

화물운송정보체계를 위한 GIS/GPS기반 AVL시스템 적용방안

Applying GIS and GPS Based AVL System for the Logistics Information Systems

김원규(金元奎)*

Wonkyu Kim

요약 본 논문에서는 화물운송체계에 GIS/GPS 기반의 AVL을 적용하기 위한 핵심요소기술을 검토하고, 시스템 구성대안을 설정하였다. 또한 시스템 구성대안들을 Life-Cycle Cost 분석을 통하여 평가하였다. 기본가정 및 비용단가에 의한 분석결과 개별차량의 무선통신비용의 부담이 노변통신시설의 유지보수 비용에 비해 전체 LCCE에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 무선통신대안이 상대적으로 고비용의 시스템 구성안인 것으로 분석되었다. 그러나 여러 가지 요인에 따른 민감도 분석결과 노변시설의 설치간격, 무선통신비용단가의 하락 등을 가정할 경우 무선통신대안이 운영측면의 경제성을 갖는 것으로 분석되었다. 무선통신대안과 노변통신대안 모두 각각의 장단점을 갖고 있으므로 지역적 특성 내지는 교통시설의 특성에 따라 혼합적용하는 방안이 검토되어야 한다. 본 연구는 GIS/GPS-AVL의 화물운송체계 적용시 시스템구성요소 및 구축방향을 결정하는데 도움을 줄 것이다.

ABSTRACT In this paper, essential technological elements for applying GIS and GPS based AVL system to the logistics information area were reviewed. Then system alternatives were evaluated using Life-Cycle Cost Analysis. In the basic scenario, the roadside infrastructure alternative is turned out to be more efficient than the other. The sensitivity analysis shows that under the different conditions and unit costs, the wireless communication alternative can be more economical. Mixed approach based on characteristics of transportation facilities should be considered

키워드 : 물류체계합리화, 화물운송정보체계, GPS, AVL, Life-Cycle Cost, Map-matching

1. 서론

기업 혹은 국가의 물류비를 절감하기 위해서는 화물의 관리, 운송과 구매, 판매, 주문에서 발생하는 인적, 시간적 비용을 감소시켜야 한다. 그 동안 우리나라에서는 물류시스템을 물리적인 시설로 이해하는 경우가 많아서 시설의 공급에만 관심을 기울여 왔다. 그 결과 물류활동을 지원할 수 있을 만한 정보시스템의 구축이 이루어지지 못하여 물류체계의 비효율성이 증대되게 되었다.

최근 정보기술 도입에 의하여 물류체계의 합리화를 이루기위한 움직임이 활발히 일어나고 있다. 물류체계

의 정보화 노력들은 비공간적 물류정보망의 개발과 화물의 운송을 위한 첨단화물운송체계(CVO: Commercial Vehicle Operation)의 개발을 통하여 시도되고 있다. CVO는 GIS 및 GPS를 활용한 자동차량위치추적(GIS/GPS-AVL : GIS and GPS Based Automatic Vehicle Location)시스템을 중심으로 화물차량의 위치를 추적하며 수배송지령과 화물차량관리 등의 기능을 한다.

본 논문에서는 GIS/GPS-AVL시스템을 화물운송체계에 적용하기 위한 핵심구성요소를 제시하고 제안된 시스템 구성대안들을 Life-Cycle Cost Analysis를 통하여 평가함으로써 첨단화물운송체계의 구축방향을 제시

* 정회원, 교통개발연구원 교통모형연구팀
whim@cis.koti.re.kr

하였다.

2. 물류체계정보화의 필요성

전체 제조비용에 대하여 물류비용이 차지하는 비율이 일본이 11%인 반면에 우리나라는 17%에 육박한다. 이렇듯 국가경제에 지대한 영향을 주는 전체 물류비용 중 수송비의 비중은 매우 크다. 표 1 및 그림 1에서 보는 바와 같이 우리나라의 물류비는 1996년 현재 약 64조원에 이르고 있다. 이중 약 66.5%가 수송비이며 수송비의 비중은 지속적으로 증가하는 추세이다.

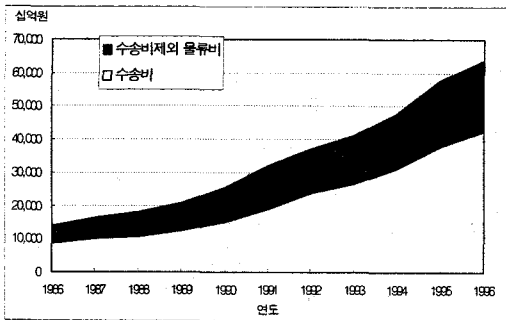


그림 1. 우리나라 물류비 구성추이 [2]

일반적으로 화물수송비의 과다는 교통의 혼잡 그리고 정보의 부재에 의한 높은 공차이동률 등이 그 원인으로

평가되고 있다. 그러므로 화물운송체계의 정보화를 통하여 물류비의 절감을 이룰 수 있는 것이다. 많은 선행 연구들이 첨단화물운송체계의 타당성 및 도입효과에 대한 연구를 하였다. CVO에 의한 편익은 전자문서 (EDI: Electronic Document Interchange)를 통한 서류비용감소, 유류비용의 감소, 공차율감소로 분류될 수 있다. 아래표는 화물운송체계에 AVL 적용시의 효과를 나타낸 것이다.

