

[논문] 한국태양에너지학회 논문집  
Journal of the Korean Solar Energy Society  
Vol. 24, No. 4, 2004

# 의사 결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 방법론 개발에 관한 연구

정순성\*

\*동명정보대학교 건축공학과(jungss66@hanmail.net)

## A Study on the Development of Life Cycle Cost Analysis Methodology in HVAC system for Decision Maker

Jung, Soon-Sung\*

\*Dept. of Architecture Eng, Tongmyoung University of Information Technology(jungss66@hanmail.net)

### Abstract

The purpose of this study is to development of life cycle cost analysis methodology of HVAC system for decision maker. The results of this study are as follows: maintenance/management, equipment construction, planning/design, and demolition/sell phases.

(1) To develop the cost breakdown structure for LCC in HVAC system, this study apply the method of additional pertinent level, title, CBS number, block number and variable index.

(2) LCC analysis order of HVAC system compose four phase.

(3) Life cycle costing influence diagram can bring us to make the most efficient decision through a visual graphical diagram that is shown relationship among variables and that decision maker traces easily from life cycle cost analysis situation.

**Keywords** : LCC 분석 방법론(Life Cycle Cost Analysis Methodology), 비용분석구조(Cost Breakdown Structure), LCC 영향도 다이어그램(LCC Influence Diagram, Decision), 의사 결정(Decision)

기 호 설 명			
		e	: 에스켈레이션(%)
		n	: 내용연수(LCC 분석기간)
LCC-P-HVAC	: 현가(원)	m	: 부분갱신년
Cp	: p년도의 비용(원/년)	k	: 금융지원기간(년)
i	: 할인율(%)		

## 1. 서 론

라이프 사이클이란 한 유기체에 의해 이행되는 일련의 단계로서 유기체가 생성된 후 다음 세대가 생길 때까지의 생활과정이 반복된다는 생물학의 개념에서 유래되어 현재 공학의 각 분야에서 사용되고 있다.

일반적으로 외국의 경우 LCC 분석 방법론에 관한 연구로서 B. S. Blanchard 와 Fabrycky 의 방법론, Alphonse J. Dell'Isola와 Stephen J. Kirk의 방법론, Milo Edilio Rivero의 방법론, Roger Flanagan 와 George Norman의 방법론, 일본 건설성 영선부의 LCC 방법론 등이 제시되었다. 국내의 경우 건축분야에서 설계단계에서 공동주택 적용을 위해 박태근의 LCC 분석 방법론<sup>1)</sup>이 제시되었다. 그러나 이러한 LCC 분석 방법론은 건축적인 측면에서 제시되었지만 국내의 건축설비적인 측면에서 사용하기에는 곤란할 것이다. 왜냐하면, 국내와 국외의 상황이 틀리며, 건축설비적인 측면은 건축적인 측면과는 다른 특성을 가지고 있기 때문이다.

국내 실정에 적합한 건축설비시스템의 LCC 분석 방법론 개발을 위해서는 비용분석구조, LCC 모델, LCC 분석 절차 등에 관한 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 기획 및 초기계획단계에서 의사 결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 방법론을 개발하여 제안하고자 한다.

## 2. HVAC 시스템의 LCC를 위한 비용분석구조 (CBS)

일반적으로 비용분석구조는 LCC를 정의하는 것에 대한 구조를 구성하고, 비용의 보고, 분석,

최종의 비용관리에 대한 필요 정보의 연결 관계를 제공한다.

### 2.1 비용항목

HVAC 시스템의 특성과 국내 실정을 고려하여 프로젝트 진행단계에 따른 비용종류별 발생하는 비용항목으로 표 1과 같이 구축하였다.

### 2.2 비용항목 변수

HVAC 시스템의 LCC 분석시 고려해야 할 LCC의 비용항목 변수는 내용연수, 비용의 시간적 가치에 영향을 미치는 이자율(할인율) 및 인플레이션 등이 있다. 위와 같은 비용항목 변수의 값은 적정한 추정치를 의미하며, LCC 분석에서는 추정의 근거로 대표치나 명목상의 수준으로 과거 데이터에 의한 평균값을 사용한다.

표 1. HVAC 시스템의 LCC 분석에서 프로젝트 진행단계별 비용항목

프로젝트 진행단계	비용 항목	세부비용항목
기획·설계 단계	기획·설계비	기획비, 설계비
설비건설 단계	초기 투자비	제품가격 및 공사비(기기의 제품가격, 설치비, 시운전조정비, 수송비, 배관·덕트공사비) 수변전설비비, 가스공사비, 공사감리비
	각종 지원금	금융지원(시설자금 저리융자), 세제지원 한전 및 가스공사 지원금, 설계장려금, 심야전력요금 할인제도
유지·관리 단계	에너지비	전력비(일반전력비, 심야전력비), 연료비(도시가스비, 오일비)
	상·하수도비	상수도비, 하수도비, 수처리비, 물이용 부담금
	보전비	수선·부품교환비, 청소·점검정비비
	운전인건비	인건비, 경비(기타경비, 일반관리비, 이운 등)
	조세 공과금	취득세, 등록세, 재산세, 교육세, 도시계획세, 공동시설세
	보험료	화재보험료, 기계보험료
	부분 갱신비	갱신공사비, 갱신공사인건비
기타 비용	초기투자비 증가분이자, 사용공간비	
폐기·처분 단계	철거비	철거인건비, 건설폐기물처리비
	매각비	매각수익비, 잔존가치

