

자본예산문제를 이용한 수도권 첨단교통정보사업의 대안 선정

Alternative Choice of the Metropolitan Area ATIS Project Using the Capital Budgeting Problem

김민영

(한양대학교 교통시스템공학과, 석사과정)

강경우

(한양대학교 교통시스템공학과, 교수)

Key Words : 수도권 첨단교통정보사업, 자본예산문제 (Basic Capital Budgeting Problem), 확장된 자본예산문제(Extension Capital Budgeting Problem), 순현재가치(Net Present Value : NPV) 방법

목 차

- | | |
|-------------------------------------|---|
| I. 서론 | 2. 자본예산문제 (Capital Budgeting Problem : CBP) |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | III. 사례연구 및 분석 결과 |
| 2. 연구의 범위 | 1. 입력자료 |
| II. 이론적 배경 | 2. 분석 결과 |
| 1. 순 현재가치 (Net Present Value : NPV) | IV. 결론 |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 인구 중 수도권 인구는 전국 인구의 46.3%를 차지하고 있다. 특히 인구 변화의 추이를 보면 서울 지역의 인구 비중은 점차 낮아지고, 경기도 지역의 인구비중이 점점 높아져 가고 있으며, 서울의 인구가 경기도 등 수도권 등지로 분산되면서 점점 인구의 광역화가 되어가고 있다. 이러한 인구의 광역화로 인해 수도권에 주거지를 두고 서울로 직장통행을 하는 경우가 늘어나 서울 집중형 통행 행태가 늘어나고 있다.

이러한 수도권 교통의 광역화는 여러 가지 문제를 야기한다. 서울 중심의 방사형 도로망은 교통량 집중으로 인해 혼잡을 야기하고, 돌발 상황 발생시 간선도로 전체 효율저하로 인해 전체 광역교통에도 큰 영향을 미친다. 또한, 대중교통 수단(광역교통 수단)의 부족은 승용차 이용의 증가를 초래하기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 여행자 정보제공, 버스정보제공, 돌발 상황 탐지 및 대응서비스 등을 제공해야 한다. 그러나 이러한 서비스의 개선은 지속적인 개선을 필요로 하므로 장기적인 안목을 갖고 해결해 나가야 한다. 이러한 이유로 수도권 첨단 교통정보 사업의 필요성이 대두되었고, 국가 ITS기본계획의 추진전략과 함께 병행하여 2020년까지 3 단계¹⁾ 나누어 추진되고 있다.

수도권 첨단 교통정보 사업은 각 7개 대안²⁾을 갖고 수익성

분석을 하였다. 이러한 각각의 대안은 한정된 예산으로 인해 선택을 할 경우에 우선순위를 두어야 한다. 본 연구에서는 자본제약이 있는 상태에서의 대안 선정 방법을 알아보고 실제 사례인 수도권 첨단 교통정보사업에 적용해 보았다.

2. 연구의 범위

본 연구의 범위는 수도권 첨단 교통정보 사업에서 여러 대안을 갖고 우선 순위 선정을 하기 위해 기본적인 자본예산문제(Basic Capital Budgeting Problem)에 대해 알아보고, 현실성이 고려된 자본예산문제³⁾(Extension Capital Budgeting Problem)를 이용하여 선택되어지는 대안에 대한 결과를 비교

대안 3. 지점 검지기

대안 4. GPS 방식

대안 5. DRSC 방식 검지기 + 지점 검지기 - OBE (OBU)

대안 6. 비콘 방식 검지기 + 지점 검지기 - OBE (OBU)

대안 7. GPS 방식 - OBE

- 단거리전용통신(DedicatedShort-Range Communications/DSRC) : 차량에 부착된 단말기와 노변통신장치간의 고속 무선통신을 통해 자동요금징수, 교통정보 송수신, 차량인식 등의 다양한 ITS 단위서비스를 가능케 하는 통신 기술을 말한다.

- 비콘(Beacon) : 노변 통신방식의 일종으로 교차로, 신호등에 적외선, RF 등의 전송장치를 부착하여 차량과 데이터를 송수신할 수 있는 장치이다.

- 차량탑재 장치(On-Board Unit/OBU) : 차량에 탑재되는 보조적인 장치들의 총칭으로서, 예를 들어, 디스플레이, 스마트 카드, 판독기, 키보드, 안테나 등을 들 수 있다.

3) Chapter9. Economic analysis of capital investments 에 소개된 방법임.