표 2. AVL 도입효과 분석 [1]

구분	AVL 미부착시	AVL 부착시	비고
적재 통행수	1.45회/일	2.32회/일	1.6배 증가
평균적재율	80.3%	85.0%	6%증가
공차거리율	44.4%	36.2%	18% 감소
적재효율	45.5%	53.5%	18% 증가

3. GPS-AVL시스템의 핵심요소

3.1 AVL 시스템의 구성요소

자동차량위치추적(AVL)시스템은 차량의 현재위치를 파악할 수 있는 장비와 이를 무선통신을 통하여 운영센터에 전송하고 이 정보를 바탕으로 실시간 교통정보를 생성하는 시스템의 총칭이다. 여기에는 첨단통신·정보·전자기술이 활용된다. 자동차량위치추적(AVL)시스템

표 1. 우리나라 물류비 구성추이 [2]

연도	수송비	재고유지 관리비	포장비	하역비	물류정보비	일반관리비	물류비 총합계
1986	8,634	3,652	416	255	521	565	14,043
1987	10,057	4,157	508	359	606	672	16,359
1988	10,780	4,915	601	432	696	776	18,200
1989	12,364	5,731	695	497	724	802	20,813
1990	15,106	7,201	768	507	966	1,083	25,631
1991	18,857	9,147	865	642	1,180	1,298	31,989
1992	23,607	9,041	899	666	1,344	1,438	36,995
1993	26,836	9,430	984	775	1,561	1,615	41,201
1994	31,037	10,935	1,118	923	1,804	1,936	47,753
1995	38,095	12,907	1,470	980	2,181	2,283	57,916
1996	42,378	13,828	1,373	1,050	2,573	2,552	63,753
증가율	15.6 (11.2)	12.9 (7.1)	11.5 (▽6.6)	13.7 (7.1)	15.6 (18.0)	14.7 (11.8)	14.7 (10.1)

의 기술요소는 전자지도 및 DB, 위치추적장치 (Positioning System), Map-Matching 요소, 정보가공요소, 운영센터 및 통신체계요소, 정보표출 (Human-Machine Interface) 요소 등으로 구분될 수 있다.

3.2 전자지도 및 DB 요소

3.2.1 수치지도정보

도형정보는 지리적 고유좌표를 갖는 수치지도를 의미한다. 시스템 구축을 위한 수치지도는 국가지리정보체계 (NGIS)구축 기본계획하에서 추진하고 있는 국가수치기본도를 활용하는 것이 좋다. 그것은 향후 국가수치기본도가 모두 완성되는 2000년도 이후 AVL을 비롯한 모든 GIS 활용분야에서 국가수치기본도를 사용할 확율이 높으므로 정보의 호환성 측면에서 유리하기 때문이다.

국가수치기본도는 지역적 특성에 따라 1/1,000, 1/5,000, 1/25,000의 3가지 축척을 가지는 국립지리원에서 제공하는 수치지도이다. 1/1,000축척은 도시지역, 1/25,000은 산악지역, 1/5,000은 산악지역을 제외한 전국 지역에 적용된다. 이러한 국가수치기본도는 지형의 대상별로 9개의 4자리숫자의 레이어코드로 구분하여 지정되어 있다.

3.2.2 속성정보

GIS/GPS-AVL 구축을 위하여 필요한 도형정보는 점, 선, 면 중 대부분이 점과 선의 형태이다. 점의 경우 노드와 차량의 위치가 될 것이며, 선의 경우 링크가 된다. 나머지 행정구역은 면으로서 표현된다. 노드에 관한 속성정보로서는 진행방향도로와 교차되는 도로, 노드를 기준으로 진입과 진출, 방향별 진입규제에 관한 정보이다. 링크에 대한 속성정보로는 도로의 형태, 차선수, 설계속도 등이 해당된다. 차량에 대한 속성정보는 위치별 통과시간, 속도 등 각종 차량이동상황정보 등이다.

3.3 위치추적시스템(Positioning System)

실시간 차량위치를 파악할 수 있는 위치추적시스템은 Dead Reckoning, Wheel Sensor, Gyroscope 등의 상대적 위치추적장비와 Magnetic Compass, GPS(Global Positioning System, RFID(Radio Frequency Identification) 등의 절대위치추적장비로 나눌 수 있다 [8]. 이 중 국내에서 많이 시도가 되고 있는 방식은 RFID와 GPS이다. RFID는 노변에 고정된 시설을 이용 시설 주변의 좁은 범위를 지나가는 차량을 인식하여 차량의 위치를 판단하는 방식이다. 이 방식은 노변시설의 간격이 클 경우 연속적인 위치의 추적이 어려운 단점이 있다.

GPS는 SPS (Standard Positioning Service)와

PPS(Precise Positioning Service)의 두가지의 서비스로 나뉘나 민간인에게는 SPS 만이 사용가능하며 의도적인 정확도 저하로 100m의 수평오차와 140m의 수직오차를 가지고 있다. 이를 개선하기 위하여 지상표준국의 신호를 받아서 오차를 보정하는 DGPS 서비스를 시행하고 있으며 이 경우 15m이하로 오차를 줄일 수 가 있다. SPS, PPS, DGPS의 오차는 표 3에서 보느냐와 같다.

