8, 1)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - \frac{3}{2} & 0.3 \leq x \leq 0.5 \\ 1 & 0.5 \leq x \leq 0.8 \\ 5 - 5x & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

미 : (0.3, 0.5, 0.5, 0.7)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x - \frac{3}{2} & 0.3 \leq x \leq 0.5 \\ \frac{7}{2} - 5x & 0.5 \leq x \leq 0.7 \end{cases}$$

미-양 : (0, 0.2, 0.5, 0.7)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} -5x & 0 \leq x \leq 0.2 \\ 1 & 0.2 \leq x \leq 0.5 \\ \frac{7}{2} - 5x & 0.5 \leq x \leq 0.7 \end{cases}$$

양 : (0, 0.2, 0.2, 0.4)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 5x & 0 \leq x \leq 0.2 \\ 2 - 5x & 0.2 \leq x \leq 0.4 \end{cases}$$

양-가 : (0, 0, 0.2, 0.4)

$$\mu_w(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 0.2 \\ 2 - 5x & 0.2 \leq x \leq 0.4 \end{cases}$$

가 : (0, 0, 0, 0.2)

$$\mu_w(x) = 1 - 5x \quad 0 \leq x \leq 0.3$$

이상과 같은 자료들이 모두 얻어졌다면 입지 후보 지역 i 에 대한 주관적 요소 j 의 가중치 SW_{ij} 는 다음과 같이 p 명의 전문가들이 응답한 값들의 평균으로 계산할 수 있다.

$$SW_{ij} = \frac{1}{p} \times (SW_{i1} + SW_{i2} + \dots + SW_{ip}), \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, n. \quad (3)$$

여기서 SW_{ijk} 는 후보 지역 i 에 대해 주관적 요소 j 를 만족하는 정도를 전문가 k 가 응답한 값이다.

2.2.7 주관적 요소 척도(Subjective Factor Measure:SFM)의 평가

주관적 요소 척도란 각 후보 지역이 n 개의 주관적 요소 전체에 대한 총괄적인 만족 정도를 나타낸다. 2.2.5와 2.2.6에서 각각 주관적 요소 가중치 SFW 와 후보 지역 가중치 SW 가 결정되면, 각 후보 지역의 주관적 요소 척도 SFM 은 다음과 같은 퍼지연산의 곱셈으로 계산된다.

$$\text{SFM}_i = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n (\text{SW}_{ij} \times \text{SFW}_j), \quad i=1, \dots, m. \quad (4)$$

각 SW_{ij} 와 SFW_j 는 사다리꼴 폐지수로 표현되어 있기 때문에 SFM_i 를 계산하기 위해 Zadeh의 확장 원칙에 의거하여 다음과 같이 근사적인 폐지수로 구해 낸다.

$$\text{SFM}_i \approx (Y_i, Q_i, R_i, Z_i), \quad i=1, \dots, m. \quad (5)$$

SW_{ij} 와 SFW_j 가 각각 $\text{SW}_{ij} = (q_{ij}, o_{ij}, p_{ij}, r_{ij})$ 와 $\text{SFW}_j = (c_j, a_j, b_j, d_j) \quad (j=1, \dots, n)$ 로 표현될 때 Y_i, Q_i, R_i, Z_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} Y_i &= \frac{1}{n} \sum_j q_{ij} \times c_j, \quad i=1, \dots, m, \\ Q_i &= \frac{1}{n} \sum_j o_{ij} \times a_j, \quad i=1, \dots, m, \\ R_i &= \frac{1}{n} \sum_j p_{ij} \times b_j, \quad i=1, \dots, m, \\ Z_i &= \frac{1}{n} \sum_j r_{ij} \times d_j, \quad i=1, \dots, m. \end{aligned} \quad (6)$$

2.2.8 입지 척도(Location Measure:LM)의 계산

각 후보 지역들에 대한 객관적 요소와 주관적 요소들에 대한 만족도는 OFM과 SFM에 의하여 결정되었다. 다음은 이 두 지수를 결합하여 각 후보 지역의 입지척도를 산정해야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 객관적 요소 가중치 α 와 주관적 요소 가중치($1-\alpha$)를 정하는데, 여기서 α 는 객관적 요소가 의사결정에 미치는 상대적 중요도로 정의되며 0과 1 사이의 값을 갖는다. 대체적으로 α 의 값은 통신정책이나 과거의 자료 또는 전문가의 자문을 얻어 최고경영층급에서 결정을 한다. 예를 들어, $\alpha=1$ 이면 객관적 요소만을 고려하여 입지 선정을 위한 의사결정을 하는 것이며, $\alpha=0$ 이면 주관적 요소만을 고려한 의사결정이 된다. 따라서, α 가 주어지면 각 후보 지역의 입지 척도 LM_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$LM_i = \alpha OFM_i + (1-\alpha) SFM_i, \quad i=1, \dots, m. \quad (7)$$

2.2.9 순위 결정법(Ranking Method)

앞 절에서 각 후보 지역별로 입지 척도 LM_i 가 계산되면, 이를 각 후보지역별로 비교하여 최적 입지를 선정해야 하나, LM_i 가 사다리꼴 폐지수로 표현되어 있기 때문에 직접적인 비교가 불가능하다. 따라서, 이에 대한 크기를 비교하기 위해서는 순위 결정법을 이용해야 한다.

폐지수의 크기 비교를 위한 순위 결정법에 관해서는 상당히 많은 연구가 진행되었다.(Jain 1977, Chen 1985, Kim & Park 1990 등)

그런데, Kim & Park의 방법의 특별한 경우 즉, 낙관적 추정치와 비관적 추정치에 동일 비중을 둔 것이 Chen의 방법이며, 또한 Jain의 방법은 낙관적 추정치만을 고려한 것으로 본 연구에서는 Chen의 순위 결정법을 이용하도록 한다.

Chen의 방법을 이용하여 각 후보 지역 i 의 입지 척도 LM_i 에 대한 순위값(Ranking Value) U_i 를 다음과 같이 계산한다.

만일 $LM_i = (Y_i, Q_i, R_i, Z_i)$ 라 하면,

$$\begin{aligned} U_i &= \frac{1}{2} \times \left[\frac{(Z_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min}) - (R_i - Z_i)} + \right. \\ &\quad \left. 1 - \frac{(x_{\max} - Y_i)}{(x_{\max} - x_{\min}) + (Q_i - Y_i)} \right] \\ &\quad i=1, \dots, m, \end{aligned} \quad (8)$$

여기서, $x_{\max} = \text{Max}\{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$, $x_{\min} = \text{Min}\{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$ 이다.

