

## 네트 · 유희 技法의 割當問題에의 應用

(A Network Application to the Examiner-examinee Assignment Problem)

朴 潤 基 \*  
吳 炯 在 \*\*

### Abstract

The aim of this study is to minimize the total distance travelled by the examiners of college entrance examination committee, from their homes to the designated schools, such that the examiners are assigned to each school satisfying certain criteria.

A network model is used and the Out-of-Kilter algorithm is applied to solve the examiner-examinee assignment problem.

The result is proved to be fairly adequate not only in this problem, but also to the similar situations encountered in, say, school-grouping of junior/senior high schools, and an administration district allocation problem, etc.

### I. 序 論

割當문제는 선형계획의 대표적인 문제중의 하나로 오래전부터 관심의 대상이 되어왔다.

그러나 상기한 문제를 푸는데에 있어서 변수가 증가함에 따라 computing time이 지수함수적으로 증가하기 때문에 어려운 점이 있다.

이런 경우 Out-of-Kilter Algorithm (OKA)은 자원을 효율적으로 배분시킬 수 있는 알고리즘으로서 수송문제의 대표적인 해법중의 하나로 평가되고 있으며 교통량 분석을 위해서도 단일물품(single commodity)

수송만을 고려할 경우에는 대기행렬기법 대신 본 기법을 널리 이용하고 있는 실정이다.

본연구에서는 대입학력고사시 각고사장에 감독요원을 배치하는 사례연구를 통하여 OKA를 이용한 최소비용문제해결의 가능성을 제시하였다.

현재의 요원배치방법은 그들이 소속되지 않은 타지역의 고사장으로 배치되는 경우가 많다. 이로 인해 요원들 대부분이 필요이상으로 장거리를 출근하여 겪는 불편이 클뿐 아니라 도심의 교통체증을 크게 가중시키는 결과마저 초래하고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전체 감독요원의 출근거리

\* 성균관대 경영행정대학원

\*\* 서울시립대

총합의 극소화를 포함과 동시에 각 고사장별 제반 요구조건을 충족시킴에 주안점을 두고 배치모형을 형성하였다.

## II. 이론적 배경

### 가. 쌍대성 및 Complementary Slackness

정리

선형계획문제의 구조는 주로 극대화와 극소화의 두 형태로 대별 할 수 있는데 이 두 형태의 문제는 수학적 연관성을 밀접하게 가지기 때문에 어느 한 문제를 심플렉스표에 의해 해결하면 쌍대문제의 변수들의 최적해가 자동적으로 구해진다. 또한 이 두 해들 사이에 Complementary slackness의 관계가 성립한다.

즉 Primal :  $\text{Max. } Z_x = \mathbf{CX} + \mathbf{OS}$

$$\text{s. t. } \mathbf{AX} + \mathbf{S} = \mathbf{B}$$

$$\mathbf{X}, \mathbf{S} \geq \mathbf{0}, \mathbf{S} : \text{slack 변수}$$

$$\text{Dual : } \text{Min. } Z_y = \mathbf{B}'\mathbf{Y} + \mathbf{OT}$$

$$\text{s. t. } \mathbf{A}'\mathbf{Y} - \mathbf{T} = \mathbf{C}'$$

$$\mathbf{Y}, \mathbf{T} \geq \mathbf{0}, \mathbf{T} : \text{slack 변수}$$

의 두 실행가능해 :  $(\mathbf{X}^*, \mathbf{S}^*)$ ,  $(\mathbf{Y}^*, \mathbf{T}^*)$  사이에 다음 Complementary Slackness 정리가 성립된다.

$$\text{정리 1 } \mathbf{X}^* \cdot \mathbf{T}^* = \mathbf{0}$$

$$(\mathbf{X}^* > \mathbf{0} \text{ 이면 } \mathbf{T}^* = \mathbf{0}, \mathbf{X}^* = \mathbf{0} \text{ 이면 } \mathbf{T}^* > \mathbf{0})$$

나. 네트워크에서 노드포텐셜 (node potential)의 의미

네트워크는 노드(節點)와 그들을 연결하는 아크(通路)의 집합체로서, 어떤 한 분배시스템에서의 유량의 흐름은 그 네트워크속의 아크위에 나타난다. 이때 노드로 연결된 아크에 적절한 흐름이 이뤄져야 최단경로, 최소비용, 최적유량문제가 해결된다. 이와같은 노드사이의 흐름을 조절하는 작용을 하는 힘을 노드포텐셜이라 한다.

다음 예제는 노드포텐셜과 유량사이에 쌍대관계가 있어서 이 노드포텐셜을 이용하여 최

적해를 구하는 방법이 대단히 유용한 것임을 보이고 있다.

예제: 다음 <그림 2-1>의 네트워크에서 최소의 비용으로 유량을 보낼 최적경로는?

(해)

Primal :

$$\text{Min. } Z_f = 10f_1 + 3f_2 + 15f_3$$

$$\text{s. t. } f_1 + f_3 = 2$$

$$f_1 - f_2 = 0$$

$$f_2 + f_3 = 2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$f_i \geq 0, i = 1, 2, 3$$

Dual :

$$\text{Max. } Z_\pi = 2\pi_1 + 0\pi_2 + 2\pi_3$$

$$\text{s. t. } \pi_1 + \pi_2 \leq 10$$

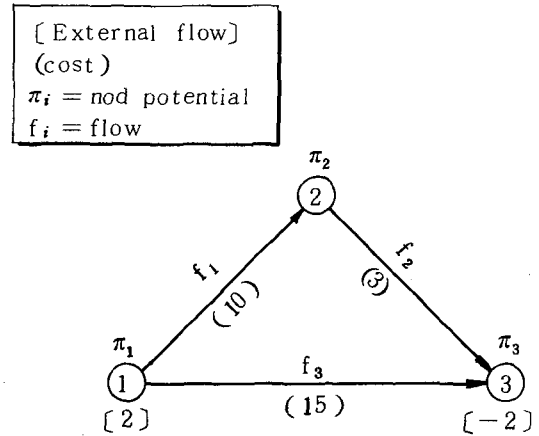
$$-\pi_2 + \pi_3 \leq 3 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\pi_1 + \pi_3 \leq 15$$