1) 박태근, Life Cycle Cost 分析에 의한 共同住宅의 最適 設計 方法論에 관한 研究, 서울대학교 博士學位論文, 1992

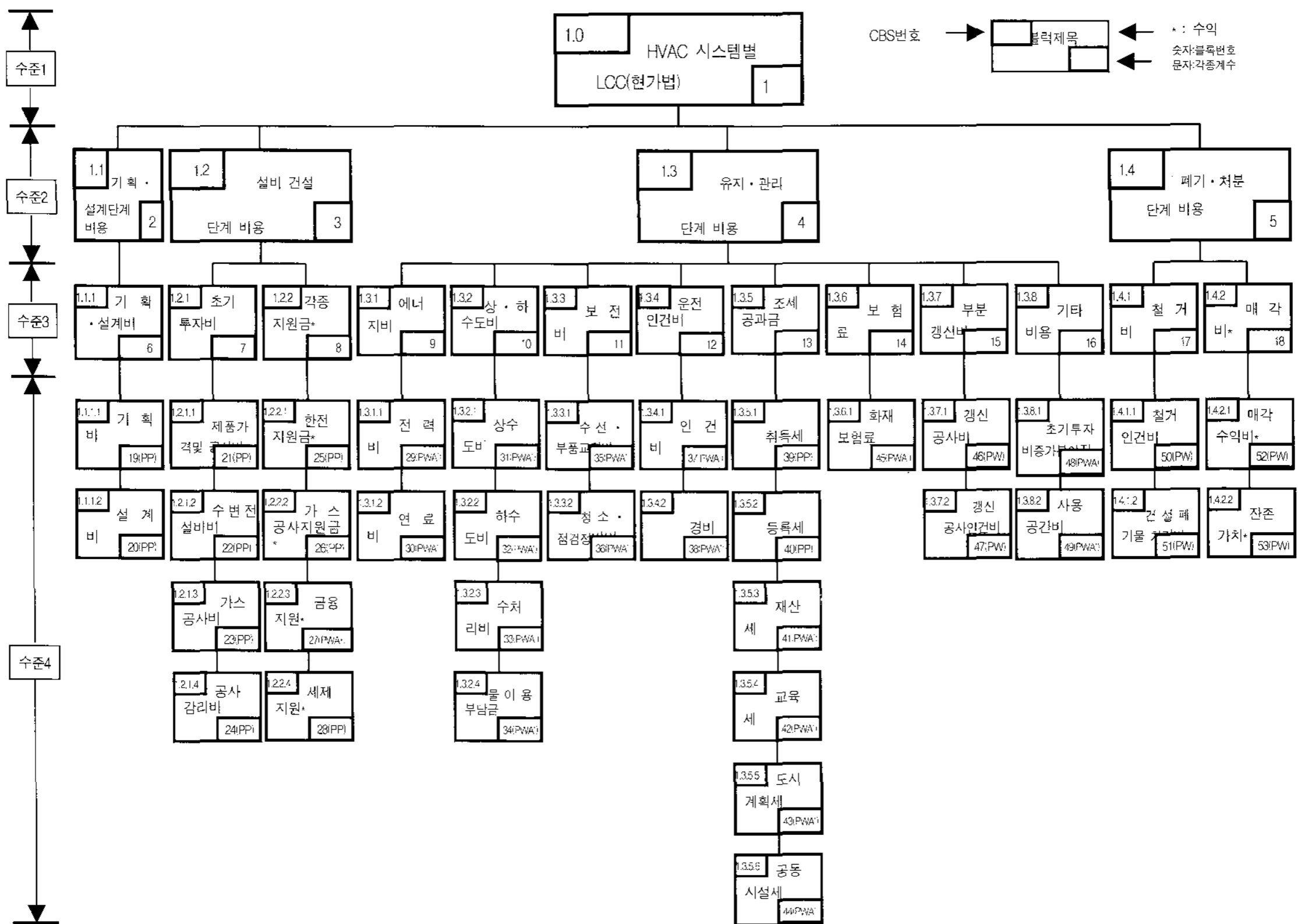


그림 1. 현가법에 의한 HVAC 시스템의 LCC 분석을 위한 비용분석구조

### 2.3 HVAC 시스템 LCC를 위한 비용분석구조

현가법에 의한 HVAC 시스템의 LCC 분석을 위한 비용분석구조는 그림 1과 같다.

HVAC 시스템의 LCC 분석을 위한 비용분석구조는 4단계의 수준을 가지는 비용분석구조로 구성하였으며, 프로젝트의 진행단계에 따라 기획·설계단계, 설비건설단계, 유지·관리단계, 폐기·처분단계 등 4단계 비용으로 대분류하였다. 대분류 내에서 발생비용을 기획·설계비, 초기투자비, 각종 지원금, 에너지비, 상·하수도비, 보전비, 운전인건비, 조세공과금, 보험료, 부분 갱신비, 기타 비용, 철거비, 매각비 등 시스템의 특성에 따라 소분류하고, 다시 소분류내에서 세부적으로 재분류하였다.