2.2.10 최적 입지 선정 및 민감도 분석

본 연구에서는 Chen의 방법을 적용하여 구한 각 후보지의 순위값들을 비교하여 이 중 순위값이 가장 큰 후보 지역을 최적 입지로 선정한다. 우리의 모형을 이용하여 입지 선정

과 관련한 의사결정을 내리고자 할 경우에는 관련 자료들을 수집하는 외에 2.2.8에서 기술한 객관적 요소 가중치 α 를 반드시 결정하여야 한다. 실제적으로는 객관적 요소 가중치 α 의 값은 최고 의사결정자의 주관적인 판단에 따라 달라질 수 있으므로 α 값에 따라 최적 입지 선정 결과가 좌우된다고 할 수 있다. 왜냐하면, α 값의 변화에 따라 각 후보 지역의 입지 척도가 달라지고 결과적으로 순위값이 변하게 되기 때문이다. 따라서 서로 다른 α 의 여러 값들에 대해서 최적 입지 선정 결과가 어떻게 달라지나를 알아 보기 위한 민감도 분석은 최적 입지 선정을 위한 의사 결정에도움을 줄 것이다.

아울러, 객관적 요소 비용들 중에 추정에 의해 모형에 반영된 비용들에 대해서도 민감도 분석을 수행하게 되면 의사결정에 상당히 유용한 정보를 얻을 수 있을 것이다. 본 연구에서는 이러한 민감도 분석을 위한 절차를 프로그래밍화하여 실제 응용에 효율적으로 이용할 수 있도록 하였다.

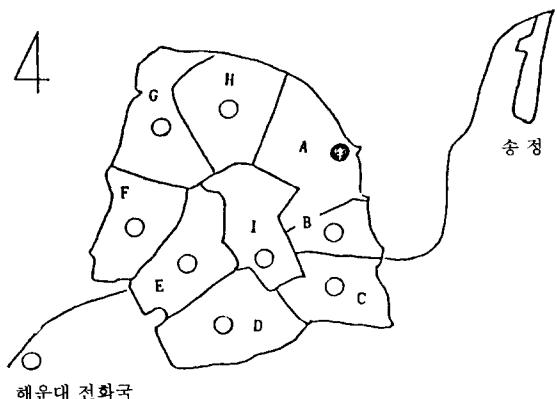
3. 사례 연구

3.1 연구 지역 선정과 자료 수집

전장에서 제시했던 전화국 입지 선정 모형의 효율성 및 실용성을 검증하기 위해 부산시 해운대구 일원인 신시가지 개발 예정지역을 대상으로 이 모형을 적용해 보고자 한다.

이 지역을 연구 대상지역으로 선정한 이유는 첫째, 해운대 신시가지에 대한 전화국 입지 선정이 이미 확정된 상태이기 때문에 각종 자료의 수집이 용이하고, 둘째, 본 연구에서 개발하여 제시한 입지선정 모형을 적용해 봄으로써 현재 부산시에 의해 전화국 입지로 예정된 지역이 과연 최적의 전화국 입지인지에 대한 타당성 검증을 할 수 있기 때문이다.

[그림 2]는 대상 지역으로 선정된 부산시 해운대구 신시가지 (송정 포함)에 대한 관련자료 및 행정구역도이며, <표 2>와 <표 3>에는 신시가지를 구분한 9개의 블록별 용도 및 수요예측 자료가 각각 나와 있다. <표 3>에서 보면 신시가지의 총 수요 예측치가 98,117L이므로 전화국 용량을 100KL으로 결정하였다.



블록	대상 지역 좌표(단위 : km)
A	(2.64, 1.82)
B	(2.60, 1.13)
C	(2.64, 0.65)
D	(1.71, 0.34)
E	(1.37, 0.89)
F	(0.89, 1.20)
G	(1.09, 1.95)
H	(1.71, 2.16)
I	(2.05, 0.86)

[그림 2] 부산시 해운대구 신시가지 행정구역도

<표 2> 부산시 해운대구 신시가지의 블록별 용도

블록별	용도별
A	공동주택(아파트)
B	공동주택, 균린생활
C	공동주택, 학교
D	공동주택, 균린생활
E	일반상업, 균린생활
F	공동주택, 학교
G	공동주택, 학교
H	공동주택, 학교
I	복합상업, 행정업무

〈표 3〉 부산시 해운대구 신시가지의 블록별 수요예측치

블록	종 국 수 요 수				
	가입전화	공중전화	전용회선	기타	계
A	13,725	95	740	209	14,769
B	12,360	100	750	189	13,399
C	14,375	80	350	212	15,022
D	5,425	50	275	83	5,833
E	5,035	65	250	81	5,431
F	7,405	65	150	110	7,750
G	6,890	90	160	100	7,040
H	11,190	70	180	164	11,604
I	4,295	160	845	76	5,376
송정	11,300	78	73	442	11,893
계	91,800	878	3,773	1,666	98,117

3.2 모형의 적용

3.2.1 대상 지역의 수집

필요국사 용량이 100KL이므로 최소부지(5200m²) 확보가 가능한 지점을 각 블록별로 9개소가 선정되었다. 여기서, 송정일원에 대해서는 대상 지역에서 제외시켰다. 그 이유로는 송정구역이 신시가지의 9개 블록과는 상당히 떨어져 있는 지역이어서 신설 전화국의 위치로 결정되기는 어렵다고 추정되기 때문이다. 또한, 블록 A의 대상 지역은 부산시에 의해 최종적으로 결정된 전화국 신설 지역이며, 블록 I의 대상 지역은 맨 처음 신시가지 개발 예정시에 계획했던 전화국 신설 예정 지역이었다. 나머지 7개소의 지역들은 편의상 각 블록의 중앙 지점으로 선정하였다. 선정된 지점의 정확한 위치는 [그림 2]에 나와 있다.

3.2.2 주 요소, 객관적 요소 및 주관적 요소의 정의

앞 장에서 제시한 주 요소, 객관적 요소 및 주관적 요소들 중에서 본 연구의 사례 연구에 채택된 요소들로는 다음과 같다.

(1) 주 요소

다른 요소와 관계없이 전화국의 설치를 고려할 경우에 반드시 만족해야 할 요소로서 전원 가용성, 선로구성 가능성 및 통신장애 여부 등을 선정하였다.

(2) 객관적 요소

비용으로 환산할 수 정량적인 요소로서 경제적 요소와 일부 기술적 요소들이 이 요소에 해당하는 것으로 가입자 선로비용, 중계선로비용, 대지 구입비용만을 선정하였다. 2.2.2에서 설명한 건축비용은 고려하고 있는 후보 지역내에서는 모두 동일하다고 보고 편의상 제외시켰다. 그러나 실질적으로 연구 결과가 의미를 갖기 위해서는 이 비용도 함께 고려해야 할 것이다.

(3) 주관적 요소

일부 기술적 요소와 대부분의 사회적 요소 등과 같이 정성적인 특성을 갖고 있는 요소로서 본 연구에서는 기술적인 요소로 선로경로상의 장애 지역 유무, 시설물에 대한 환경의 영향, 지질의 양호성, 하절기 침수지역 여부 및 유지보수의 편리성 등을 선택했으며, 사회적인 요소로 기존 전화국 위치, 교통의 편리성, 공공시설의 근접성 및 각종 공해 여부 등을 선택하였다.