표 3. GPS 서비스의 오차 (m) [8]

구분	GPS-SPS	GPS-PPS	DGPS
수평오차	100	21	15
수직오차	140	29	

3.4 Map-Matching

화물차량의 GPS단말기에서 받는 실시간 위치정보를 국가수치기본도에 정확하게 표출하는 것이 GPS-AVL에서 가장 중요한 기술요소라 할 수 있다. 이를 기초로 교통상황을 추정하고 차량의 위치를 파악 수배송 등의 지시를 내릴 수 있기 때문이다. 그러나 차량의 실제 위치를 수치지도상에 정확하게 표출하기는 힘들다. 그 이유는 GPS서비스 자체의 오차 등 문제점들이 있기 때문이다. 이 오차를 수정하여 수치지도 위에 차량의 위치를 나타내는 것이 Map-matching 기술이다.

우선 GPS로부터 받는 경위도 좌표를 우리나라 국가수치기본도의 횡메르카도르좌표(TM : Transverse Mercator) 체계로 바꾸는 작업이 필요하다. Map-Matching의 일환인 이러한 좌표변환은 Layer별로 반복적으로 이루어져야 한다. 이 기능은 기존 GIS 소프트웨어에 내장되어 있다.

Map-matching 알고리즘에는 준결정론적(Semi-deterministic) 알고리즘, 확률적 알고리즘, 퍼지로지 기반 알고리즘, 신경망알고리즘 등이 있다. Map-matching은 기본적으로 차량의 궤적을 이전에 적용된 지도상의 위치와 가장 가까운 도로와 비교하여 도상에 차량의 위치를 표시하는 것이다. 현재의 차량 궤적과 가장 선행이 유사한 도로와 이전 차량이 위치 하였던 도로 중 선택하는 방식이 가장 일반적인 방법이며, 이러한 접근방식은 미국과 영국을 중심으로 1970년대부터 개발되었다.

준결정론적 알고리즘에서는 우선 Map-matching의 후보가 되는 도로들을 제한적으로 선택하기 위한 기준을 설정하여야 한다. 먼저 차량은 항상 도로 위에 있는 것으로 가정된다. 그리고 차량의 회전이 감지되는 경우 누적된 항행오차를 보정하게된다. 차량이 교차로 사이의 도로에 있을 경우 역시 오차를 보정하게된다. 이 알

고리즘의 단점은 차량이 도로 밖으로 벗어난 경우 오차를 보정할 방법이 없다는 점이다. 이러한 이유 때문에 현재 위치추적방식에서 이 알고리즘은 잘 쓰이지 않는다.

확률론적 알고리즘은 항행오차의 통계적 오차(error)를 도상위치결정에 응용하는 것이다. 실제 차량의 위치는 타원 혹은 직사각형형태의 오차구역 및 오차모형에 의하여 결정된다. 이 알고리즘의 장점은 준결정론적모형과는 달리 차량이 언제나 도로위에 있어야 한다는 가정이 필요없다는 점이다[8].

좌표 (x,y)에 대한 분산-공분산 행렬이 다음과 같이 표시된다고 가정하자.

$$P = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y^2 \end{pmatrix} \text{-----(식 1)}$$

여기서 σ_x, σ_y : 측정오차의 표준편차
 σ_x^2, σ_y^2 : 측정오차의 분산
 σ_{xy}, σ_{yx} : 공분산

오차 타원을 구성하는 단축의 길이 a와 장축의 길이 b, 그리고 북을 기준으로한 장축의 방향각 ϕ 는 다음의 식들과 같다.

$$a = \sigma_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2})} \text{---(식 2)}$$

$$b = \sigma_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2})} \text{---(식 3)}$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}\right) \text{-----(식 4)}$$

여기서

σ_0^* : Expansion Factor=1: 표준 타원 신뢰지역 39%, 2.15: 신뢰지역 95%, 3.03: 99%

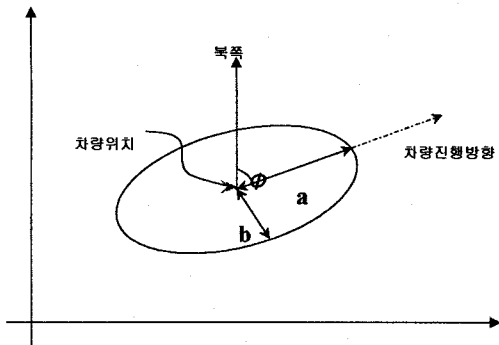


그림 2. 오차타원구역

그림 2에서 보는 바와 같은 타원형을 이용하여 실제 후보대상 도로구간을 선정하는 것은 쉽지 않다. 그러므로 실제 알고리즘에서는 타원형을 포함하는 직사각형의 오차구역을 설정한다. 그 다음으로 도로의 방향이 선택 고려요건이 되며 이전 도로구간과의 연결여부 혹은 근접여부가 선택의 조건이 된다. 주차장 진입등을 위하여 차량이 도로에서 벗어날 경우에는 좀더 엄밀한 조건으로 검색이 이루어져야 한다. 이상의 조건에 합치되는 도로구간을 찾지 못할 경우는 측정된 좌표를 그대로 표출하게 된다.