그림 1의 비용분석구조에서 HVAC 시스템의 라이프 사이클 코스트는 수준 1의 블록으로 분류

하였다. 프로젝트 진행단계에 따라 기획·설계단계, 설비건설단계, 유지·관리단계, 폐기·처분단계를 수준 2의 블록, 기획·설계비에서 매각비까지를 수준 3의 블록, 기획비에서 잔존가치까지를 수준 4의 블록으로 분류하였다. 각 비용요소는 낮은 수준에 속해있는 하위요소들로부터 비용이 계산되어 높은 수준에 있는 비용요소에 더해진다.

HVAC 시스템의 LCC를 위한 비용분석구조의 특징은 각 비용분석구조 블록에 대한 적절한 수준, 제목, CBS 번호, 블록번호, LCC 계산을 위한 각종 계수<sup>2)</sup>를 첨가한 것이다.

2) 그림 1의 각종 계수에 대한 정의는 다음과 같다.

PP:현가, PW:현가계수, PWA':에스컬레이션이 있는 경우 연금현가계수, PWA:에스컬레이션이 없는 경우 연금현가계수, PWA\*:금융지원기간동안의 연금현가계수.

### 3. LCC 모델

비용분석구조를 정의한 후에 수명주기의 경제성 분석 절차를 가능하게 해 주는 LCC 모델을 개발하는 것이 필요할 것이다. 그림 1의 비용분석구조에서 현가법에 의한 HVAC 시스템의 LCC 모델은 다음 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 LCC-P_{-HVAC} = & \{C_{19} + C_{20} + C_{21} + C_{22} + C_{23} + \\
 & C_{24} - C_{25} - C_{26} - C_{28} + C_{39} + C_{40}\} + \\
 & \left\{ \sum_{p=1}^n (C_{29} + C_{30} + C_{31} + C_{32} + C_{33} + \right. \\
 & C_{34} + C_{35} + C_{36} + C_{37} + C_{38} + C_{41} + \\
 & C_{42} + C_{43} + C_{44} + C_{45} + C_{49}) p \\
 & \left. \frac{(1+e)^p}{(1+i)^p} \right\} - \left\{ \sum_{p=1}^k (C_{27}) p \right. \\
 & \left. \frac{1}{(1+i)^p} \right\} + \{(C_{46} + C_{47}) p \\
 & \frac{1}{(1+i)^m} \} + \left\{ \sum_{p=1}^n (C_{48}) p \right. \\
 & \left. \frac{1}{(1+i)^p} \right\} + \{(C_{50} + C_{51} - C_{52} - C_{53}) p \\
 & \frac{1}{(1+i)^n} \} \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