3.2.3 주 요소 척도(CFM)의 평가

3.2.1에서 선정된 9개의 지역에 대해 3.2.2에서 주 요소로 채택된 전원 가용성, 선로구성 가능성 및 통신장애 여부 등의 만족 여부에 대해 CFI를 받아서 주 요소 척도를 평가한 결과 전 지역이 CFM=1인 값을 받았다.(5인의 전문가 모두 같은 응답이었음.) 따라서, 이 후부터는 9개 지역 모두에 대해 후보 지역으로 고려하여 입지 선정 작업을 진행한다.

3.2.4 객관적 요소 척도(OFM)의 평가

우선, 3.2.2에서 객관적 요소로 선정된 가입자

선로비용, 중계선로비용 및 대지구입비용 각각에 대해 비용 산출 내역을 설명하면 다음과 같다.

(1) 가입자 선로비용 산출

가입자 선로비용은 다음과 같은 비용 항목들의 합으로 계산된다.

가입자 선로비용

$$\text{케이블 구성비용} + \text{관로 구성비용} + \text{고정구획 배선비용},$$

여기서, 고정구획 배선비용은 각 블록별 가입자 수요에 따른 비용이기 때문에 전화국 입지와 상관없이 동일하므로 본 연구에서는 제외시켰다. 그러나, 이 비용도 함께 포함시키는 것이 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

1) 케이블 구성비용

케이블 구성비용은 다음의 식으로 계산할 수 있다.

$$\text{케이블 구성비용} = (A + B \times C) \times L \quad (9)$$

여기서, A=고정비 ([\(표 4\) 참조](#)).

$$B=\text{변동비 } (1\text{회선당 증가하는 비례비})$$

[\(표 4\) 참조](#),

$$C=\text{회선수 } (\text{각 블록별 수요예측치})$$

$$L=\text{후보 지역에서 각 블록별 수요밀도 중심지까지의 직각 거리} (\text{Rectilinear Distance}) \quad ([\(표 5\) 참조](#)).$$

단, 각 블록의 수요밀도 중심은 본 연구에서 선정된 후보지역으로 가정하였다.

[\(표 4\) 선로시설의 고정비와 변동비](#)
(단위 : 만원)

구 분	A	B	
지하케이블	0.4mm($L \geq 1\text{km}$ 이하)	274	1.30
	0.5mm($L \geq 1\text{km}$ 이하)	225	1.80
지 하 관 로	3,346	417	

식 (9)에 의해 산출된 각 블록별 후보 지역의 선정시 케이블 구성비용은 [\(표 6\)](#)에 나와 있다.

2) 관로 구성비용

관로 구성비용은 다음의 식으로 계산될 수 있다.

$$\text{관로 구성 비용} = (A + B \times D) \times L \quad (10)$$

여기서, A=고정비 ([\(표 4\) 참조](#)).

$$B=\text{변동비 } (\text{관로 1 공당 증가하는 비례비}) \quad ([\(표 4\) 참조](#)),$$

$$D=\text{관로공수},$$

$$L=\text{거리} (\text{각 블록별 후보 지역에서 각 블록별 수요밀도 중심지까지의 직각 거리} (\text{Rectilinear Distance})) \quad ([\(표 5\) 참조](#)).$$

식 (10)에서 관로공수 D는 케이블 조수가 들어가는 관로공의 수량을 말하는데 그 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{관로공수} = \text{계획 케이블 조수} \times \text{환경배율} + \text{여유공수} \quad (11)$$

여기서, 계획 케이블 조수는 수요예측치 $\times 1.5 / 3,600$ (케이블 적용대수)이며, 소수의 값이 나오는 경우에는 반올림을 적용하여 정수값만을 채택한다. 또한 환경배율은 1.3으로 하며, 여유공수의 값으로는 1로 한다.

식 (11)에 의해 관로공수가 계산되면, 그 값을 식 (10)에 대입하여 관로 구성 비용을 산출한다. 각 블록별 후보 지역에 대해 계산 한 관로 구성 비용은 [\(표 7\)](#)에 나와 있다.

이상의 산출 방법을 통해 계산된 각 후보 지역별 가입자 선로비용(단, 고정 구획 배선비용 제외)이 [\(표 8\)](#)에 나와 있다.

〈표 5〉

후보지역에서 각 블록까지의 거리

(단위 : km)

후보지역 \ 블록	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	0.73	1.17	2.41	2.2	2.37	1.68	1.27	1.55	2.73
B	0.73	0	0.52	1.68	1.47	1.78	2.33	1.92	0.82	3.46
C	1.17	0.52	0	1.24	1.51	2.3	2.85	2.44	0.8	3.9
D	2.41	1.68	1.24	0	0.89	1.68	2.23	1.82	0.86	5.14
E	2.20	1.47	1.51	0.89	0	0.79	1.34	1.61	0.71	4.93
F	2.37	1.78	2.30	1.68	0.79	0	0.95	1.78	1.5	5.1
G	1.68	2.33	2.85	2.23	1.34	0.95	0	0.83	2.05	4.15
H	1.27	1.92	2.44	1.82	1.61	1.78	0.83	0	1.64	3.32
I	1.55	0.82	0.80	0.86	0.71	1.5	2.05	1.64	0	4.28

〈표 6〉

케이블 구성비용

(단위 : 만원)

후보지역 \ 블록	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	계
A	0	12,916	31,900	25,846	22,002	33,595	21,667	26,812	15,348	59,056	249,141
B	14,216	0	10,297	18,017	14,701	25,232	30,050	40,535	5,955	74,848	233,852
C	31,367	9,200	0	13,298	15,101	32,603	36,756	51,514	5,810	84,366	280,016
D	64,610	40,897	33,808	0	6,528	23,814	28,760	38,424	6,246	111,191	354,227
E	58,980	35,785	41,170	6993	0	8,176	17,282	33,991	5,157	106,648	314,180
F	63,538	43,331	62,709	18,017	5,794	0	8,955	37,580	14,853	110,325	365,101
G	45,039	56,720	77,704	23,915	13,401	9,832	0	12,748	20,229	89,774	349,433
H	34,048	46,739	65,526	19,518	16,101	25,232	7,824	0	16,239	71,820	304,046
I	41,554	14,508	15,842	6,757	5,207	21,263	26,439	34,624	0	92,587	258,781

〈표 7〉

관로 구성비용

(단위 : 만원)