데이터베이스 자체의 오차도 고려의 대상이 된다. 이것은 국가수치기본도를 생성할시 축척으로 인한 내부적 오차로 발생한다. 국가수치기본도의 축척에 따른 내부적인 오차는 대략 축척의 크기에 0.5mm를 곱한 것으로 제시되고 있다[4]. 도시지역 국가수치기본도가 1/1,000과 1/5,000으로 작성되고 있으므로 국가수치기본도의 최대 오차는 2.5m정도이어서 무시할 수 있는 수준이라 할 수 있다.

3.5 정보가공요소

AVL은 공간정보(GIS-DB) 및 실시간 차량위치 등을 활용하여 시스템 사용자 및 화물차량운전자에게 필요한 정보를 가공한다. 중요한 가공정보 중 하나인 통행시간 정보는 현재의 통행시간을 재현하는 통행시간추정(Estimation)과 향후 5~30분 혹은 1~2일 후의 통행시간을 예측(Forecasting)하는 기술로 대별될 수 있다. 이 밖에 차량관리의 효율을 증대시키는 정보로서 차량배차 시간결정, 돌발상황발생시 현장까지 긴급차량출동결정 정보 등이 고려될 수 있다.

3.6 운영센터 및 통신체계요소

실시간 차량위치자료를 바탕으로 새로운 부가적인 정보를 가공 생성하는 컴퓨터시스템을 보유한 시설이 운영센터이다. 자료수집체계에서 수집된 자료를 교통센터로 전송하거나, 교통센터에서 개별차량에게 가공된 정보를 송신할 때 무선통신이 이용된다. 무선채널로 전송되는 데이터는 패킷단위로 전송되며, 무선단말기능은 시스템의 여러무선채널 중 하나를 선택하여 이용하기 때문에 많은 무선단말기가 동시에 무선 네트워크를 이용하여도 네트워크의 연결, 중단, 무선채널 재할당과 관련된 부하 등을 최소화 무선채널의 효율적인 이용이 가능하도록 되어 있다. 최근 센터와 유선망으로 연결된 근거리 노변통신시설을 이용하는 통신방법도 이용이 고려되고 있다.

3.7 정보표출(HMI: Human-Machine Interface) 요소

HMI는 운전자, 시스템 운영자 및 사용자들이 단말기를 통하여 시스템과 상호 교류하도록 하는 기술이다. 인간공학기술이 이 기술요소의 핵심이다. 여기서는 사용자가 직관적으로 시스템을 사용할 수 있게 해주어야 하며 운전중 안전에 이상이 없도록 하는 배려가 필요하다. 성공적인 HMI의 구성을 위해서는 사용자의 요구사항의 정의, 지원가능 기능요건의 결정, 인터페이스 유형의 정의, 표출과 조정방식의 설계 등의 작업이 필요하다 [8]. 사용자 중심의 다양한 시각적 표출방식, 음성 인식 등 운전행위에 방해가 되지 않는 조정방식 등의 기술적용이 요구된다.

4. GIS/GPS-AVL의 적용대안 평가

4.1 시스템 구성 대안의 설정

첨단 화물운송시스템에 적용되는 AVL의 구성요소는 크게 차량내시스템, 운영센터시스템, 사용자시스템, 노변검색시스템 등으로 나눌 수 있다. 차량내시스템은 화물운송정보중 기본이 되는 차량 위치, 상태정보를 수신하고 운영센터로부터 화물 배송의 지령을 받는 등의 기능을 수행한다. 이 시스템은 GPS 장비, 위치정보의 송신 및 운영센터 정보를 수신할 수 있는 무선통신장비, 그리고 지령을 인쇄하거나 배송물품의 관리를 위한 바코드 리더 등의 주변장치가 필요하다.

운영센터시스템은 화주 혹은 운송회사와 소속차량들간의 수배송 알선정보의 제공, 교통혼잡을 고려한 교통정보의 제공, 화물 및 화물차량의 정보관리 등의 기능을 한다. 운영 센터에는 중앙컴퓨터장치, 스위칭허브, 라우터 등을 포함한 네트워크 및 통신장비, 소프트웨어, 주변장치, 향온습습기 등을 비롯한 부대장비 등의 시설이 포함된다.

노변검색시스템은 노변에 설치되어 차량내 시스템과 정보 송수신을 하고 이를 운영센터에 송신하는 역할을 한다. 현재 단거리무선전용통신시스템(DSRC : Dedicated Short Range Communication)과 같은 형태로 표준화와 개발이 진행중이다. 이밖에 사용자가 화물운송관련 정보를 제공받고 수배송계획과 긴급업무지시를 할 수 있는 기능을 하는 사용자시스템이 구성요소에 포함된다.