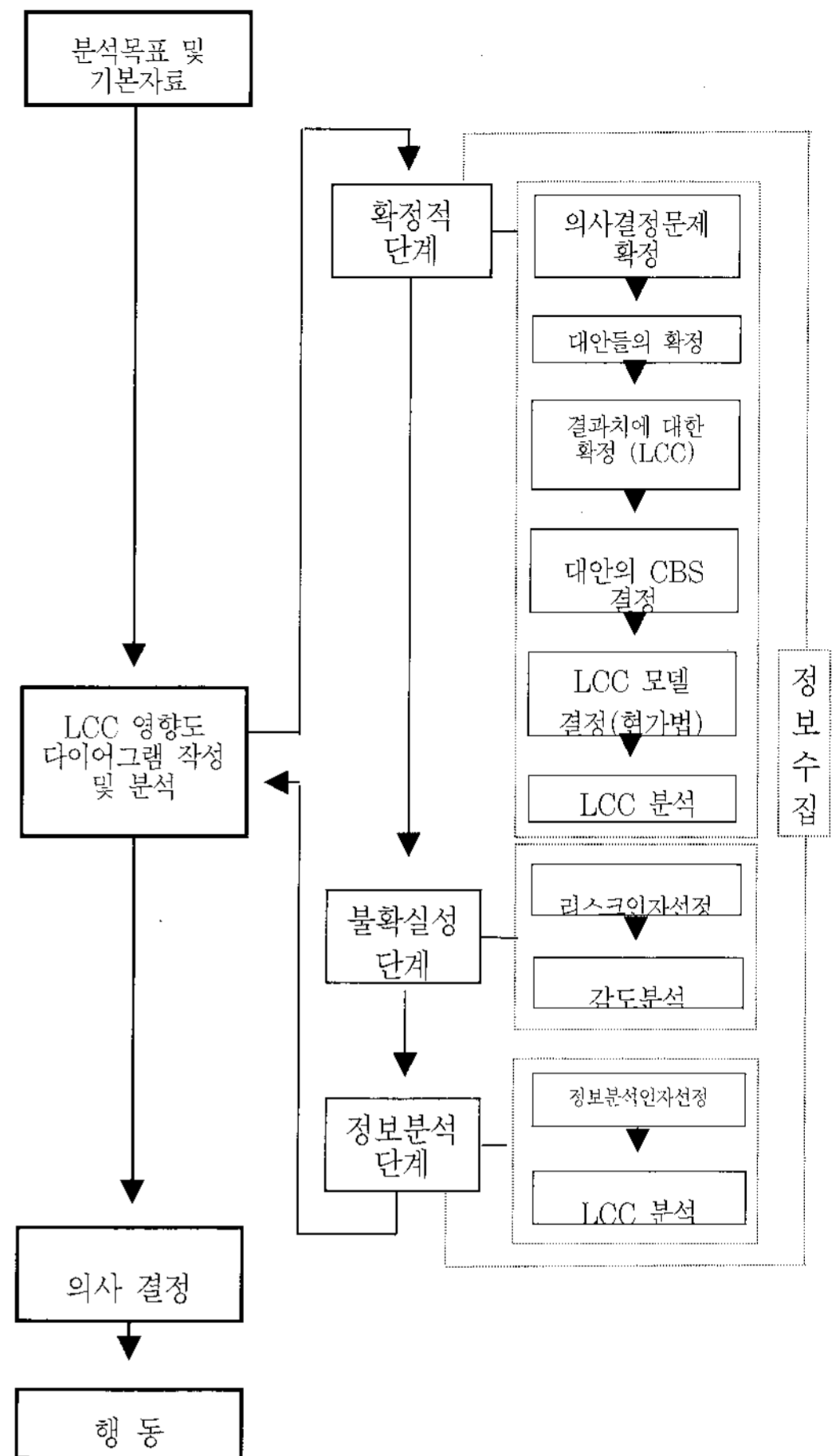


그림 2. LCC 분석 절차

### 4. LCC 분석 절차

의사 결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 절차는 그림 2와 같다.

LCC 분석 절차는 분석목표 및 기본자료, LCC 영향도 다이어그램 작성 및 분석, 의사 결정, 행동 등 4단계의 분석 절차로 구성되어 있다. LCC 영향도 다이어그램은 확정적 단계(의사결정문제 확정, 대안들의 확정, 결과치에 대한 확정, 대안의 CBS 결정, LCC 모델 결정), 불확실성 단계(리스크인자 선정, 감도분석), 정보분석단계(정보 분석인자 선정, LCC 분석), 의사 결정으로 구성되어 있다.

LCC 분석 절차의 LCC 영향도 다이어그램은 HVAC 시스템의 LCC 분석상황을 하나의 도표에서 파악할 수 있다. 의사결정분석을 위하여 LCC 영향도 다이어그램을 개발<sup>3)</sup>하여 이용함으로써 의사 결정자는 시각적으로 LCC 분석상황의 비용분석구조 및 각 변수가 주는 영향의 정도를 쉽게 파악할 수 있고, LCC 영향도 다이어그램에서 직접 불확실성 단계의 LCC도 계산할 수 있다. 또 변수의 불확실성 단계에서의 최적 대안의 영역을 계산할 수 있다. LCC 영향도 다이어그램의 개념도

3) 정순성, HVAC 시스템의 의사결정분석을 위한 LCC 영향도 다이어그램 개발에 관한 연구, 동아대학교 건축공학과 박사학위논문, 1999.

는 그림 3과 같다.