후보지역 \ 블록	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	계
A	0	5,182	8,794	13,089	11,031	13,860	9,124	8,486	7,772	18,242	95,579
B	5,182	0	3,908	9,124	7,371	10,409	12,654	12,829	4,111	23,120	88,710
C	8,306	3,691	0	6,734	7,571	13,450	15,478	16,304	4,011	26,060	101,607
D	17,109	11,926	9,320	0	4,462	9,825	12,111	12,161	4,312	34,345	115,572
E	15,618	10,436	11,349	4,834	0	4,620	7,278	10,758	3,560	32,942	101,394
F	16,825	12,636	17,287	9,124	3,961	0	5,159	11,894	7,521	34,078	118,485
G	11,926	16,541	21,421	12,111	6,719	5,556	0	5,546	10,279	27,730	117,828
H	9,016	13,630	18,339	9,884	8,073	10,409	4,508	0	8,223	22,184	104,266
I	11,003	5,821	6,013	4,671	3,560	8,772	11,134	10,958	0	28,599	90,531

〈표 8〉

가입자 선로비용

(단위 : 만원)

후보지역	케이블 구성비용	관로 구성비용	가입자 선로비용
A	249,141	95,579	344,720
B	233,852	88,710	322,561
C	280,016	101,607	381,622
D	354,277	115,572	469,849
E	314,180	101,394	415,573
F	365,101	118,485	483,586
G	349,433	117,828	467,261
H	304,046	104,266	408,312
I	258,781	90,531	349,312
J	606,463	221,897	828,360

(2) 중계선로비용 산출

중계선로비용은 다음의 식으로 계산할 수 있다.

중계선로비용 = $A \times L$ (12)

여기서, A =광케이블 1km 구성하는데 소요되는 비용, 단, 규격별로 비용이 다름,

(〈표 9〉 참조)

L=각 블록별 후보 지역에서 기존 전화국 (본 연구에서는 해운대 전화국)까지 거리.(〈표 10〉 참조)

〈표 9〉

광 케이블 Core별 선로 공사비

(단위 : 만원 /km)

Core별	4	6	8	10	12
비 용	4,096	4,271	4,447	4,623	4,798

〈표 10〉

중계선로거리

(단위 : km)

후보 지역	좌 표	해운대 전화국	중계선로거리
A	(2.64, 1.82)		4.46
B	(2.60, 1.13)		3.73
C	(2.64, 0.65)		3.29
D	(1.71, 0.34)		2.05
E	(1.37, 0.89)	(0, 0)	2.26
F	(0.89, 1.20)		2.09
G	(1.09, 1.95)		3.04
H	(1.71, 2.16)		3.87
I	(2.05, 0.86)		2.91

<표 11>

중계선로비용

(단위 : 만원)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
비 용	18,266	15,276	13,474	8,396	9,256	8,560	12,450	15,850	11,918

식 (12)에서 광케이블은 규격별로 구성 비용이 다르므로 우선 각 후보지역에서 해운대 전화국까지의 소요량을 다음과 같은 공식에 근거하여 산출하고자 한다.

광케이블 용량

$$= \frac{\text{소요용량} \times \text{중계회선수}}{\text{광케이블 } 1 \text{ Core 수} \times \text{용회선용량}} \quad (13)$$

여기서, 광케이블 1 Core당 수용회선용량은 1,344회선이다. 그리고, 소요용량 중계회선수는 직선 경로(Direct Route) 구성 방식(한국전기통신공사, 1989)으로 Erlang Table을 이용하여 산출하였는데 계산된 소요 회선수는 5,463회선으로 나타났다. 이것을 광케이블 Core 용량으로 계산해 보면 4 Core가 소요되므로, 식 (12)에 의해 각 후보 지역별로 중계선로비용을 계산할 수 있다. <표 11>은 그 계산 결과를 나타내고 있다.

그런데, 전화국의 중계선로는 크게 시내 회선과 시외 회선으로 구분되는데, 시내 회선은 각 후보 지역의 전화국 위치(본 연구에서는 각 후보 지역의 중심지)에서 시내 각 전화국까지, 시외 회선은 각 후보지역의 전화국 위치에서 시외 중계국 까지를 말한다. 중계선로비용은 원칙적으로 모든 시내외 중계선로에 소요되는 비용을 모두 산출하여 그 합을 비교 분석해야 하나, 본 연구에서는 통상 중계선로 루트가 기존 전화국 중계선로 루트를 이용하는 점을 감안, 편의상 1개 전화국(해운대 전화국)까지의 비용만 산출하여 분석하였다.

(3) 대지 구입비용 산출

본 사례 연구의 대상 지역으로 선정된 해운대 신시가지의 경우 현재(1992년 3월) 공시지가가 나와 있지 않고, 시에서 거주민들과 토지 수용에 대한 보상 협상이 진행중인 관계로 각 블록별 전화국 부지에 소요되는 정확한 대지 구입 비용 산출이 어려운 실정이다. 따라서, 본 사례 연구에서는 해운대 신시가지 주변의 지가를 근거로 하여 대지 구입 비용을 추정하였다. 다만, <표 2>에 나와 있는 각 블록별 용도에 따라 주택과 학교의 경우 대략 평당 200만원, 근린생활의 경우 10% 가산, 일반 상업의 경우 20% 가산 그리고 복합상업 및 행정 업무의 경우 30% 가산을 하여 대지 구입비용을 결정하였다. 각 블록별 대지 구입 비용에 관한 자료가 <표 12>에 나와 있다.

<표 12> 대지 구입 비용

(단위 : 만원)

후보 지역	지가/평	대지 구입 비용
A	200	315,200
B	220	346,720
C	200	315,200
D	220	346,720
E	240	378,240
F	200	315,200
G	200	315,200
H	200	315,200
I	260	409,760

지금까지 설명한 각 후보지역별 비용의 산출이 끝나면, 다음으로는 이 비용을 객관적 요소 척도(OFM)로 변화시키는 작업이 필요하다. 그런데, 앞에서 산출한 가입자 선로비용과 중계선로비용은 수요예측치를 기준으로 하여 산출된 것이고, 또한 대지구입비용은 객관적인 자료인 공시지가나 토지 보상비용 등에 근거하여 산출한 것이 아니기 때문에 실제로는 많은 오차가 발생할 수가 있다.

따라서, 본 연구에서는 이 비용을 대략적인 값으로 추정하여 사다리꼴 퍼지수로 표현하고자 한다. 즉, 어떤 비용을 추정하여 그 값을 K라고 할 때, 본 연구에서는 편의상(0.9K, 0.95K, 1.05K, 1.1K)과 같이 사다리꼴 퍼지수로 표현을 한다. 각 후보지역별 가입자 선로비용, 중계선로비용 및 대지 구입 비용을 사다리꼴 퍼지수로 표현하여, 이들 비용의 합을 퍼지 연산에 의해 구한 결과, 총비용에 대한 사다리꼴 퍼지수가 <표 13>에 나타나 있다.