운영센터시스템, 사용자시스템은 뚜렷한 구성대안이 존재하지 않으나 노변검색시스템 유무에 의한 차량과 센터간의 통신방식에 의하여 구성대안이 설정될 수 있다. 노변시스템이 존재하는 시스템구성의 경우 차량은

센터와 직접 통신할 필요성이 없으며 노변장치와의 단거리 통신을 통하여 정보를 송수신하게 된다. 이 경우 차량내의 장비의 가격이 상대적으로 저렴해 질 수 있고 기존 무선통신망 사용시 부과되는 통신비의 부담이 없게 되는 장점이 있는 반면, 노변시스템을 설치하기 위한 초기투자비와 인건비를 포함한 유지보수비 등의 시설유지비, 노변시설과 센터간의 유선통신비용 등을 시스템 사용자가 부담하게 된다. 노변시설 없이 상용무선통신망을 이용하여 차량과 센터간의 정보 송수신이 이루어지는 경우 시스템운영부분의 비용이 감소하는 대신 차량시스템의 가격이 올라갈 수 있고 사용자 특히 운송회사가 상당한 통신비용을 부담해야 하기 때문에 시장성확보에 장애 요인이 될 수 있다는 단점이 있다.

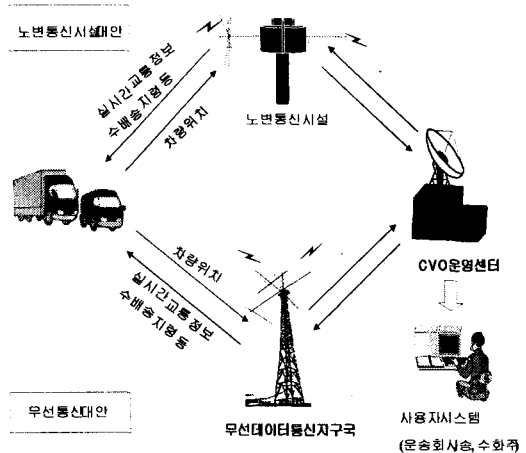


그림 3. AVL 시스템 구성대안

그림 3과 같은 시스템 구성대안은 초기 시스템의 적용단계에서 평가되어야 한다. 이 평가에는 여러 가지 방법론들이 적용될 수 있겠지만 본 연구에서는 물류관리분야에서 널리 이용되는 수명주기비용분석(LCCA : Life-Cycle Cost Analysis)을 이용하였다.

4.2 Life-Cycle Cost 분석

LCCA는 시스템의 기획 및 연구개발 단계에서부터 철거에 이르는 전체 수명주기에 걸쳐 발생하는 비용을 분석함으로써 설계, 구축, 유지보수에 관련된 대안을 평가하는 방법이다. LCCA는 1960년대 미 국방성에서 군수물류분석에 적용되기 시작하였으며 다음과 같은 경우에 유용하게 사용될 수 있다 [7]. 그 분야는 1) 시스템

표 4. 첨단화물운송체계의 비용분류구조(CBS: Cost Breakdown Structure)

전체시스템 비용 (TOTAL SYSTEM COST: C)			
연구개발비용 (RESEARCH AND DEVELOPMENT COST: C _R)	시스템구축 및 생산비용 (PRODUCTION AND CONSTRUCTION COST: C _P)	운영 및 유지 비용 (OPERATION AND SUPPORT COST: C _O)	시스템 철거비용(RETIREMENT AND DISPOSAL COST: C _D)
<ul style="list-style-type: none"> 시스템 타당성조사비용 (C_{RF}) 시스템 기본설계 비용 (C_{RB}) 시스템 상세설계 비용 (C_{RD}) 시설 실시설계 비용 (C_{RA}) 시스템 테스트 및 평가 비용 (C_{RT}) 	<ul style="list-style-type: none"> 센터시설비용 (C_{PF}) 차량내 단말기비용 (C_{PT}) 노변시설비용 (C_{PR}) 센터공사비용 (C_{PC}) 노변시설 공사비용 (C_{PB}) 초기물류 지원비용 (C_{PL}) 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 운영비용 (C_{OO}) 유선통신 비용 (C_{OW}) 무선 통신 비용 (C_{OC}) 전력비용 (C_{OE}) 유지 보수 비용 (C_{OM}) 인건비용 (C_{OP}) 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 시설 해체 비용 (C_{DD}) 시스템운영 종료비용 (C_{DE})

의 장기운영계획 및 예산수립, 2) 경쟁프로그램 (Competitive Programs)들의 비교분석, 3) 물류개념 (Logistics Concept)의 비교평가, 4) 시스템의 노후구성 요소에 대한 교체 등에 관한 결정, 5) 연속프로그램 (Ongoing Program)의 평가, 6) 시스템에 대한 경쟁입찰자들의 평가 등이다.

LCCA를 위해서는 시스템의 개발부터 철거에 이르기까지의 전체 수명주기에 대한 분석이 선행되어야한다. 이를 바탕으로 비용분류구조(CBS: Cost Breakdown Structure)를 결정한다. 또한 CBS를 통하여 비용모형이 결정되며 비용모형을 통하여 LCC가 산정되게 된다.