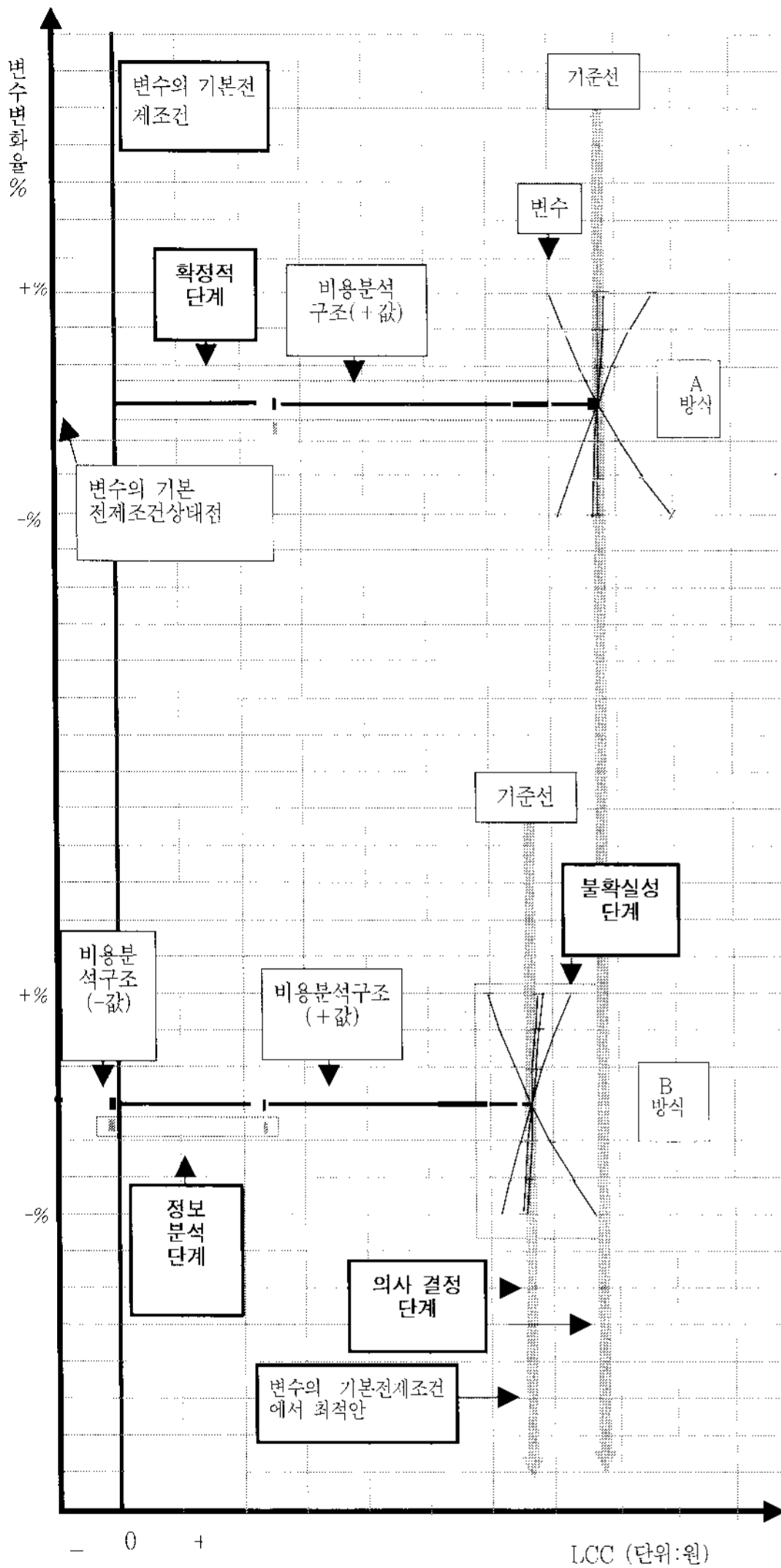


그림 3. LCC 영향도 다이어그램 개념도 개념도

### 5. 의사 결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 방법론

의사 결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 방법론의 목적, 비용항목, 분석절차 및 방법, LCC 모델, 특징을 정리하면 표 2와 같다.

표 2. HVAC 시스템의 의사결정자를 위한 LCC 분석 방법론 (DAMLCC)

연도	2004
목적	기획 및 초기계획단계에서 의사결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석시 적용
비용항목	· 프로젝트 진행단계별 구분 · 13개 항목
분석절차 및 방법	4단계의 절차
LCC 모델	수치 모델
특징	· LCC 분석에 의사결정분석 사이클 기법 및 영향도 기법 도입. · 의사 결정자의 의사결정분석을 위해 LCC 영향도 다이어그램 개발 후 사용. · LCC 영향도 다이어그램에서 직접 최적 대안 선정 및 LCC 계산이 가능.

### 6. 사례연구

의사 결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 방법론의 적용 타당성을 검증하기 위하여 냉동기 용량 300 USRT인 냉열원 시스템에 대하여 사례연구를 실시하였다.

#### 6.1 확정적단계, 불확실성단계, 정보분석단계의 LCC 분석

그림 2의 LCC 분석절차에서 확정적단계의 의사결정문제는 냉열원 시스템의 선택시 경제성에 관한 것으로 대안들은 일반전력을 사용하는 터보냉동기방식과 도시가스를 사용하는 냉온수유닛 방식으로 분류하였으며, 분석대상은 부산지역 사무조건물에 적용하였다. 결과치에 대한 확정으로 경제성 평가를 실시하였으며, 경제성 평가로 라이프 사이클 코스트가 작은 냉열원시스템을 선택하는 것으로 가정하였다.

냉열원시스템의 비용분석구조는 그림 1과 같으며, LCC계산을 위한 전제조건은 다음과 같다.

기획·설계비와 공사감리비는 공사비 비율에 의한 방법을 선택하여 계산하였다. 초기투자비는 냉

열원 제조업체의 소비자가 견적<sup>4)</sup>을 바탕으로 산정하였다. 각종 지원금의 경우 냉온수유니트방식은 가스공사지원금, 세제지원(소득세 공제), 금융지원을 받는 것으로 가정하였다. 에너지비는 초기 계획단계에서 견적을 신속히 실시하는데 유리한 전부하 상당 운전시간<sup>5)</sup>을 사용하였다. 에너지비<sup>6)</sup>, 상·하수도비<sup>7)</sup>, 보전비<sup>8)</sup>, 운전인건비<sup>9)</sup>, 세금<sup>10)</sup>, 화재보험료<sup>11)</sup>, 철거비<sup>12)</sup>, 매각비<sup>13)</sup>는 각각의 조건에 따라 산출하였다.