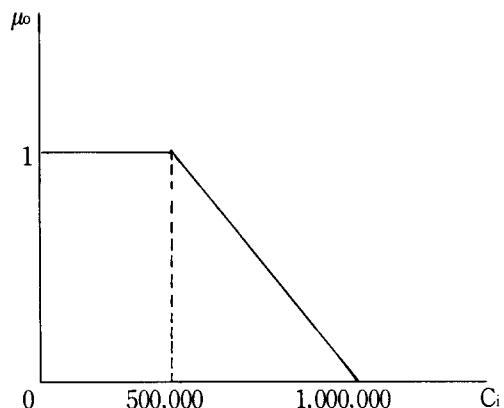
<표 13> 총비용의 사다리꼴 퍼지수 표현

후보지역	사다리꼴 퍼지수 표현
A	(610368, 644277, 712096, 746005)
B	(616102, 650330, 718786, 753013)
C	(639267, 674782, 745811, 781326)
D	(742468, 783717, 866213, 907461)
E	(722762, 762916, 843223, 883376)
F	(726611, 766978, 847713, 888080)
G	(715420, 755165, 834657, 874402)
H	(665425, 702393, 776329, 813297)
I	(693891, 732440, 809539, 848089)

또한, <표 13>의 자료에 대해 본 사례 연구에서 채택한 [그림 3]의 멤버쉽 함수를 적용하여 계산한 각 후보지역의 객관적 요소 척도(OFM)가

<표 14>에 나와 있다.

[그림 3] <표 13>의 총비용에 대한 멤버쉽 함수



<표 14> 각 후보지역의 객관적 요소 척도(OFM)

후보지역	OFMi
A	(0.51, 0.58, 0.71, 0.78)
B	(0.49, 0.56, 0.70, 0.77)
C	(0.44, 0.51, 0.65, 0.72)
D	(0.19, 0.27, 0.43, 0.52)
E	(0.23, 0.31, 0.47, 0.55)
F	(0.22, 0.30, 0.47, 0.55)
G	(0.25, 0.33, 0.49, 0.57)
H	(0.37, 0.45, 0.60, 0.67)
I	(0.30, 0.38, 0.54, 0.61)

3.2.5 주관적 요소 가중치(SFW)의 결정

주관적 요소에 대한 가중치를 결정하기 위해서 본 사례 연구에서는 한국통신 부산사업본부(교환국, 종합기획실)에 근무하는 직원 5명을 대상으로 <표 15>와 같은 설문지를 작성 배포하였으며, 이에 대한 회수 자료가 <표 16>에 요약되어 있다.

〈표 15〉

주관적 요소 만족에 대한 설문지

주관적 요소	수	우	미	양	가
선로경로상의 장애 지역 유무					
시설물에 대한 환경의 영향					
지질의 양호성					
유지 보수의 편리성					
하절기 침수 지역의 여부					
기존전화국의 위치					
교통의 편리성					
공공시설의 근접성					
각종 공해 여부					

〈표 16〉

〈표 15〉에 대한 응답 결과

주관적 요소	전문가 1	전문가 2	전문가 3	전문가 4	전문가 5
선로경로상의 장애 지역 유무	수	수	수	수	수
시설물에 대한 환경의 영향	우	우	우	우	우
지질의 양호성	수	우	미	양	우
유지 보수의 편리성	우	우	수	우	미
하절기 침수 지역의 여부	수	수	수	수	우
기존전화국의 위치	미	미	우	수	미
교통의 편리성	미	미	우	우	미
공공시설의 근접성	미	우	미	수	미
각종 공해 여부	미	수	우	미	미

2.2.5에서 정의한 각 등급에 대한 멤버쉽 함수와 식 (2)를 활용하여 각 주관적 요소에 대한 가

중치(SFW)를 계산한 결과가 〈표 17〉에 나와 있다.

〈표 17〉

각 주관적 요소 가중치(SFW)

주관적 요소	SFW _i
선로경로상의 장애 지역 유무	(0.7, 1, 1, 1)
시설물에 대한 환경의 영향	(0.5, 0.7, 0.7, 1)
지질의 양호성	(0.38, 0.64, 0.64, 0.86)
유지 보수의 편리성	(0.48, 0.72, 0.72, 0.96)
하절기 침수 지역의 여부	(0.66, 0.94, 0.94, 1)
기존전화국의 위치	(0.36, 0.64, 0.64, 0.88)
교통의 편리성	(0.32, 0.58, 0.58, 0.88)
공공시설의 근접성	(0.36, 0.64, 0.64, 0.92)
각종 공해 여부	(0.36, 0.64, 0.64, 0.88)

3.2.6 후보 지역 가중치(SW)의 결정

각 후보 지역에 대해 각 주관적 요소들에 대한 상대적인 만족도를 측정하기 위해서, 3.2.5에서 수행했던 방법과 동일하게 관련 전문가들(전 철의 전문가와 동일)에게 〈표 18〉과 같은 형태의 설문지를 작성 배포하였으며, 이에 대한 회수 자료가 〈표 19〉에 요약되어 있다.

2.2.6에서 정의한 각 등급에 대한 멤버쉽 함수와 식 (3)을 활용하여 각 후보 지역의 각 주관적 요소에 대한 가중치(SW)를 계산한 결과가 〈표 20〉에 나와 있다.

3.2.7 주관적 요소 척도(SFM)의 평가

3.2.5에서 계산한 주관적 요소 가중치(SFW)와 3.2.6에서 계산한 후보 지역 가중치(SW)를 갖고

서 2.2.7의 식 (4)와 (5)를 적용하여 산출한 각 후보 지역의 주관적 요소 척도(SFM)가 〈표 21〉에 나와 있다.

<표 18>

후보 지역의 주관적 요소들에 대한 만족도에 관한 설문지

주관적 요소 \ 후보 지역	A	B	C	D	E	F	G	H	I
선로경로상의 장애 지역 유무									
시설물에 대한 환경의 영향									
지질의 양호성									
유지 보수의 편리성									
하절기 침수 지역의 여부									
기존전화국의 위치									
교통의 편리성									
공공시설의 근접성									
각종 공해 여부									

* 각 주관적 요소에 대한 후보 지역의 만족 정도를 수, 수-우, 우, 우-미, 미, 미-양, 양, 양-가, 가의 9등급으로 답하시오.