분석을 시도하는 시점이 시스템개발의 초기단계인 경우가 대부분이므로 비용산정에는 여러 가지 가정이 필요하다. Blanchard 등 (1992)은 비용산정의 기본원칙을 다음과 같이 제시하였다. 그 원칙은 1) 시범사업, 상세설계 등을 통하여 알려진 요인(Factor)이나 요율을 이용, 2) 해석적인 연관관계나 보수추정모형을 사용, 3) 전문가 의견의 적용 등이다. 시스템대안 평가를 위한 비용분류구조는 표 4에서 보는바와 같다.

표 4에 나타난 CBS를 이용 비용모형(Cost Model)은 다음과 같이 정리된다.

$$C_R = C_{RF} + C_{RB} + C_{RD} + C_{RA} + C_{RT} \text{-----(식 5)}$$

$$C_P = C_{PF} + C_{PT} + C_{PR} + C_{PC} + C_{PB} + C_{PL} \text{-----(식 6)}$$

$$C_O = C_{OO} + C_{OW} + C_{OC} + C_{OE} + C_{OM} + C_{OP} \text{-----(식 7)}$$

$$C_D = C_{DD} + C_{DE} \text{-----(식 8)}$$

산정된 비용모형을 바탕으로 LCCA 에서는 누적비용 추세곡선 (Cost Profile)이나 수명주기비용현가(LCCE: Life-Cycle Cost Equivalence)를 산출하게된다. LCCE는 다음식과 같이 표현된다 [6].

$$LCCE = (C_R + C_P + C_O + C_D) \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \text{-----(식 9)}$$

여기서

LCCE=n년의 수명주기비용현가

i=이자율(Interest Rate)

n=이자율적용기간(Interest Period)

4.3 분석결과

4.3.1 기본분석

노변통신대안과 무선통신대안의 평가를 위한 가정은 다음과 같다. 비용은 시스템운영자 및 사용자를 포함하였다. 교통시설과는 달리 정보통신시설의 수명주기는 시설에 따라 3년-7년 사이의 값을 갖지만 본 연구에서는 분석기간은 2000년부터 2010년까지로 하였다. 또한 이자율은 9%로 가정하였다. 센터시설비용의 산정과 노변통신시설의 산정 등 시설비용은 교통개발연구원의 수도권 ATIS 상세설계 등 최근 연구결과를 활용하였으며 분석에 적용된 비용단가 및 기본 가정은 표 5와 같다.

표 5. 대안별 비용산출 및 가정 (천원)

무선통신대안		노변통신대안	
항 목	가 격	항 목	가 격
차량내 단말기	250	차량내 단말기	150
센터 공사비	30,600	센터 공사비	30,600
센터 장비비	7,785,000	센터 장비비	7,785,000
월 통 신 비	화물차 - 센터	유선통신비/월 (비콘1개)	547
	센터 - 무선망	비콘 설치비	6,500
차량내 장비 교체비용	3년 후부터 교체를 가정	차량내 장비 교체비용	3년 후부터 교체를 가정
센터장비 교체비용	매4년마다 장비비의 40%가 소요됨을 가정	센터장비 교체비용	매4년마다 장비비의 40%가 소요됨을 가정
		도로변 장비 교체비용	3년 후부터 교체를 가정
유지관리비	공사비의 10%	유지관리비	공사비의 5%
센터 전력비	100	센터전력비	651/년
		비콘전력비	25,532/년
인건비	900,000	인건비	1,260,000
초기보급율	0.03%	초기보급율	0.03%
보급율 증가분	0.03%	보급율 증가분	0.03%
		비콘 설치간격	1 Km

아래 그림 4, 그림 5는 각 대안별 LCCE의 추세를 보여준다. 무선통신대안의 경우 서비스 가입 차량이 증가함에 따라 C_0+C_D 의 비중이 점차 증가됨을 알 수 있다. 이는 가입차량들의 무선통신비용 때문인 것으로 판단된다. 노변통신대안의 경우 초기투자비의 비중이 상당히 높으며 C_0+C_D 부분은 가입 화물차량의 증가에 상관없이 전체적으로 일정한 추세를 보였다.

아래 그림 6은 두 대안들의 LCCE 값으로 각 비용의 연도별 추이를 나타낸다. 초기에는 노변통신 대안의

LCCE가 높은 것으로 나타났으나 2002년부터 통신비용의 증가 등으로 무선통신 대안의 연간 LCCE의 값이 더 커짐을 알 수 있다. 그림 7에 나타난 LCCE의 연도별 누적값을 살펴보면 5년차인 2004년에 전체 누적비용이 역전되어 무선통신대안의 LCCE가 훨씬 큰폭의 증가세를 보이는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 주어진 가정 및 비용단가 하에서는 노변통신의 대안이 무선통신대안보다 효율적인 시스템 구성대안인 것으로 분석되었다.