$$\pi_i \geq 0, i = 1, 2, 3$$

(1)에서  $f_1 = 2, f_2 = 2, f_3 = 0$ , 최적경로 : ① → ② → ③

(2)에서  $\pi_1 = 0, \pi_2 = 10, \pi_3 = 13$ 의 해를 얻게 된다. 이 해를 도시하면 <그림 2-



<그림 2-1> 최적경로 선정문제

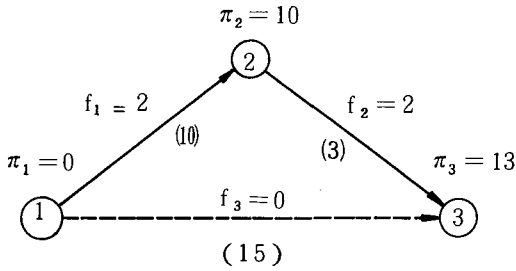
2) 와 같다.

<그림 2-2>에서  $d_k = \pi_i - \pi_j + h_k$ 로 정하면

$$\text{경로 } ① \rightarrow ② : d_1 = 0, f_1 = 2$$

$$\text{경로 } ② \rightarrow ③ : d_2 = 0, f_2 = 2$$

(cost) = (h<sub>k</sub>)



〈그림 2-2〉 최적경로와 노드포텐셜

경로 ①→③: d<sub>3</sub>>0, f<sub>3</sub>=0 을 얻게 되어 다음 정리 2가 성립한다.

정리 2: d<sub>k</sub>=0이면 f<sub>k</sub>>0, d<sub>k</sub>>0 이면 f<sub>k</sub>=0.

정리 2는 노드포텐셜의 조절로 유량의 흐름을 결정할 수 있음을 나타낸다. 정리 1, 2에서 d<sub>k</sub>와 f<sub>k</sub> 사이의 관계를 유도하면 다음과 같다.

Primal : Min. **hf**  
 s. t. **Af = b**  
**f ≤ c** ..... (1)  
**f ≥ 0**

Dual : Min. **πb + δc**  
 s. t. **πA + δI ≥ -h** ..... (2)  
**δ ≥ 0**

(1)의 최적해 : **f\*** (= **x\***)

(2)의 slack 변수 y의 최적해 : **y\***라 하면 slack y = π<sub>i</sub> - π<sub>j</sub> + h + δI에서 y\* = π<sub>i</sub> - π<sub>j</sub> + δ + h,

정리 1에 의해

f · (π<sub>i</sub> - π<sub>j</sub> + δ + h) = 0 ..... (3)

정리 3: [π, δ]가 Dual (2)의 최적해이면 δ<sub>k</sub> = max. [0, -d<sub>k</sub>] (단, d<sub>k</sub> = π<sub>i</sub> - π<sub>j</sub> + h<sub>k</sub>) 식(3), 정리 1, 정리 3에서

d<sub>k</sub> + δ<sub>k</sub> > 0이면 f<sub>k</sub> = 0 ..... (4)  
 d<sub>k</sub> + δ<sub>k</sub> = 0이면 f<sub>k</sub> > 0

식(4), 정리 3에서

- i) d<sub>k</sub> > 0이면 δ<sub>k</sub> = 0, d<sub>k</sub> + δ<sub>k</sub> > 0, f<sub>k</sub> = 0
- ii) d<sub>k</sub> = 0이면 δ<sub>k</sub> = 0, d<sub>k</sub> + δ<sub>k</sub> = 0, f<sub>k</sub> > 0
- iii) d<sub>k</sub> < 0이면 δ<sub>k</sub> = -d<sub>k</sub>, d<sub>k</sub> + δ<sub>k</sub> = 0, f<sub>k</sub> > 0

### III. OKA 방법

#### 가. 기본개념

OKA 네트워크모델에서 각 노드에 포텐셜 π<sub>i</sub>, 각 아크에는 유량(f<sub>k</sub>)과 비용(h<sub>k</sub>)의 초기치가 결정되면 이에 의해 네트워크에 있는 모든 아크는 complementary slackness 만족여부에 따라 <표 3-1>의 9가지 유형 중의 어느 한 상태로 결정되어진다. 이때 조건을 만족하는 상태(α, β, ρ)를 in-kilter 상태, 그렇지 않은 상태(α<sub>1</sub>, β<sub>1</sub>, ρ<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>, β<sub>2</sub>, ρ<sub>2</sub>)를 out-of-kilter 상태라 한다.

Complementary Slackness 최적조건 :

- (a) d<sub>k</sub> > 0이면 f<sub>k</sub> = c<sub>k</sub>
- (b) d<sub>k</sub> = 0이면 c<sub>k</sub> < f<sub>k</sub> < c<sub>k</sub>
- (c) d<sub>k</sub> < 0이면 f<sub>k</sub> = c<sub>k</sub>

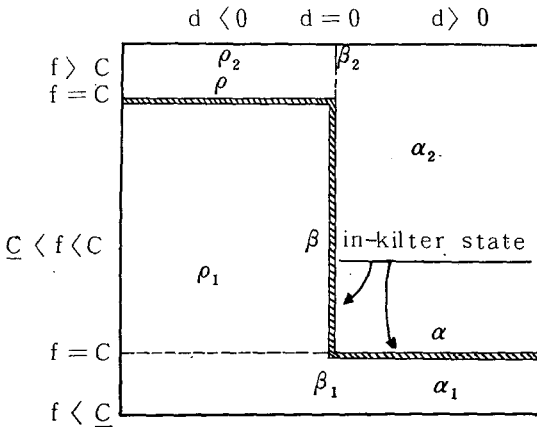
이 kilter 상태의 그래프는 <그림 3-2>와 같으며, 이러한 kilter 상태의 기초위에서 네트워크의 모든 아크를 in-kilter로 했을 때의 흐름이 optimal로 되는 것이 OKA의 기본개념이다.