〈표 19〉

〈표 18〉에 대한 응답 결과

주관적 요소 \ 후보 지역	A	B	C	D	E	F	G	H	I
선로경로상의 장애 지역 유무	우*	수-우	수-우	수-우	수-우	우	우	우	수-우
	수**	수	우-미	양	양	미	수	수	수
	우***	수-우	수-우	수-우	수-우	우	우	우	우
	우****	우	우	우	우	우	수-우	수	수
	수*****	우	우	우	우	우	우	우	우
시설물에 대한 환경의 영향	수-우*	미	미	미	미	수-우	수-우	수-우	수-우
	수-우**	미	미	미	미	수-우	미	수-우	수-우
	수-우***	미	미	우-미	우-미	수-우	수-우	수-우	수-우
	수-우****	미	미	미	미	수-우	수-우	수-우	수-우
	우*****	우	우	우	우	우	우	우	우
지질의 양호성	수*	수-우	우-미	미	수-우	수	수-우	수-우	수-우
	수**	수-우	우-미	미	수-우	수-우	수-우	수-우	수-우
	수***	수-우	우-미	우-미	우-미	수	수	수-우	수-우
	수****	수-우	우-미	우-미	수-우	수	수-우	수-우	수-우
	우*****	미	우	우	우	우	우	우	수
유지 보수의 편리성	미*	수-우	수-우	수-우	우-미	우-미	우-미	미	수
	미**	수-우	수-우	수-우	우-미	우-미	우-미	미	수
	우-미***	수	우-미	우-미	수	우-미	우-미	미	수
	미****	수-우	수-우	수-우	우	우	우	우	수-우
	우*****	수	수	수	가	양	양	가	가
하절기 침수 지역의 여부	수*	수-우	수-우	미	우-미	수-우	수-우	수	수
	수**	수-우	수-우	미	우-미	수-우	수-우	수	수
	수***	수-우	수-우	미	우-미	우-미	수-우	수	수
	수****	수-우	수-우	우	우	우	우-미	수	수
	수*****	우	우	수	수	수	우	우	우
기존 전화국의 위치	수*	수-우	수-우	미	미	수	수-우	수	미
	수**	수-우	수-우	미	미	수	수-우	수	우
	수***	수-우	수-우	우	우	수-우	수-우	수-우	우
	수****	수-우	수-우	미	미	수	수-우	수	미
	수*****	우	양	가	가	양	우	우	수

〈표 19〉 (계속)

주관적 요소 \ 후보 지역	A	B	C	D	E	F	G	H	I
교통의 편리성	미*	우-미	우-미	수-우	수-우	우-미	우-미	미	수
	미**	우-미	우-미	수-우	수-우	우-미	우-미	미	수
	미***	우	우	수-우	수-우	우-미	우-미	미	수
	미****	우-미	우-미	수-우	수-우	우-미	우-미	미	수
	우*****	수	수	수	수	수	수	수	우
공공시설의 근접성	우*	우	우	우	우	우	우	우	수
	우**	우	우	우	우	우	우	우	수
	우***	우	우	우	우	우	수	수	수
	우****	우	우	우	우	우	우	우	우
	수*****	양	양	가	양	우	우	수	수
각종 공해 여부	수-우*	수-우	수-우	수-우	수-우	수-우	수-우	수	수-우
	수-우**	수-우	수-우	수-우	수-우	수-우	수	수	수-우
	수-우***	수	수	수	수	수	수	수	수
	수-우****	우	우	우	수-우	수-우	수-우	수	수-우
	수*****	우	수	수	수	수	수	수	수

*전문가 1, **: 전문가 2, ***: 전문가 3, ****: 전문가 4, *****: 전문가 5.

〈표 21〉 주관적 요소 척도(SFM)의 계산

후보지역	주관적 요소 척도(SFM _i)
A	(0.2922 0.6042 0.6328 0.8884)
B	(0.2580 0.5510 0.6262 0.8864)
C	(0.2341 0.5134 0.6058 0.8804)
D	(0.2154 0.4810 0.5335 0.8167)
E	(0.2163 0.4832 0.5380 0.8152)
F	(0.2537 0.5464 0.6220 0.8999)
G	(0.2550 0.5486 0.6367 0.9116)
H	(0.2824 0.5873 0.6184 0.8714)
I	(0.3063 0.6247 0.6647 0.9023)

3.2.8 입지 척도(LM)의 계산

지금까지 해운대 신시가지의 각 후보 지역의 객관적 요소와 주관적 요소에 대한 만족도를 계산하였다. 다음으로 이 두가지 요소들에 대한 지수를 결합하여 각 후보 지역별로 입지 척도를 산정해야 한다. 본 연구에서는 2.2.8에서 정의한 객관적 요소 가중치 α 를 0.5로 하고서 입지 척도를 계산하였다. 〈표 22〉에는 〈표 14〉와 〈표 21〉의 자료를 활용하여 $\alpha=0.5$ 일 때 각 후보 지역의 입지 척도를 계산한 결과가 나와 있다.

〈표 20〉 후보지역의 주관적 요소에 대한 가중치

후보 지역 주관적 요소	A	B	C	D
선로경로상의 장애 지역 유무	(0.68, 0.88, 0.88, 1.00)	(0.64, 0.84, 0.92, 1.00)	(0.54, 0.74, 0.88, 0.76)	(0.48, 0.68, 0.76, 0.88)
시설물에 대한 환경의 영향	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.36, 0.56, 0.56, 0.76)	(0.36, 0.56, 0.56, 0.76)	(0.36, 0.56, 0.62, 0.82)
지질의 양호성	(0.76, 0.96, 0.96, 1.00)	(0.54, 0.74, 0.90, 0.94)	(0.36, 0.56, 0.80, 0.10)	(0.36, 0.56, 0.68, 0.88)
유지보수의 편리성	(0.36, 0.56, 0.62, 0.82)	(0.68, 0.68, 1.00, 1.00)	(0.58, 0.78, 0.96, 1.00)	(0.58, 0.78, 0.96, 1.00)
하절기 침수 지역의 여부	(0.80, 1.00, 1.00, 1.00)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.42, 0.62, 0.62, 0.82)
기존 전화국의 위치	(0.80, 1.00, 1.00, 1.00)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.48, 0.68, 0.84, 0.88)	(0.30, 0.46, 0.46, 0.66)
교통의 편리성	(0.36, 0.56, 0.56, 0.76)	(0.46, 0.66, 0.84, 1.00)	(0.46, 0.66, 0.84, 1.00)	(0.64, 0.84, 1.00, 1.00)
공공시설의 균집성	(0.64, 0.84, 0.84, 1.00)	(0.48, 0.68, 0.68, 0.88)	(0.48, 0.68, 0.68, 0.88)	(0.48, 0.64, 0.64, 0.34)
각종 공해 여부	(0.64, 0.84, 1.00, 1.00)	(0.64, 0.84, 0.92, 1.00)	(0.68, 0.88, 0.96, 1.00)	(0.68, 0.88, 0.96, 1.00)