부분갱신비는 냉열원 방식별로 LCC 분석기간 중에 부분갱신이 없는 것으로 가정하였다. 기타 비용으로 초기투자비 증가분 이자는 초기투자비에

- 4) 터보 냉동기 방식, 냉온수 유니트 방식(가스) 각각 5개의 평균값을 사용하였다. 수변전 설비비는 KVA당 150,000 원으로 가정하였다.
- 5) 부산지역 사무소 건물의 전부하상당 운전시간으로 403시간을 기준(정순성, HVAC 시스템의 의사결정분석을 위한 LCC 영향도 다이어그램 개발에 관한 연구, 동아대학교 박사학위논문, p.89, 1999)
- 6) 전력비-2002.9.1기준(전력산업기반기금 4.591% 포함), 전력요금(기본요금, 사용요금)으로 구분. 전기요금(전력요금: 일반용 전력(갑)-선택(Ⅱ)요금), 도시가스연료비-2002.6.1 기준 도시가스요금(10,500kcal기준, 부가세포함):업무용(냉방용 293.83원/m<sup>3</sup>),
- 7) 냉각수 계통의 발열, 비산 및 농축 방지를 위한 블로워에 대한 보급률로 냉각수 순환수량의 2%로 가정(0.26 l/min USRT). 상수도도 2002년 10월 기준. 하수도비 2002년 10월 기준. 수처리비는 수질의 정도에 따라 비용에 많은 차이가 있으나 본 연구에서는 수처리요금 2000원/l로 가정. 물이용 부담금은 부산시의 경우 2002.7.15일 기준(100원/m<sup>3</sup>).
- 8) 초기투자비의 1.5%로 가정.
- 9) 건축물 시설관리비 표준단가를 기준으로 계산. 인건비, 경비, 일반관리비, 이윤 등을 포함, 기능사(기계)급으로 가정, 연면적 4000m<sup>2</sup>당 1인 가정.
- 10) 취득세 및 등록세는 과세표준을 초기투자비의 70%, 재산세, 교육세(재산세), 도시계획세, 공동시설세는 과세표준을 초기투자비의 80%로 가정.
- 11) S사의 화재보험 요율 적용(일반업무시설 2급). 기계보험료는 고려하지 않는 것으로 가정.
- 12) 철거인건비는 신설의 50%(재사용을 고려치 않을 때)로 계산(냉동기 지하 1층, 냉각탑 옥상 기준). 건설폐기물처리비는 835,000원으로 냉열원 방식의 용량별로 동일하다고 가정.
- 13) 매각수익비는 고철가격을 50원/kg으로 가정.

서 각종지원금을 뺀 금액을 비교하여 가장 적은 대안의 금액을 바탕으로 이자에 대한 비용을 산출하였으며, 사용 공간비 및 잔존가치는 고려하지 않는 것으로 가정하였다.

비용항목 변수로 이자율 8%, 에너지비 상승률 4%, 상·하수도비 상승률 13%, 물가상승률 4%, 운전인건비 상승률 9%, 조세공과금 및 화재보험료 상승률 2%, 수처리비 상승률 4%, 물이용 부담금 상승률 2%, 내용연수 15년으로 가정하여 현가법을 적용하였다.

불확실성단계에서 리스크인자는 에너지비, 상·하수도비, 보전비, 운전인건비, 조세공과금, 보험료 등이 있으나 본 연구에서는 에너지비와 보전비에 대하여 감도분석을 실시하였다.

정보분석단계에서 정보분석인자는 금융지원, 기획비, 설계비, 초기투자비 증가분 이자 등으로 분류할 수 있다. 왜냐하면 각종지원금은 신청시기의 상황에 따라 지원유무가 결정되며, 기획비와 설계비는 엔지니어링 사업대가의 기준에 의하여 공사비 비율에 의한 방식을 이용하였으나 설비설계 사무소의 특성상 수의계약에 의해 기획비와 설계비가 정해지는 경우가 있기 때문이다. 또 초기투자비 증가분 이자는 각 대안의 초기투자비 비교에 의하여 발생하는 비용이므로 냉온수유니트방식의 경우 각종지원금을 받지 못하면 초기투자비의 증가를 가져오게 된다.

본 연구에서는 정보분석단계의 정보분석인자로 각종지원금과 초기투자비 증가분 이자로 한정하였다.

LCC 모델 수식에 의하여 확정적단계, 불확실성단계, 정보분석단계에서 각 대안의 LCC<sub>15</sub> 계산 결과는 표 3과 같다.

## 6.2 LCC 영향도 다이어그램 작성 및 분석

표 3의 LCC<sub>15</sub> 계산 결과를 바탕으로 확정적단계, 불확실성 단계, 정보분석단계의 도식화에 의한 터보냉동기방식과 냉온수유니트방식의 LCC

표 3. 확정적단계, 불확실성단계, 정부분석단계에서 냉열원 시스템의 현가법에 LCC15의 계산 결과

(단위: 천원)