〈표 3-1〉 The Kilter States

상태	d	f	in-kilter?	이유
α	d > 0	f = <u>C</u>	yes	(a) 만족
β	d = 0	<u>0</u> < f < C	yes	(b) "
ρ	d < 0	f = C	yes	(c) "
α <sub>1</sub>	d > 0	f < <u>C</u>	no	(a) 위반
β <sub>1</sub>	d = 0	f < <u>C</u>	no	(b) "
ρ <sub>1</sub>	d < 0	f < C	no	(c) "
α <sub>2</sub>	d > 0	f > <u>C</u>	no	(a) "
β <sub>2</sub>	d > 0	f > C	no	(b) "
ρ <sub>2</sub>	d > 0	f > C	no	(c) "

kilter에 의해 이행되는 엘거리즘의 주요 골자 세가지는 다음과 같다.

- 1) out-of-kilter 아크를 찾는다.
- 2) 노드포텐셜을 고정시키고 네트워크의 유량의 변경을 통해 1)에서 찾은 아크의



〈그림 3-2〉 Kilter States 의 도식

in-kilter 로의 변환을 시도한다.

3) 2) 에서 실패하면 노드포텐셜을 변경시켜 in-kilter 아크로의 변환을 시도한다.

#### 나. OKA 엘거리즘

목적 : conservation of flow를 만족하는 최초의 유량과 임의의 노드포텐셜이 주어졌을 때 최적해를 얻기 위해 유량과 노드포텐셜을 수정한다. 만일 실행가능해가 없으면 서브루틴은 INFEAS = 1로 한다.

step 1. (INITIAL)  $k_0 = 1$ , FIN (optimum termination) = 0, INFEAS (infeasibility indicator) = 0,

step 2. (FIND) 아크  $k_0$ 가 in-kilter 인가? Out-of-kilter이면 아크  $k_0(i_0, j_0)$ 를 in-kilter로 하기에 필요한 유량의 변경방향(CH=1 : 증, CH=-1 : 감)과 유량의변경량의 결정터미널로 간다.  $k_0$ 가 in-kilter이면 Out-of-kilter인 다른 아크를 찾는다. 그것이 새로운  $k_0$ 다. 위의 방법을 반복시행하여 Out-of-kilter 아크가 없으면 FIN = 1, 최적해를 가지고 되돌아감.

step 3. (FLOW) 네트워크에서 아크  $k_0(i_0, j_0)$ 를 in-kilter로 하기 위해 유량을 조절한다. 이것이 가능하면 INF = 0, step 2로 간다. 불가능

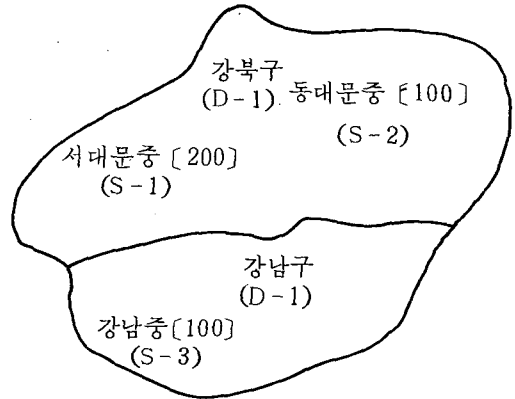
하면 INF = 1로 하고 step 4로 step 4. (POTENT) 아크  $k_0(i_0, j_0)$ 를 in-kilter로 하거나 유량을 더욱 많이 보내기 위해 노드포텐셜을 조절, 노드포텐셜이 조절되어 아크  $k_0$ 가 in-kilter이면 step 2로, 조절되지 않으면 step 3으로, 만일 포텐셜의 조정이 불가능하면 원문제에 실행가능해가 없다. INFEAS = 1로 하고 최초의 문제로 돌아간다.

#### IV. 사례연구

##### 가. 연구의 범위

대입학력고사장의 감독요원배치를 위한 모델로서 현재에 비해 감독요원의 편의를 현저히 높이기 위해 배치의 기본을 거주지 중심으로 하여 전체감독요원의 출근비용거리의 총합을 극소화함을 그 목적으로 하였다.

[필요감독요원수]



〈그림 4-1〉 지역별 고사장 분포도

기초조사사항은 첫째 교통의 편의도에 따른 지역분할, 둘째 지역별고사장수와 각고사장에 요청되는 감독요원수, 셋째 거주지별 소속별 감독가능한 교사수였으며, 조사결과〈그림 4-1〉과 〈표 4-1〉의 모의자료를 사용했다. 이후 본연구에는 지역, 고사장, 교사의 소속학교는 명칭대신 〈그림 4-1〉과 〈표

〈표 4-1〉 거주지별 소속별 교사 분포표

지역	소속	남	여	계
강북구 (D-1)	남산중(A)	40	10	50
	한강중(B)	30	5	35
	성동중(C)	40	15	55
	영등포고(D)	45	5	50
	남대문고(E)	5	20	25
	소 계	160	55	215
강남구 (D-2)	남산중(A)	5	12	17
	한강중(B)	40	15	55
	성동중(C)	35	10	45
	영등포고(D)	35	4	39
	남대문고(E)	25	4	29
	소 계	140	45	185
총	계	300	100	400

4-1)에 대응시킨 기호를 사용한다.

한편, 비용(cost =  $h_k$ )은 각 감독요원의 거주지에서 교사장까지의 거리로서 cost di-

〈표 4-2〉 지역과 교사장의 cost distance

거주지 \ 교사장	S-1	S-2	S-3
	D-1	0	0
D-2	1	1	0

〈표 4-3〉 교사장별 남녀 비율  
단위 : %

교사장 \ 성별	S-1	S-2	S-3
	남	70 ~ 80	60 ~ 75
여	20 ~ 30	25 ~ 40	20 ~ 30

stance라 하였으며, 모델형성의 편의상 〈표 4-2〉와 같이 동일지역내의 cost distance = 0, 거주지와 교사장이 다르면 1로 하였다.