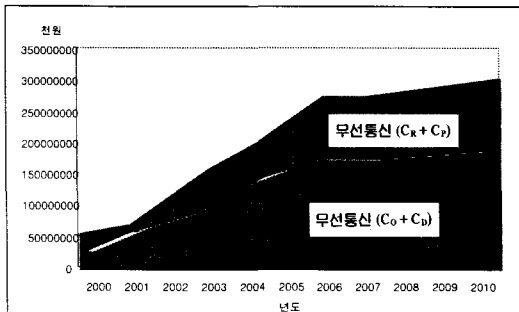


그림 4. 무선통신대안의 LCCE 추이

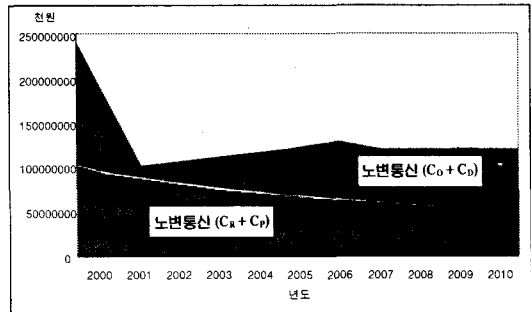


그림 5. 노변통신대안의 LCCE 추이

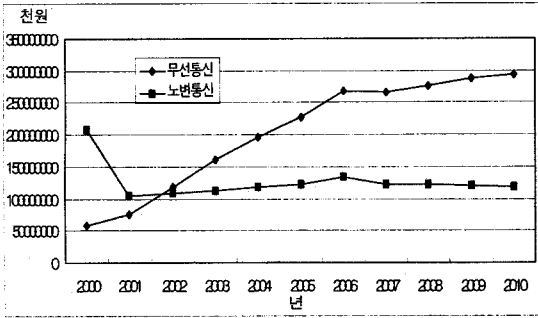


그림 6. 각 연도별 LCCE 추이

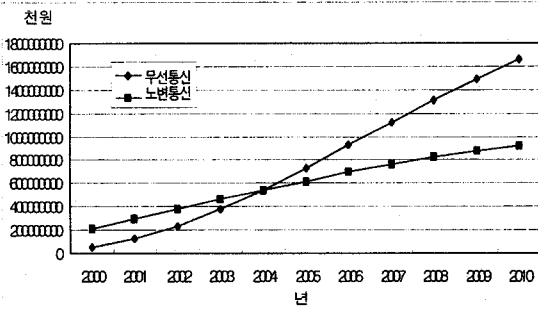
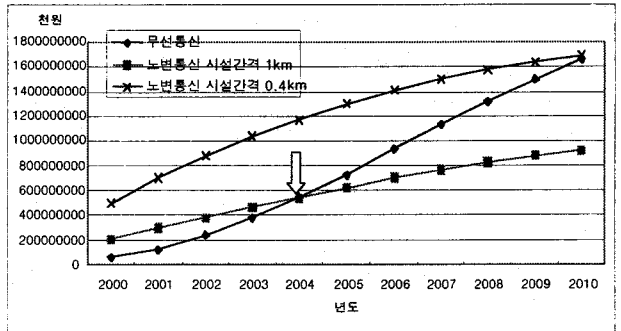
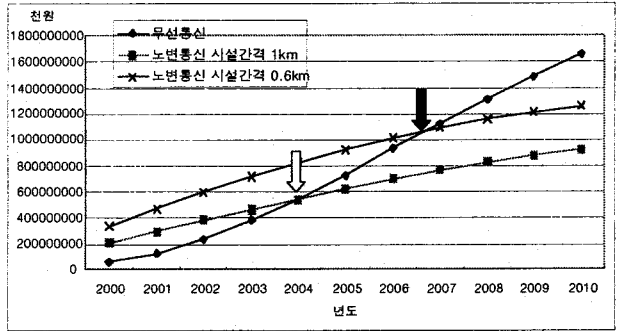
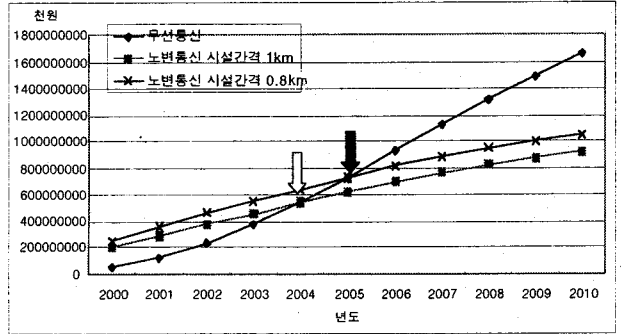


그림 7. LCCE 누적 추이

분석되었다.



4.3.2 민감도 분석

각 대안별 LCCE에 영향을 미치는 것으로 판단되는 요인들, 즉 무선통신비, 서비스보급률, 노변감지시설의 설치 간격을 중심으로 LCCE의 변화에 따른 대안비교를 수행하였다.

그림 8은 노변통신대안에 가장 큰 영향을 미치는 요인인 노변시설의 설치 간격에 의한 민감도 분석결과이다. 기본가정의 1km에서 400m로 줄어들 경우 노변시설대안의 운영비용이 증가하여 분석기간인 2010년까지 노변통신대안의 누적 LCCE가 무선통신대안보다 높은 것으로 나타났다.