E	F	G	H	I
(0.48, 0.68, 0.76, 1.00)	(0.54, 0.74, 0.78, 0.94)	(0.64, 0.84, 0.88, 1.00)	(0.64, 0.84, 0.88, 1.00)	(0.68, 0.88, 0.92, 1.00)
(0.36, 0.56, 0.62, 0.82)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.54, 0.74, 0.86, 0.94)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)
(0.54, 0.74, 0.92, 1.00)	(0.72, 0.92, 0.96, 1.00)	(0.64, 0.84, 0.96, 1.00)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.60, 0.80, 1.00, 1.00)
(0.40, 0.56, 0.68, 0.84)	(0.30, 0.50, 0.68, 0.88)	(0.30, 0.50, 0.68, 0.88)	(0.30, 0.46, 0.46, 0.66)	(0.60, 0.76, 0.80, 0.84)
(0.46, 0.66, 0.66, 0.82)	(0.58, 0.78, 0.92, 1.00)	(0.54, 0.74, 0.92, 1.00)	(0.76, 0.96, 0.96, 1.00)	(0.76, 0.96, 0.96, 1.00)
(0.30, 0.46, 0.46, 0.66)	(0.60, 0.80, 0.84, 0.88)	(0.60, 0.80, 0.96, 1.00)	(0.72, 0.92, 0.96, 1.00)	(0.62, 0.72, 0.72, 0.88)
(0.64, 0.84, 1.00, 1.00)	(0.40, 0.60, 0.84, 1.00)	(0.40, 0.60, 0.84, 1.00)	(0.40, 0.60, 0.60, 0.76)	(0.76, 0.96, 0.96, 1.00)
(0.48, 0.68, 0.68, 0.88)	(0.60, 0.80, 0.80, 1.00)	(0.64, 0.84, 0.84, 1.00)	(0.68, 0.88, 0.88, 1.00)	(0.80, 1.00, 1.00, 1.00)
(0.68, 0.88, 1.00, 1.00)	(0.68, 0.88, 1.00, 1.00)	(0.72, 0.92, 1.00, 1.99)	(0.80, 1.00, 1.00, 1.00)	(0.68, 0.88, 0.96, 1.00)

〈표 22〉 각 후보 지역의 입지 척도 (LM)의 계산
($\alpha=0.5$ 일 때)

후보지역	입지 척도 (LM_i)
A	(0.40, 0.59, 0.67, 0.84)
B	(0.38, 0.56, 0.66, 0.83)
C	(0.34, 0.51, 0.63, 0.80)
D	(0.20, 0.37, 0.48, 0.67)
E	(0.22, 0.40, 0.51, 0.68)
F	(0.24, 0.43, 0.54, 0.72)
G	(0.25, 0.44, 0.56, 0.74)
H	(0.33, 0.52, 0.61, 0.77)
I	(0.31, 0.50, 0.60, 0.76)

여 계산한 각 후보 지역의 순위값 및 이를 근거로 결정한 최적 입지가 〈표 23〉에 나와 있다. 또한 〈표 24〉에는 $\alpha=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$ 의 5가지 경우에 대해 순위값의 변동 및 최적 입지 선정을 보여 주고 있다.

〈표 23〉 〈표 22〉의 자료에 의한 최적 입지 선정

후보지역	U_i
A	0.6351 최적 입지
B	0.6117
C	0.5645
D	0.3929
E	0.4210
F	0.4590
G	0.4791
H	0.5502
I	0.5341

3.2.9 최적 입지 선정 및 민감도 분석

2장에서 언급한 바와 같이 본 사례 연구에서는 각 후보 지역의 입지 척도를 비교하기 위해 Chen 이 제시한 순위 결정법을 채택하였다. 따라서, 〈표 22〉의 자료에 2.2.8의 식 (7)을 적용하

〈표 24〉 입지 선정에 대한 민감도 분석($\alpha=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$ 일때)

후보지역	U_i				
	$\alpha=0$	$\alpha=0.25$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.75$	$\alpha=1$
A	0.5464	0.5942*	0.6351*	0.6840*	0.7439*
B	0.5204	0.5692	0.6117	0.6625	0.7244
C	0.4952	0.5336	0.5645	0.6014	0.6462
D	0.4450	0.4268	0.3929	0.3528	0.3048
E	0.4471	0.4410	0.4210	0.3974	0.3691
F	0.5187	0.4981	0.4590	0.4126	0.3565
G	0.5268	0.5117	0.4791	0.4402	0.3931
H	0.5313	0.5470	0.5502	0.5540	0.5585
I	0.5695*	0.5608	0.5341	0.5024	0.4640

*최적 입지

3.3 결과 분석 및 토론 사항

본 사례 연구로 채택된 부산시 해운대구 신시가지 (송정포함)의 신설 전화국의 최적 입지로는 <표 22>에 나와 있듯이 순위값이 0.6349로 최대의 값을 갖는 A 지역이 선정되었다. 그런데, 이 지역은 [그림 2]에 나와 있는 것처럼 이미 부산시에 의해 전화국 입지로 결정된 지역이므로, 본 연구에 근거하여 평가해 보면 부산시에서 계획하고 있는 신설 전화국의 위치는 적절하게 선정되어졌다고 할 수 있다. 또한, 신시가지 개발을 위한 초기 단계에 전화국 위치로 고려하였던 I지역은 <표 22>에서 보면 9개의 후보 지역 중 0.5585로서 4위의 성적을 갖고 있는 것으로 나와 있다. 그리고, 일반적으로 수행되는 정량적 입지선정 즉, 객관적 요소만을 고려한 경우를 보면 <표 23>에서 객관적 요소 가중치 α 가 1의 값을 갖는 경우로서 A지역이 0.7438로서 최대의 순위값을 갖게 되어 $\alpha=0.5$ 의 경우와 동일한 결과가 나온다.

본 사례 연구의 결과가 100% 정확하다고 할 수는 없다. 왜냐하면, 객관적 요소로 채택되었던 가입자 선로비용과 중계선로비용의 경우에 수요 예측치의 오차를 $\pm 10\%$ 로 하였는데 이에 대한 정확성 여부가 문제될 수 있고, 또한 대지 구입비용의 경우에 주변 지가에 근거하여 비용을 산정함으로 인해 본 연구에서 추정 계산된 비용과 실제 비용과는 상당한 차이가 발생할 수 있을 것이기 때문이다. 그리고, 본 사례 연구에서는 9개의 주관적 요소만 채택하였지만 그 외에도 고려대상으로 추가해야 할 주관적 요소는 상당수 있을 것으로 생각된다. 그리고, 본 사례 연구를 위해 설문에 응답해 준 한국통신 부산사업본부의 교환국과 종합기획실에 근무하는 전문가 5인의 응답 결과가 실질적으로 모든 주관적 요소에 대한 정확한 평가를 내리지 못했을 가능성이 많다. 즉, 일

부 요소에 대해서는 전문 지식을 갖고 있지만 다른 요소들에 대해서는 그에 관한 전문 지식을 종합 정리함으로써 일부 전문가의 치우친 값은 자연 보정이 될 것으로 생각된다. 다만, 한가지 아쉬운 점이라면 좀 더 많은 전문가들로부터 의견을 받을 수 있었다면 더 정확한 결과를 얻을 수 있었을 것이란 점이다. 따라서, 본 연구에서 개발한 모형을 실제 사례에 적용할 경우, 일부 자료의 추가 및 그 값의 정확성만 보강된다면 본 연구에서 제시한 전화국 입지 선정 모형이 보다 더 현실적으로 잘 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

지금까지 신도시 전화국 입지 선정에 관한 연구 방법 및 모형을 제시하고, 이 모형의 효율성을 검증하기 위해 부산시 해운대구 신시가지를 대상으로 한 사례 연구를 통해 본 모형을 적용해 보았다. 모형에 반영해야 할 자료들의 완벽한 수집이 어려운 상황에서, 해운대 신시가지에 대해 모형을 적용해 본 결과 선정된 전화국 위치는 우연하게도 부산시가 계획하고 있는 위치와 일치하였다. 그러나, 이러한 결과는 추후에 정확한 자료들이 수집이 될 경우에 달라질 수가 있기 때문에, 이번 사례 연구에 대한 결과가 반드시 최적이라고는 볼 수 없다.