교사장의 특수사정(수험생의 조건, 관리상

〈표 4-4〉 교사장별 남녀 종고별 비율(단위 : %)

성별 \ 교사장 \ 학교	남			여		
	S-1	S-2	S-3	S-1	S-2	S-3
中	60~70	50~75	65~75	65~80	60~80	50~75
高	30~40	25~50	25~35	20~35	20~40	25~50

의 조건)에 따라 예상이 가능한 요구조건의 가정은 다음 세가지로 했다.

1. 남녀요원의 일정비율- 〈표 4-3〉

2. 중, 고별 교사비율- 〈표 4-4〉

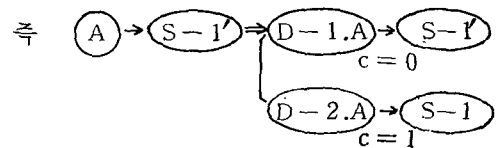
3. 동일학교에서 최소 4명 이상의 동일 교사장 배치

나. 모델 정식화

1) 모델의 네트워크 형성

① A, B, C, D, E의 5개교의 교사를  $S_1, S_2, S_3$ 의 교사장에 남녀별로 배치하여야 하므로 A, B, C, D, E 남녀별 source node에서 S-1, S-2, S-3의 sink node로 각각 아크를 갖는 〈그림 4-2〉의 기본네트워크가 이루어졌다.

② 〈그림 4-2〉의 네트워크에는 어떤 한 아크를 통과하는 유량사이에 cost distance가 같지 않은 것이 있다. 예를들면 아크 ㉔ → ㉕의 노드 ㉕에서 노드 S-1'로 배치되는 유량속에는 cost distance가 0과 1의 두종류가 있다.



과 같다.

따라서 거주지별, 소속별로 분류된 source node를 만들어 넣은 〈그림 4-3〉 기본네트워크(2)가 〈표 4-3〉을 만족하는 network가 된다.

한편 교사장의 요구조건 2와 3을 추가로 만족시키기 위해서는 유량이 sink node S-1', S-2', ..., S-3''에 도착하기 직전에

⊕, ⊖의 노드를, 그 앞쪽에 학교별 sink node ④, …, ⑥를 두어 비율을 조절하는 네트워크 <그림 4-4>가 가정의 모든 조건을 충족시키는 네트워크로 되었으며 이를 OKA 네트워크로 변환한 것이 <그림 4-5>이다.

2) 모델정식화

<그림 4-5> OKA 넷트·웍에서

k : 아크의 수

i : 노드의 수

$f_k$  : 아크 k의 유량

$h_k$  : 아크 k의 비용

로 놓으면 목적함수 FH는

$$\text{Min. FH} = \sum_{k=1}^{138} f_k h_k$$

$$\text{s. t. } \sum_{k \in Mt_i} f_k - \sum_{k \in Mo_i} f_k = 0,$$

$$i = 1, 2, \dots, 79$$

$$\underline{c}_k \leq f_k \leq \bar{c}_k,$$

$$k = 1, 2, \dots, 138$$

다. 입력자료 및 출력보고서

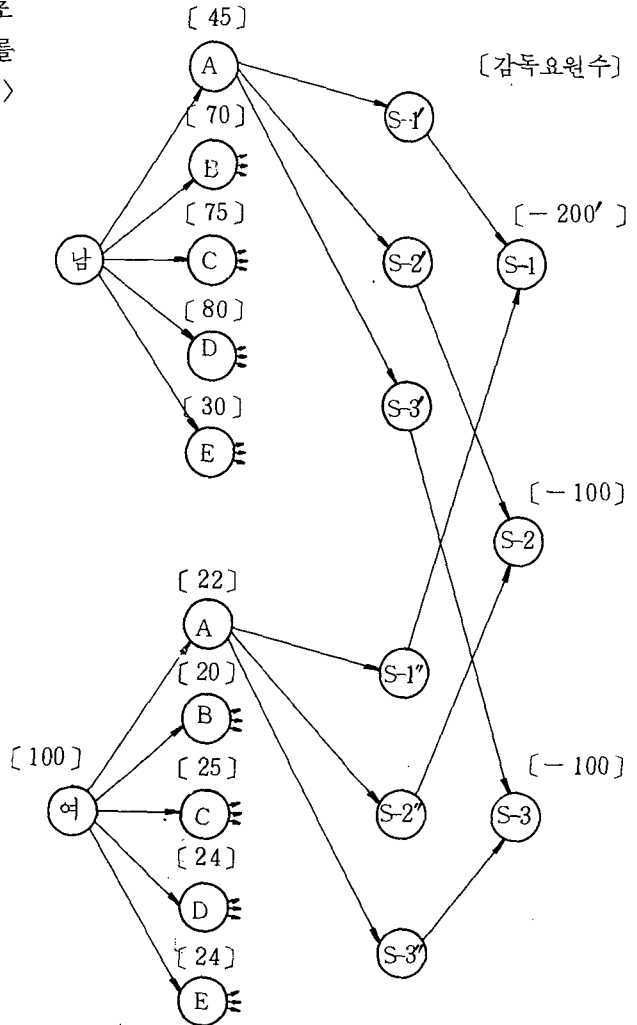
<그림 4-5> OKA 넷트·웍의 138개 아크의 변수에 가.에서 주어진 조건에 의해 <표 4-5>의 입력자료와 같은 값이 입력되고 전산처리되어 <표 4-6>의 감독배치상황과 출근비용거리의 총합(99)이 출력되었다. (조건 1, 조건 1, 2를 만족하는 모델의 입력자료 및 출력보고서는 생략함)

라. 결과 및 분석

교사장에서 가정한 조건 1, 2, 3을 순서로 점차 만족하는 세가지 모델의 출력보고서에 나타난 비용거리의 총합은 85, 89, 99이었다.