① Multiperiod Budget Restrictions

② Shifting Funds between Years,

1) 1단계 : 2002년~2005년, 2단계 : 2006년~2010년, 3단계 : 2011년~2020년

2) 대안 1. DRSC 방식 검지기 + 지점 검지기

대안 2. 비콘방식 검지기 + 지점 검지기

하여 보았다.

II. 이론적 배경

어떠한 사업에 대한 투자의 타당성을 분석하는 데는 초기 투자액, 연간 수입 및 비용, 프로젝트의 분석기간 끝에 평가되는 그 시설의 잔존가치 등을 알 필요가 있다. 이런 자료들을 정확히 파악하거나 예측한다 하더라도 그 프로젝트의 경제적 타당성 여부를 판단하거나, 여러 투자대안 중에 최선의 대안을 선택하는 것을 쉬운 일이 아니다. 자본의 흐름이 일정치 않고, 시기도 다르기 때문에 직접 비교가 불가능하기 때문이다.

투자 대안들에 대한 경제성분석을 할 때, 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 돈의 시간적 가치를 고려하여 이 대안들의 차이점을 나타낼 수 있는 비교 기준이 필요하다.

비교 기준 중에서도 가장 계량화하기 쉬운 직접 효과를 측정하여 분석하는 방법에는 순현재가치(Net Present Value : NPV) 방법, 편익/비용비(Benefit-cost ratio : B/C비) 방법, 내부수익률(Internal Rate of Return : IRR) 방법, 등가 균등년가(Equivalent Unifo Annual Worth : EUAW) 방법이 있다.

이들 중 어떤 방법을 사용하더라도 각 대안의 우선 순위는 결정할 수 있다. 프로젝트 수명 동안의 모든 비용과 편익의 크기를 명확히 알기 위해서는 순 현재가치 방법을 사용하는 것이 좋다.

1. 순 현재가치 (Net Present Value : NPV)

대체로 어떠한 정책을 평가하는 것은 그 정책을 수행하기 위한 여러 모든 대안들에 대해 비교를 하여 그 효과를 판단하고, 최선의 대안을 선택하기 위함이다. 이 경우 최선의 대안을 선택하기 위해서는 여러 가지 중요한 정보들이 있어야 한다. 이러한 정보들은 객관적인 판단을 할 수 있어야 한다. 그러나 최선의 대안을 선택하는데는 여러 가지 어려움이 있다.

가령, 자본의 흐름이 일정치 않거나, 시기가 다를 수도 있기 때문에 직접 비교가 불가능한 경우도 있다. 이러한 문제들을 극복하기 위해 제시되는 방법 중 가장 계량화하기 쉬운 것이 경제성 분석 기법이다.

경제성 분석의 기법에는 순현재가(Net Present Value : NPV), 편익/비용비(Benefit-Cost ratio : B/C 비), 내부 수익률(Internal rate of return : IRR) 방법 등이 있다.

본 연구에서는 순 현재가치 방법을 이용하여 자본예산문제(CBP)를 풀어보기로 한다. 순 현재가치 방법은 위의 여러 가지 방법 중에서 가장 간단하고 사용하기 쉬운 방법으로 프로젝트 기간 동안의 모든 비용과 편익을 현재가치로 나타낸다. 즉, 장래 매년 계속되는 비용과 편익도 현재 시점에서의 가치로 나타낼 수 있다. 모든 편익의 현재가치에서 모든 비용의 현재가치를 뺀 것으로 이 값이 양의 값을 갖으면 경제적 타당성을 갖는다고 볼 수 있다. 특히 서로 독립적인 대안들을 비교할 때 순

현재가치가 가장 큰 것이 가장 좋은 대안이 된다.

2. 자본예산문제(Capital Budgeting Problem : CBP)

1) 기본적인 자본예산문제(Basic Capital Budgeting Problem)

기본적인 자본 예산 문제를 푸는 일반식은 다음과 같다.

$$\text{Maximize } z = \sum_{i=1}^n (\text{NPV})_i X_i \quad (1)$$

$$\text{s.t } \sum_{i=1}^n P_i X_i \leq B \quad (2)$$

$$X_i = 0 \text{ 또는 } 1 \text{ for all } i \quad (3)$$

여기서, $(\text{NPV})_i$ = i 사업에서의 순 현재 가치
 P_i = i 사업에서의 자본 지출
 B = 예산 제약
 n = 사업의 수
 X_i = i 사업에서의 결정 변수

위의 (1)~(3)의 식은 사업의 수가 많이 있는 상황에서 특성화 시킨 알고리즘의 사용에 의해 풀 수 있다. (ILOG CPLEX 8.0 사용)

2) 확장된 형태의 자본예산문제(Extended Capital Budgeting Problem)

다음 2가지 경우의 확장된 형태의 자본 예산 문제는 기간에 대해 고려하기 때문에 좀 더 유연성 있는 결과를 제시해 준다.