단계별 비용항목	기획·설계단계		설비건설단계					유지·관리단계										폐기·처분단계				
	기획·설계비		초기투자비		각종지원금			에너지비	상·하수도비				보전비	유선인건비	조세공과금		보험료	기타비용	철거비	배각비		
	기획비	설계비	재종사적및공사비	감리비	지원금(가스공사)	소득세공제	금융지원		상수도비	하수도비	수처리비	물이용부담금			초년도	매년					화재보험료	초기투자비중가분이자
비용	터보	4440	8876	221656	4913	0	0	0	26764	2452	1396	1509	189	3023	7504	4903	814	275	0	13920	850	-520
	냉온수	5131	1024	266193	5664	-1500	-15360	-3053	17395	3678	2094	2263	283	3631	7504	5888	971	330	726	16376	850	-849
현가	터보	4440	8876	221656	4913	0	0	0	233462	39516	22494	13175	1451	26400	91206	4903	6263	2114	0	8935	268	-164
	냉온수	5131	1024	266193	5664	-1500	-15360	-16793	151737	59275	33741	19763	2176	31705	91206	5888	7469	2539	5930	10511	268	-268
확정적단계, LCC15	터보	689908																				
	냉온수	675519																				
불확실성단계 LCC15	에너지비감도분석	변화율	1%		2%			3%		4%		5%		6%		7%						
		터보	650057		662315			675563		689908		705431		722239		740492						
		냉온수	649617		657584			666195		675519		685608		696532		708395						
	보전비감도분석	변화율	1%		2%			3%		4%		5%		6%		7%						
		터보	685376		686761			688257		689908		691631		693529		695591						
		냉온수	670081		671744			673541		675519		677593		679873		682350						
정보분석단계 LCC15	각종지원금유무	가스공사지원금만 있는 경우		소득세공제만 있는 경우			금융지원만 있는 경우		가스공사지원금+소득세공제만 있는 경우		가스공사지원금+금융지원만 있는 경우		소득세공제+금융지원만 있는 경우		가스공사지원금+소득세공제+금융지원이 없는 경우							
	터보	689908		689908			689908		689908		689908		689908		689908		689908					
	냉온수	703199		694285			693363		693320		692398		683484		704163							

영향도 다이어그램을 작성하면 그림 4와 같다.

그림 4의 확정적 단계와 불확실성단계에서 기준선을 변화시키면, 냉온수유니트방식이 터보냉동기방식보다 라이프 사이클 코스트가 적으므로 냉온수유니트방식이 경제적인 시스템인 것으로 판별되었다.

정보분석단계에서 소득세 공제와 금융지원이 있는 경우 기준선을 변화시키면 냉온수유니트방식이 터보냉동기방식보다 라이프 사이클 코스트가 적게 나타났으며, 그 외의 조건에서는 터보냉동기방식이 냉온수유니트방식보다 라이프 사이클 코스트가 적게 나타났다.

## 7. 결 론

본 연구는 HVAC 시스템의 비용분석구조, LCC

모델, LCC 분석 절차를 바탕으로 기획 및 초기 계획단계에서 의사 결정자를 위한 LCC 분석 방법론을 개발하여 제안하고자 한다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

(1) HVAC 시스템의 LCC를 위한 비용분석구조에서 프로젝트 진행단계에 따라 기획·설계 단계, 설비건설단계, 유지·관리단계, 폐기·처분단계에 따라 13개로 대분류하였으며, 비용분석구조의 특징은 각 비용분석구조 블록에 대한 적절한 수준, 제목, CBS 번호, 블록번호, LCC 계산을 위한 각종 계수를 첨가한 것이다. 따라서 제시된 HVAC 시스템별 LCC를 위한 비용분석구조를 바탕으로 의사 결정자와 LCC 분석가는 라이프 사이클 코스트를 정의하는 것에 대한 구조의 구성, 비용의 보고, 분석, 최종의 비용관리에 대한 필요