현재의 방법에 따르면 비용거리의 총합은 300을 상회한다. 이는 감독요원거주지와 교사장이 동일지역이 되는 예가 조사결과 20%에 불과했기 때문이다. 본모델의 경우 모

든 가능한 조건을 수락하였을때 99에 불과하므로 대안은 현안에 비해 요원의 편의를월등

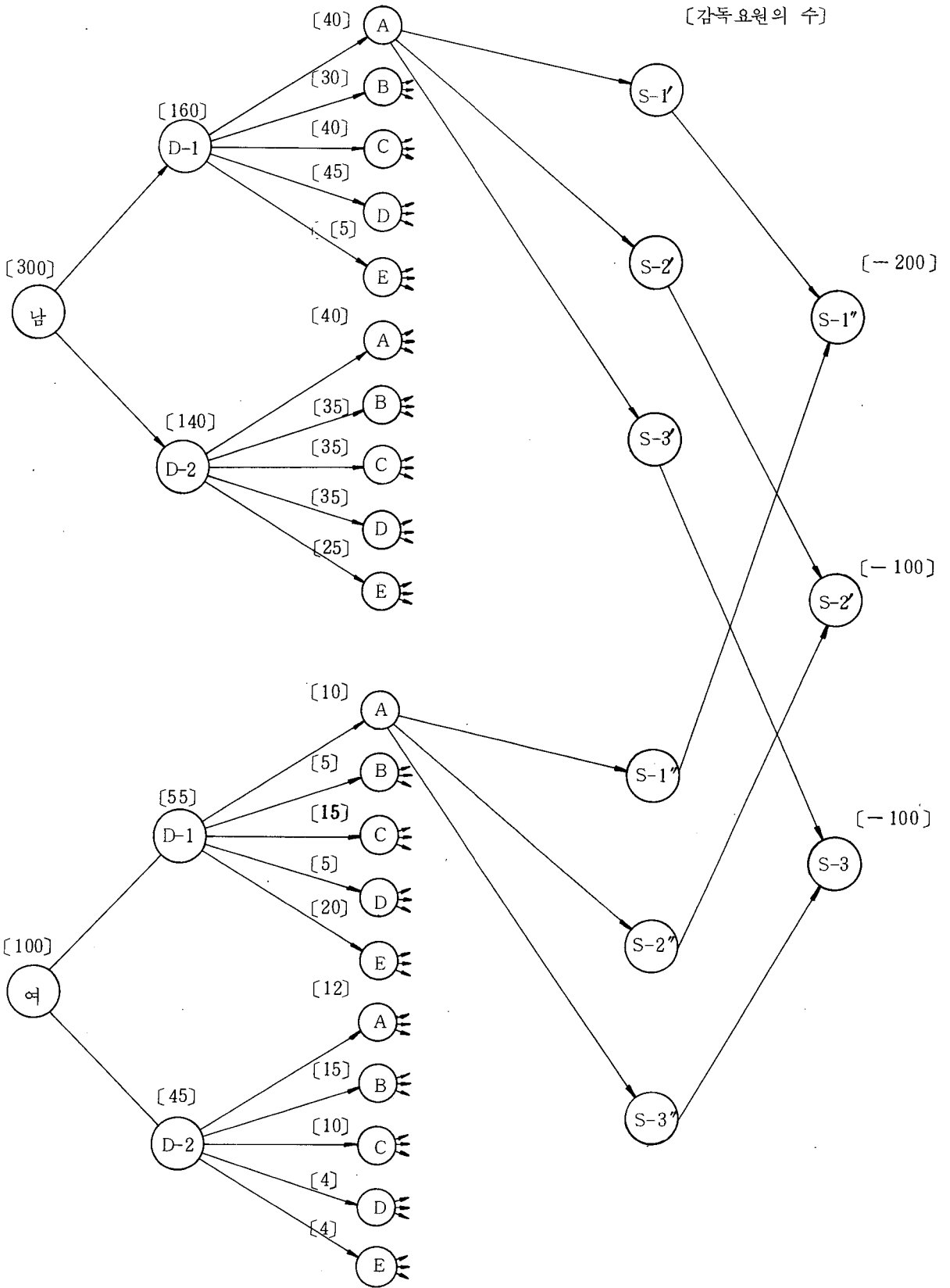


<그림 4-2> 기본 넷트·웍(1)