(1) 다기간에 적용되는 예산제약 (Multiperiod Budget Restrictions)

$$\text{Maximize } z = \sum_{i=1}^n (\text{NPV})_i X_i \quad (4)$$

$$\text{s.t } \sum_j K_{jt} X_j \leq B_t \quad (5)$$

$$X_i = 0 \text{ 또는 } 1 \text{ for all } i \quad (6)$$

여기서, $(\text{NPV})_i$ = i 사업에서의 순 현재 가치
 K_{jt} = j 사업에서의 t 년도의 자본 지출
 B_t = i 사업에서 t 년도의 예산 제약
 n = 사업의 수
 X_i = i 사업에서의 결정 변수
 X_j = j 사업에서의 결정 변수

앞의 기본적인 자본예산문제에서 목적식은 그대로이고 제약 식만 바뀐 형태로 나타내어지고 있다.

(2) 다음 연도로 자금이 이월되는 경우의 예산제약 문제

위의 (4)~(6)식에서 (5)번식만 바뀐 형태를 보인다.

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=0}^n \sum_{t=0}^n K_{jt} X_j \leq \sum_{t=0}^n B_t \quad (7)$$

III. 사례연구 및 분석 결과

앞에서 설명한 바와 같이 수도권 인구나 교통의 광역화로 인해 교통 첨단정보사업의 필요성이 대두되었고, 국가 전체 ITS 사업과 같이 수도권 첨단 정보사업을 하고 있다. 앞서 설명된 수식들을 이용하여 수도권 첨단 교통정보사업의 복수대안 중 어떤 것이 선택되어지는지 알아보자.

대안의 수가 많을 경우 문제해결을 위해 특성화 된 프로그램들이 여러 가지 (Lingo 7.0 (Lindo System), ZOOM (Roy E. marsten,1981), LINDO(Lindo System), CPLEX(ILOG))가 있으나, 본 연구에서는 ILOG CPLEX 8.0을 사용하였다.

1. 입력자료

앞서 제시된 식을 충족시키기 위해 7가지 대안에 대한 NPV와 각 기간의 자본비용이 필요하다. 이러한 자료들은 '수도권 첨단교통정보사업 타당성 분석' 과 'ITS 기본계획 21' 에서 나온 수치들로 적용하였다. 다음의 표는 프로그램 입력 자료를 보기 쉽게 만들어 놓은 표이며, 유지 보수비가 중앙센터 시설 구축비의 5%와 10%를 차지할 때로 나누어져 있다.

<표 1> 예산 및 비용제약 - 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비의 5%인 경우(분석기간의 현재가치) (단위: 백만원)

대안 번호	기간 1의 자본비용	기간 2의 자본비용	기간 3의 자본비용	순현재가치
BUDGET	170,384	144,872	145,458	-
1	49,249	34,413	68,880	25,018
2	52,417	36,453	70,712	28,116
3	31,275	20,359	39,704	57,961
4	32,903	14,967	14,258	6,827
5	49,216	27,900	63,529	29,532
6	52,372	27,768	63,578	34,135
7	33,698	0	0	34,678

<표 2> 예산 및 비용제약 - 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비의 5%인 경우(분석기간 이후의 현재가치)

(단위: 백만원)

대안 번호	기간 1의 자본비용	기간 2의 자본비용	기간 3의 자본비용	순현재가치
BUDGET	170,384	144,872	145,458	-
1	49,249	34,413	68,880	14,183
2	52,417	36,453	70,712	15,066
3	31,275	20,359	39,704	16,289
4	32,903	14,967	14,258	7,483
5	49,216	27,900	63,529	14,462
6	52,372	27,768	63,578	15,437
7	33,698	0	0	12,308

<표 3> 예산 및 비용제약 - 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비의 10%인 경우(분석기간의 현재가치) (단위: 백만원)

대안 번호	기간 1의 자본비용	기간 2의 자본비용	기간 3의 자본비용	순현재가치
BUDGET	170,384	144,872	145,458	-
1	49,249	34,413	68,880	6,283
2	52,417	36,453	70,712	8,659
3	31,275	20,359	39,704	47,557
4	32,903	14,967	14,258	1,552
5	49,216	27,900	63,529	12,572
6	52,372	27,768	63,578	16,791
7	33,698	0	0	28,715

<표 4> 예산 및 비용제약 - 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비의 10%인 경우(분석기간 이후의 현재가치)

(단위: 백만원)

대안 번호	기간 1의 자본비용	기간 2의 자본비용	기간 3의 자본비용	순현재가치
BUDGET	170,384	144,872	145,458	-
1	49,249	34,413	68,880	10,818
2	52,417	36,453	70,712	11,545
3	31,275	20,359	39,704	14,338
4	32,903	14,967	14,258	6,250
5	49,216	27,900	63,529	11,375
6	52,372	27,768	63,578	12,288
7	33,698	0	0	11,447

2. 분석 결과

위의 표와 같이 4가지 상황에서 각각 다기간 적용과 전년에 사용하지 않은 예산을 이월시키는 경우에 대하여 비교하여 보았다. 그 결과는 다음의 표와 같다.