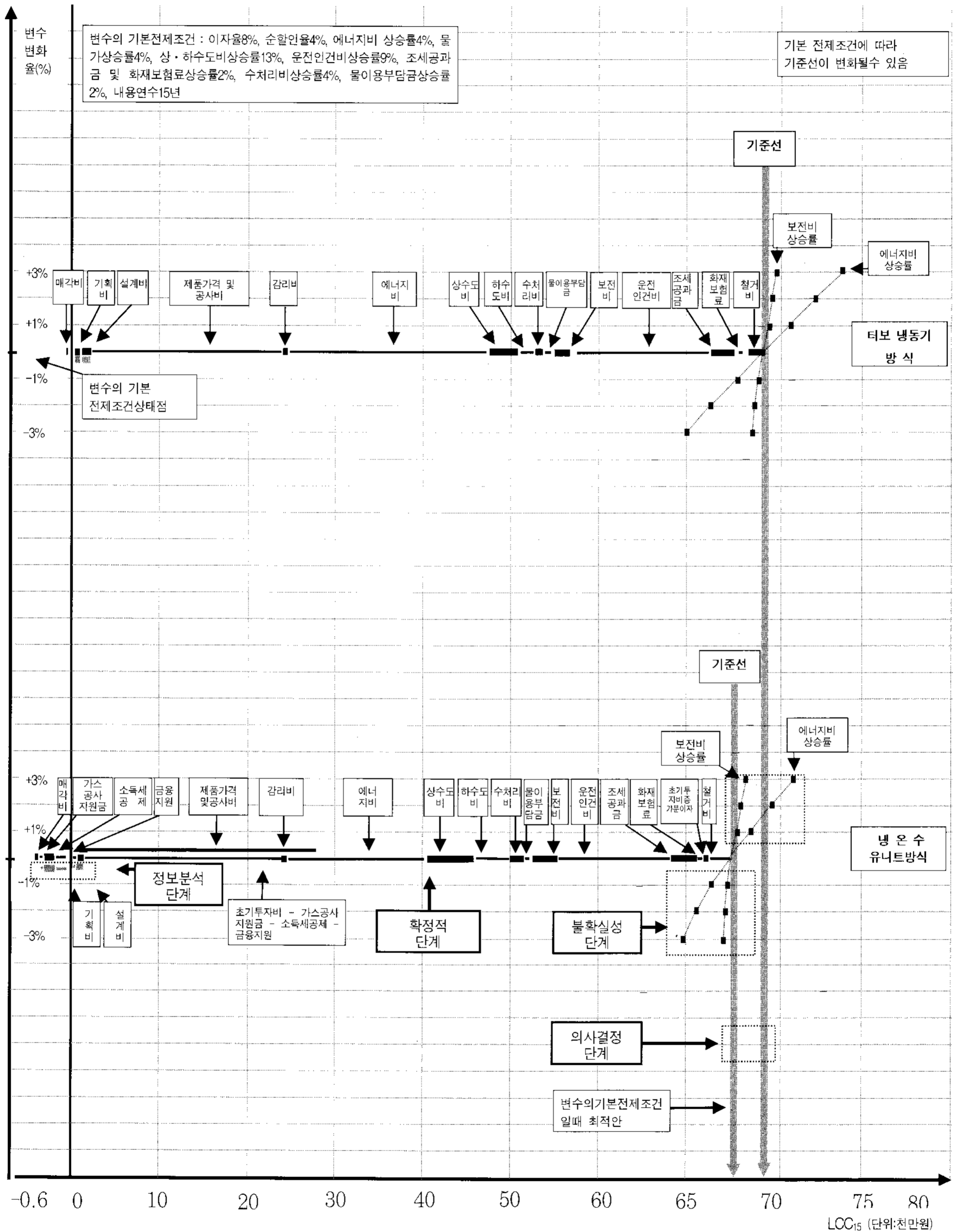


그림 4. 냉열원 시스템의 LCC 영향도 다이어그램



정보의 연결 관계를 명확히 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

(2) 비용분석구조를 바탕으로 현가법에 의한 HVAC 시스템의 LCC 모델 식은 다음과 같다.

$$LCC-P-HVAC = \{C_{19} + C_{20} + C_{21} + C_{22} + C_{23} + C_{24} - C_{25} - C_{26} - C_{28} + C_{39} + C_{40}\} + \left\{ \sum_{p=1}^n (C_{29} + C_{30} + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} + C_{35} + C_{36} + C_{37} + C_{38} + C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} + C_{45} + C_{49}) p \frac{(1+e)^p}{(1+i)^p} \right\} - \left\{ \sum_{p=1}^k (C_{27}) p \frac{1}{(1+i)^p} \right\} + \left\{ (C_{46} + C_{47}) p \frac{1}{(1+i)^m} \right\} + \left\{ \sum_{p=1}^n (C_{48}) p \frac{1}{(1+i)^p} \right\} + \left\{ (C_{50} + C_{51} - C_{52} - C_{53}) p \frac{1}{(1+i)^n} \right\}$$

(3) HVAC 시스템의 LCC 분석 절차는 분석목표 및 기본자료, LCC 영향도 다이어그램 작성 및 분석, 의사 결정, 행동 등 4단계로 구성하였다.

(4) 의사결정자를 위한 HVAC 시스템의 LCC 분석 방법론 특징은 의사결정을 위해 비용항목, 비용항목변수 및 감도분석 결과를 시각적으로 표현하여 의사결정자가 LCC 분석 상황을 한 눈에 파악할 수 있는 LCC 영향도 다이어그램을 개발하였으며, LCC 영향도 다이어그램에서 직접 최적 대안 선정 및 LCC 계산을 할 수 있다.

## 후 기

이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-003-D00524)

## 참 고 문 헌

1. 김성희·정병호·김재경, 의사결정분석 및 응용, 영지문화사, 1999.
2. 김인호, 건설계획과 의사결정, 기문당, 1998.
3. 박태근, Life Cycle Cost 分析에 의한 共同住宅의 最適設計 方法論에 관한 研究, 서울대학교 博士學位論文, 1992.
4. 정순성, HVAC 시스템의 의사결정분석을 위한 LCC 영향도 다이어그램 개발에 관한 연구, 동아대학교 건축공학과 박사학위논문, 1999.
5. 한국건설산업연구원편저, 건설관리 및 경영, 보성각, 1997.
6. 사단법인 한국물가정보, 종합물가정보, 2002, 2003.
7. 유일근, Engineer를 위한 원가측정과 분석, 시그마 프레스, 1999.
8. 한국전력공사, 수요개발 실무교재, 1994.
9. A.I.A., Life Cycle Cost Analysis : A Guide for Architects, Washington, 1977.
10. Shachter, R., Evaluating Influence Diagrams, Operations Research, Vol. 34, pp. 871~882, 1986.