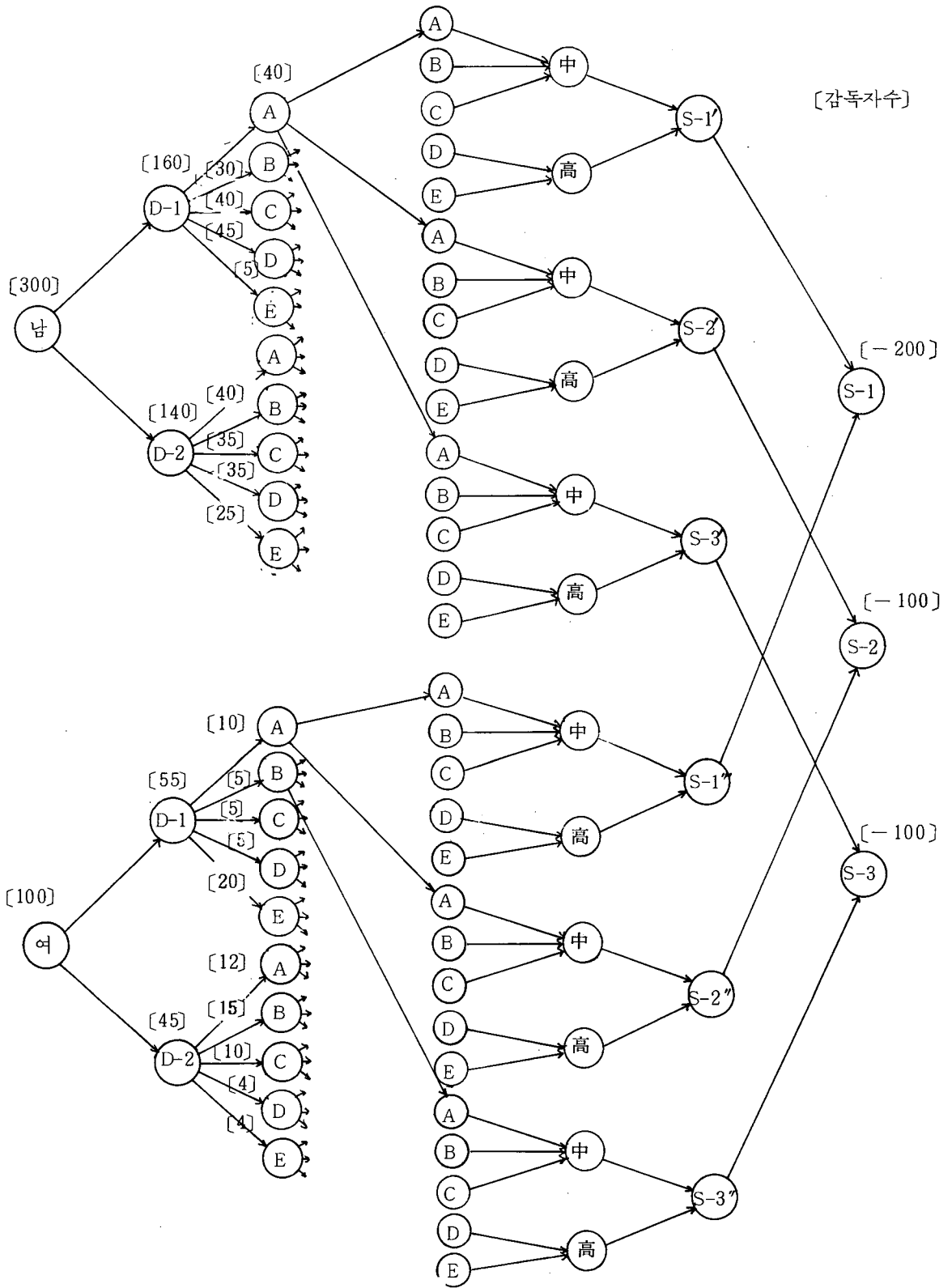
히 높인 것이라 할 수 있다. 이는 교통량의 측면에서도 교통기관이용자수에 있어 전체요원의 60%가 감소한다는 가정이므로 교통혼잡화와의 기여도를 경시할 수 없을 것으로 본다.

또한 어떤 교사장이든 특정학교 교사에 편중되지 않고 고루 배치된 사실은 공정한 수정실시라는 면에서도 꼭 가치있는 것으로 판단된다. 실제 학력교사 실시예 본연구의 가정외의 조건이 추가되지 않는다면 이대안은 충분히 활용할 가치가 있을 것으로 사료된다.

[감독요원의 수]

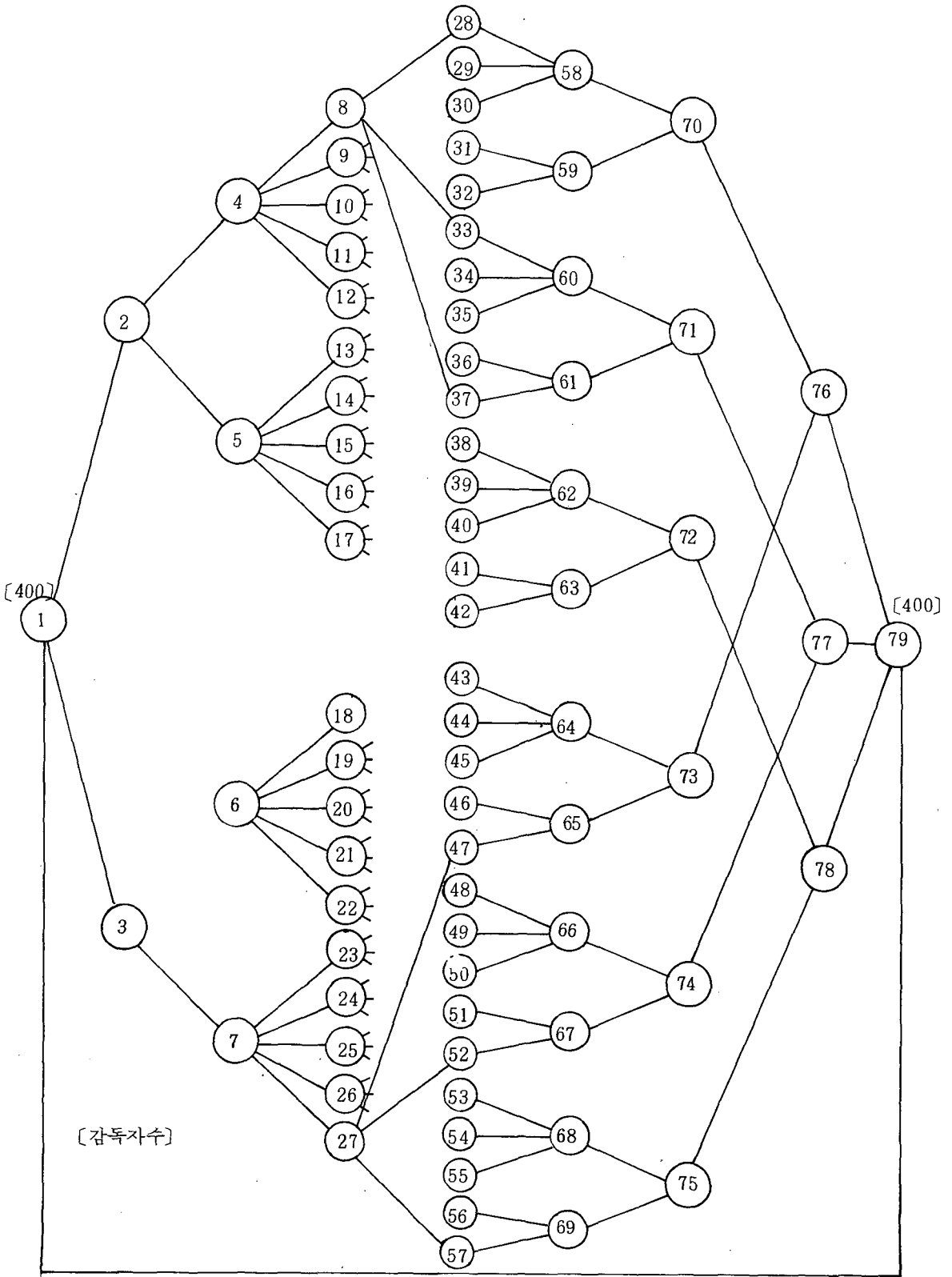


<그림 4-3> 기본 넷트·웍 (2)