<표 5> 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비등의 5%인 경우의 결과치

	1	2	3	4
NPV	57,961	57,961	16,289	15,066
	6,827	29,532	7,483	16,289
	34,135	34,135	15,437	15,437
	34,678	34,678	12,308	12,308
NPV합 (단위:백만원)	133,601	156,306	51,517	59,100
선택된 대안	3, 4, 6, 7	3, 5, 6, 7	3, 4, 6, 7	2, 3, 6, 7

- 1 : 분석기간 내 NPV 적용, 다기간에 적용되는 예산계약
- 2 : 분석기간 내 NPV 적용, 이월되는 예산계약
- 3 : 분석기간 이후 NPV 적용, 다기간에 적용되는 예산계약
- 4 : 분석기간 이후 NPV 적용, 이월되는 예산계약

<표 6> 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비등의 10%인 경우의 결과치

	5	6	7	8
NPV	47,557	8,659	14,338	11,545
	1,552	47,557	6,250	14,338
	16,791	16,791	12,288	12,288
	28,715	28,715	11,447	11,447
NPV합 (단위:백만원)	94,615	101,722	44,323	49,618
선택된 대안	3, 4, 6, 7	3, 5, 6, 7	3, 4, 6, 7	2, 3, 6, 7

- 5 : 분석기간 내 NPV 적용, 다기간에 적용되는 예산계약
- 6 : 분석기간 내 NPV 적용, 이월되는 예산계약
- 7 : 분석기간 이후 NPV 적용, 다기간에 적용되는 예산계약
- 8 : 분석기간 이후 NPV 적용, 이월되는 예산계약

위의 표 <5>, 표<6>을 보면 유지보수비가 중앙센터 시설 구

축비등의 5%인 경우의 결과 값이 유지보수비가 중앙센터 시설 구축비등의 10%인 경우보다 더 좋게 나왔다. 또한 선택된 대안에 대해서 다기간에 적용되는 예산계약보다 이월되는 경우가 더 좋은 값을 보이는 것으로 나타났다.

IV. 결론

본 연구는 수도권 첨단 교통정보사업 타당성 분석에서 나온 7가지의 대안에서 산출된 NPV 값을 갖고, 확장된 예산계약문제를 적용하여 어떠한 대안을 선택할 경우 가장 좋은 결과를 보일 것인가를 수행하였다.

앞에서도 정리했듯이, 확장된 모형 중 다기간에 적용되는 예산 계약보다는 예산이 이월되는 경우에 좀 더 좋은 값이 나오는 것을 보여주고 있다. 이는 어떠한 대안을 선택할 경우 기존의 NPV값만을 비교하는 것보다는 좀 더 현실성이 가미된 경우의 확장된 예산계약 모형 중에서도 미래의 불확실성을 더 많이 고려한 식이 신뢰성을 준다고 할 수 있다.

그러나, 예산계약 모형의 목적식 자체가 NPV값에 의해 결정되는 식이므로 정확한 NPV값을 필요로 한다. 즉, NPV를 산출할 때 정확한 비용과 편익을 계산해야 할 것이다. 또한, 양(+)의 NPV값을 갖는 사업만 선정되는 문제를 보이는데, 이는 수익성이 적더라도 꼭 필요한 대안이 있을 수 있으나 이러한 대안이 제외되는 경우가 생길 수 있는 문제를 예상케 한다. 때문에, 이러한 경우를 고려한 대안 선정 모형이 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 대한교통학회, 한국철도학회, 2001, 철도투자분석 및 평가편람 개발, 철도청
2. ILOG, 2002, ILOG CPLEX 8.0 User's Manual, GETTING STARTED
3. G.T. Stevense, 1979, Economic and Financial analysis of capital investments, John Wiley & Sons. Inc
4. 교통개발연구원, 2002.4, 수도권 첨단 교통정보 사업 타당성 분석
5. 건설교통부, 2000.12, ITS 기본 계획 21