설비의 입지 선정에 관한 분석은 공장이나 공공시설 그리고 서비스업체 등에 광범위하게 적용될 수 있으며, 이러한 다양한 활용성은 주로 경제적 관점에서 이용되었다. 그러나, 전기통신사업의 공공성과 문화성이 경제적 측면을 넘어서 문화적 그리고 국민생활적인 측면 등 다각적으로 사회 각 분야에 영향을 미치게 되는 오늘날에 있어서는 최대 이윤 또는 최소 비용을 위한 ‘장소적 적합성’이라는 입지 요인의 분석 기법은 적절하다고

할 수 없다. 따라서, 본 연구에서와 같이 전화국 입지 선정을 위한 모형의 개발과 사례 연구를 통해서 경제적 요소 이외의 요소에 대해서도 고려해 보는 것이 바람직하다고 생각된다. 이는 본 연

구 방법이 사회적 욕구 충족을 위해 모든 요소를 고려함으로써 전화국 입지 선정을 위해 합리적인 의사결정을 내릴 수 있는 한 방안이 될 수 있기 때문이다.

参考文献

1. R.E. Bellman and L.A. Zadeh, "Decision making in a fuzzy environment," *Management Science* 17 (1970) B141–B164.
2. P.A. Brown and D.F. Gibson, "Systematic facility site selection monograph," Department of Industrial Engineering /Computer Science, Montana State University, Bozeman, Mont.
3. S. Chanas, "The use of parametric programming in fuzzy linear programming," *Fuzzy Sets and Systems* 11 (1983) 243–251.
4. S.H. Chen, "Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set," *Fuzzy Sets and Systems* 17 (1985) 113–129.
5. K.H. Chung and D.W. Tcha, "A fuzzy set-theoretic method for public facility location," *European Journal of Operational Research* 58(1992) 90–98.
6. J. Darzentas, "A discrete location model with fuzzy accessibility measures," *Fuzzy Sets and Systems* 23 (1987) 149–158.
7. N. Dee and J.C. Liebermann, "Optimal location of public facilities," *Naval Research Logistics Quarterly* 19 (1972) 753–759.
8. M.L. Francis, L.F. Mcginnis and J.A. White, "Locational analysis," *European Journal of Operational Research* 12 (1983) 220–252.
9. J. Grobelny, "The fuzzy approach to facilities layout problems," *Fuzzy Sets and Systems* 23 (1987) 175–190.
10. R. Jain, "A procedure for multiple-aspect decision making using fuzzy sets," *International Journal of Systems Science* 8 (1977) 1–7.
11. J.V. Juker and R.C. Carlson, "The simple plant location problem under uncertainty," *Operations Research* 24(1976) 1045–1055.
12. K. Kim and K.S. Park, "Ranking fuzzy numbers with index of optimism," *Fuzzy Sets and Systems* 35 (1990) 143–150.
13. J. Krarup and P.M. Pruzan, "The simple plant location problem : survey and synthesis," *European Journal of Operational Research* 12 (1983) 36–81.
14. G. Liang and M. Wang, "A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection," *International Journal of Production Research* 29 (1991) 2313–2330.

15. F. Louveaux and J.F. Thisse, "Production and location on a network under demand uncertainty," *Operations Research Letters* 4 (1985) 145–149.
16. L.F. McGinnis, "A survey of recent results for a class of facilities location problems," *AIEE Transactions* 9 (1977) 11–18.
17. C. Revelle, D. Marks and J.C. Liebmann, "An analysis of private and public sector location models," *Management Science* 16 (1970) 692–707.
18. G.T. Ross and R.M. Soland, "A multicriteria approach to the location of public facilities," *European Journal of Operational Research* 4 (1980) 307–321.
19. J.F. Thisse and H.G. Zoller, *Locational Analysis of Public Facilities*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1983.
20. L.A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control* 8 (1965) 338–353.
21. H.J. Zimmermann, "Fuzzy programming and integer programming with several objective functions," *Fuzzy Sets and Systems* 1 (1978) 45–55.
22. H.J. Zimmermann, "Using fuzzy sets in operational research," *European Journal of Operational Research* 13 (1983) 201–216.
23. H.J. Zimmermann, "Applications of fuzzy set theory to mathematical programming," *Information Science* 36 (1985) 25–58.
24. 통신시설사무소, 부산 통화권 장기선로망 계획, 대한 엔지니어링, 1988.
25. 한국통신 기술실기술기준국, 트래픽 관리기준, 1989.
26. 한국통신, 회계규정집, 1990.
27. 한국통신 연구개발단, 선로시설설계기준, 1990.
28. 한국통신 연구개발단, 치국 및 중계망 계획 수립지원-90년도 중간 보고서, 1990.

AN ALGORITHM FOR RESOLUTION OF RESOURCE CONFLICTS IN SCHEDULING[†]

JAEMIN HAN

ABSTRACT

A two phase heuristic algorithm has been developed for the resolution of resource conflicts in a single project scheduling problem. Phase 1 of the algorithm generates a feasible schedule by repairing resource conflicts. Phase 2 finds local improvements in the schedule found in phase 1. Then, the algorithm has been applied to multi project and job shop scheduling. Computational results are compared with those of dispatching procedures.

Index Terms—disjunctive constraints, heuristic algorithm, project scheduling, job-shop scheduling

1. The Problem

The problem of project management has undergone serious scrutiny since the development of CPM (critical path method) and PERT (program evaluation and review technique). One of the most frustrating problems in project management is to generate a good feasible schedule. This research investigates the problem of resource conflicts in project scheduling constrained with multiple units of multiple resource types and suggests a new heuristic solution method which can produce better schedules than existing heuristic methods. The algorithm has been originally developed in the single project scheduling domain and proved to be applicable to other problems such as multiproject scheduling and job shop scheduling.

The project scheduling problem addressed in this study can be described on four dimensions by:

- (1) A project has a number of distinct activities with known integer-valued durations.

[†]This paper was supported in part by NON DIRECTED RESEARCH FUND, Korea Research Foundation, 1991.