<그림 4-4> 기본 넷트·웍 (3)





<그림 4-5> OKA 넷트·워

〈표 4-5〉 人力資料(OKA network arc 변수)

source sink					source sink					source sink				
no	no	lower	upper	cost	no	no	lower	upper	cost	no	no	lower	upper	cost
1	2	300	300	0	15	35	0	35	1	38	62	10	20	0
1	3	100	100	0	15	44	0	35	0	39	62	10	20	0
2	4	160	160	0	16	32	0	35	1	40	62	10	30	0
2	4	140	140	0	16	36	0	35	1	41	63	10	20	0
3	6	55	55	0	16	41	0	35	0	42	63	10	20	0
3	7	45	45	0	17	32	0	25	1	43	64	5	12	0
4	8	40	40	0	17	37	0	25	1	44	64	5	10	0
4	9	30	30	0	17	42	0	25	0	45	64	5	15	0
4	10	40	40	0	18	43	0	10	0	46	65	4	5	0
4	11	45	45	0	18	48	0	10	0	47	65	5	10	0
4	12	5	5	0	18	53	0	10	1	48	66	5	10	0
5	13	5	5	0	19	44	0	5	0	49	66	5	10	0
5	14	40	40	0	19	49	0	5	0	50	66	5	10	0
5	15	35	35	0	19	54	0	5	1	51	67	0	5	0
5	16	35	35	0	20	45	0	15	0	52	67	5	10	0
5	17	25	25	0	20	50	0	15	0	53	68	5	10	0
6	18	10	10	0	20	55	0	15	1	54	68	5	10	0
6	19	5	5	0	21	46	0	5	0	55	68	5	10	0
6	20	15	15	0	21	51	0	5	0	56	69	5	5	0
6	21	5	5	0	21	56	0	5	1	57	69	5	10	0
6	22	20	20	0	22	47	0	10	0	58	70	90	120	0
7	23	12	12	0	22	52	0	10	0	59	70	40	70	0
7	24	15	15	0	22	57	0	10	1	60	71	40	55	0
7	25	10	10	0	23	43	0	12	1	61	71	20	40	0
7	25	4	4	0	23	48	0	12	1	62	72	50	60	0
7	27	4	4	0	23	53	0	12	0	63	72	20	30	0
8	28	0	30	0	24	44	0	10	1	64	73	26	40	0
8	83	0	30	0	24	49	0	10	1	65	73	10	15	0
8	88	0	30	1	24	54	0	10	0	66	74	15	30	0
9	29	0	30	0	25	45	0	10	1	67	74	10	15	0
9	34	0	30	0	25	50	0	10	1	68	75	15	30	0
9	39	0	30	1	25	55	0	10	0	69	75	10	15	0
10	30	0	40	0	26	46	0	4	1	70	76	140	160	0
10	35	0	40	0	26	51	0	4	1	71	77	50	75	0
10	40	0	40	1	26	56	0	4	0	72	78	60	80	0
11	31	0	30	0	27	47	0	4	1	73	76	40	60	0
11	36	0	30	0	27	52	0	4	1	74	77	25	50	0
11	41	0	30	1	27	57	0	4	0	75	78	20	45	0
12	32	0	5	0	28	58	10	35	0	76	79	200	200	0
12	37	0	5	0	29	58	10	40	0	77	79	100	100	0
12	42	0	5	1	30	58	10	50	0	78	79	100	100	0
13	28	0	5	1	31	59	10	45	0	79	1	400	400	0
13	33	0	5	1	32	59	10	25	0					
13	38	0	5	0	33	60	10	15	0					
14	29	0	30	1	34	60	10	20	0					
14	34	0	30	1	35	60	10	20	0					
14	39	0	30	0	36	61	10	20	0					
15	30	0	35	1	37	61	10	20	0					

〈丑4-6〉 出力報告書

arcs							arcs							arcs						
source	sink	cost	upper	lower	flow	CBAR	source	sink	cost	upper	lower	flow	CBAR	source	sink	cost	upper	lower	flow	CBAR
1	2	0	300	300	300	1k	14	39	0	30	0	15	0k	34	60	0	20	10	15	0k
1	3	0	100	100	100	1k	15	30	1	35	0	10	0k	35	60	0	20	10	10	0k
2	4	0	160	160	160	-1k	15	35	1	35	0	0	0k	36	61	0	20	10	20	0k
2	5	0	140	140	140	0k	15	40	0	35	0	25	0k	37	61	0	20	10	10	2k
3	6	0	55	55	55	-1k	16	31	1	35	0	15	0k	38	62	0	20	10	10	2k
3	7	0	45	45	45	0k	16	36	1	35	0	5	0k	39	62	0	20	10	15	0k
4	8	0	40	40	40	3k	16	41	0	35	0	15	0k	40	62	0	20	10	25	0k
4	9	0	30	30	30	3k	17	32	1	25	0	5	0k	41	63	0	20	10	15	0k
4	10	0	40	40	40	3k	17	37	1	25	0	10	0k	42	63	0	20	10	10	2k
4	11	0	45	45	45	3k	17	42	0	25	0	10	0k	43	64	0	12	5	12	0k
4	12	0	5	5	5	1k	18	43	0	10	0	10	0k	44	64	0	10	5	5	0k
5	13	0	5	5	5	1k	18	48	0	10	0	0	0k	45	64	0	15	5	15	0k
5	14	0	40	40	40	3k	18	53	1	10	0	0	2k	46	65	0	15	4	4	0k
5	15	0	35	35	35	3k	19	44	0	5	0	5	0k	47	65	0	10	5	9	0k
5	16	0	35	35	35	3k	19	49	0	5	0	0	0k	48	66	0	10	5	5	0k
5	17	0	25	25	25	1k	19	54	1	5	0	0	2k	49	66	0	10	5	10	0k
6	18	0	10	10	10	3k	20	45	0	15	0	15	0k	50	66	0	10	5	5	0k
6	19	0	5	5	5	3k	20	50	0	15	0	0	0k	51	67	0	5	0	0	0k
6	20	0	15	15	15	3k	20	55	1	15	0	0	2k	52	67	0	10	5	10	0k
6	21	0	5	5	5	3k	21	46	0	5	0	4	0k	53	68	0	10	5	5	0k
6	22	0	20	20	20	3k	21	51	0	5	0	0	0k	54	68	0	10	5	5	0k
7	23	0	12	12	12	3k	21	56	1	5	0	1	0k	55	68	0	10	5	5	0k
7	24	0	15	15	15	3k	22	47	0	10	0	9	0k	56	69	0	5	5	5	2k
7	25	0	10	10	10	3k	22	52	0	10	0	10	0k	57	69	0	10	5	5	2k
7	26	0	4	4	4	1k	22	57	1	10	0	1	0k	58	70	0	120	90	100	0k
7	27	0	4	4	4	1k	23	43	1	12	0	2	0k	59	70	0	70	40	55	0k
8	28	0	30	0	20	0k	23	48	1	12	0	5	0k	60	71	0	55	40	40	0k
8	33	0	20	0	15	0k	23	53	0	12	0	5	0k	61	71	0	40	20	30	0k
8	38	1	30	0	5	0k	24	44	1	10	0	0	0k	62	72	0	60	50	50	0k
9	29	0	30	0	30	0k	24	49	1	10	0	10	0k	63	72	0	30	20	25	0k
9	34	0	20	0	0	0k	24	54	0	10	0	5	0k	64	73	0	40	26	32	0k
9	39	1	30	0	0	2k	25	45	1	10	0	0	0k	65	73	0	15	10	13	0k
10	30	0	40	0	30	0k	25	50	1	10	0	5	0k	66	74	0	30	15	20	0k
10	35	0	40	0	10	0k	25	55	0	10	0	5	0k	67	74	0	15	10	10	0k
10	40	1	40	0	0	2k	26	46	1	4	0	0	2k	68	75	0	30	15	15	0k
11	31	0	30	0	30	0k	26	51	1	4	0	0	2k	69	75	0	15	10	10	0k
11	36	0	30	0	15	0k	26	56	0	4	0	4	0k	70	76	0	160	140	155	0k
11	41	1	30	0	0	2k	27	47	1	4	0	0	2k	71	77	0	75	50	70	0k
12	32	0	5	0	5	0k	27	52	1	4	0	0	2k	72	78	0	80	60	75	0k
12	37	0	5	0	0	0k	27	57	0	4	0	4	0k	73	76	0	60	40	45	0k
12	42	1	5	0	0	2k	28	58	0	35	10	20	0k	74	77	0	50	25	30	0k
13	28	1	5	0	0	2k	29	58	0	40	10	40	0k	75	78	0	45	20	25	0k
13	33	1	5	0	0	2k	30	58	0	50	10	40	0k	76	79	0	200	200	200	-3k
13	38	0	5	0	5	0k	31	59	0	45	10	45	0k	77	79	0	100	100	100	-3k
14	29	1	30	0	10	0k	32	59	0	25	10	10	2k	78	79	0	100	100	100	-4k
14	34	1	30	0	15	0k	33	60	0	15	10	15	0k	79	1	0	400	400	400	0k

NO OF BREAKTHRU = 44      NO OF NONBREAKTHRU = 5      NO OF X CHANGES = 445  
 NO OF NODES FROM WHICH LABELING WAS DO 1794  
 SUM OF PRODUCTS 9.900000000000 + 001

## V. 결론

본 사례연구의 네트워크는 각 아크에 유량의 상, 하한이 있어서 여러 노드에서의 요구조건이 다양했음에도 만족할만한 흐름을 얻는데 성공할 수 있었다. 이는 OKA기법이 단일 물품이지만 대량의 자원을 일정한 규칙에 의거 새로운 특성을 갖는 수개의 집단으로 재구성하는 배치문제해결에 있어서는 타기법에 비해 매우 유용함을 보인 실례라 할 수 있다.

배치문제는 사회의 여러분야에 걸쳐 빈번하게 발생하고 있는데, 교육의 면에서 중, 고, 신입생 배정에 본기법을 활용하면 현재의 미비한 점 보완할 수 있으리라 사료되며, 군사적인 측면에서는 각종 군사학교 및 훈련소에서 배출되는 신규병력의 전방 배치에 각부대의 사기 및 업무의 능률화를 위해 필요한 인력조정(학력출신별에 따른 공헌도를 비용으로 함) 모형구축 등에 기여할지 모르겠다.

끝으로 본연구에는 비용거리(cost distance)를 실제거리에 의해서만 결정하였지만 이보다는 두지점간의 도로사정(로폭, 포장의 정도), 이용 가능 도로의 수, 거리등의 함수로 정의하는 것이 더 타당할 것으로 보

여지며 이는 앞으로 연구하여야 할 과제로 남겨둔다.

## 參 考 文 獻

1. 姜錫昊, Operations Research, 英志文化社 1982
2. 金裕松, 數側例解 OR 原論, 清文閣, 1982
3. 尹錫喆, 計量經營學, 經文社, 1982
4. Bazaraa, M.S., and J. Jarvis, Linear Programming and Network Flows, John Wiley & Sons, New York 1977.
5. Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman, Introduction to Operations Research, Holden-Day, Inc., 1968.
6. Michael R. Garey, David S. Johnson, Computers and Intractability - A Guide to the Theory of NP-Completeness, W.H. Freeman and Company, 1979.
7. Paul A. Gensen and J. Wesley Barnes, Network Flow Programming, John Wiley & Sons Inc., 1980.