그림 9에서 보는바와 같이 무선통신비의 가격이 하락함에 따라 양 대안간의 LCCE의 교차점이 이동하여 80%의 가격 하락시 노변통신대안보다 무선통신대안이 운영 효율성이 높은 것으로 나타났다. 서비스 보급률의 변화는 그림 10에서 보는바와 같이 보급률 13% 연평균 증가율 13% 가정시에 무선통신대안의 LCCE가 급격히 증가 노변통신대안의 초기투자비를 압도하는 것으로

그림 8. 노변통신 시설간격에 의한 누적 LCCE (위부터 0.8km, 0.6km, 0.4km시: 흰화살표는 기본가정시의 교차점, 검은 화살표는 민감도 분석에 의한 교차점)

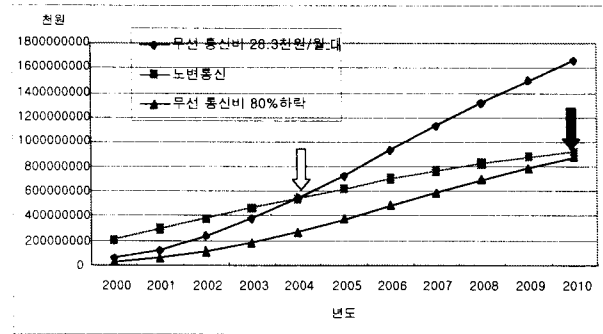
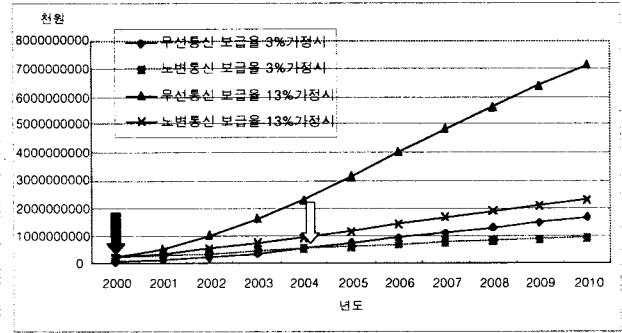
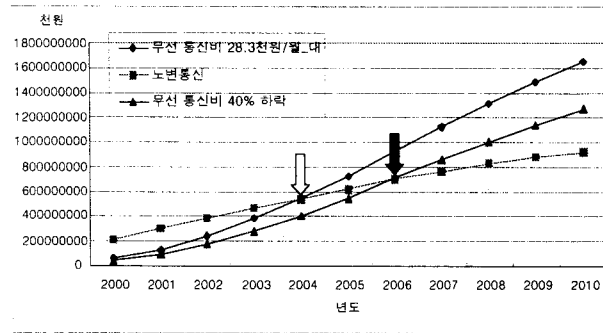
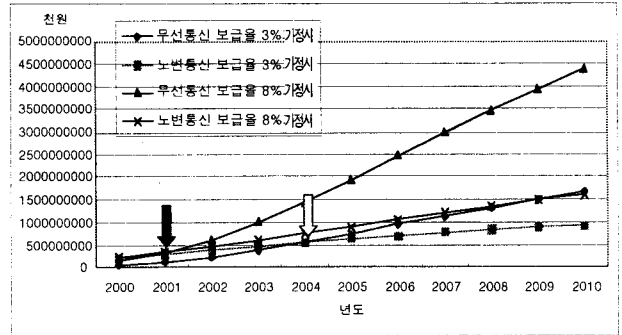
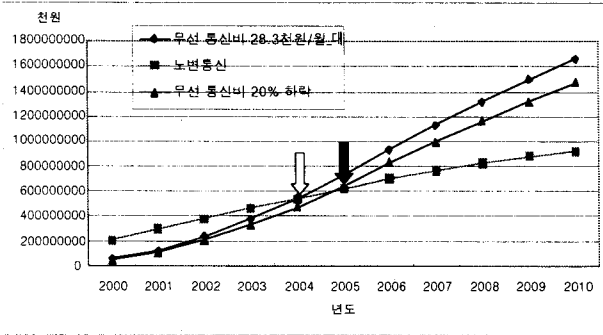


그림 9. 무선통신비 하락에 의한 누적 LCCE (위부터 20%, 40%, 80%)

그림 10. 서비스보급율에 의한 누적 LCCE (위부터 초기보급을 및 연평균증가율 8%, 13%)

4.3.3 분석결과

노변통신시설의 초기투자비의 부담에도 불구하고 개별차량의 무선통신비용의 부담이 노변통신시설의 유지 보수 비용에 비해 전체 LCCE에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러므로 앞서 말한 바와 같이 주어진 가정 하에서 불때 노변통신을 이용한 CVO의 구축방안이 좀더 합리적인 것으로 평가될 수 있다. 그러나 LCC

의 주요 구성요인들에 대한 민감도 분석결과 여건의 변화에 따라 무선통신대안의 경우가 유리한 것으로 나타나기도 하였다. 그러므로 서비스 보급율, 노변시설의 설치가격 등 시설 수립 계획과 시장여건의 변화에 따라 탄력적인 시스템의 구성이 필요한 것으로 판단된다. 아울러 노변통신시설은 화물차량이 근거리에 접근하였을 때만 정보를 송수신할 수 있기 때문에 교통혼잡지역에서 끊임없는 실시간정보의 송수신이 어려운 단점이 있다. 또한 낙뢰 등 예상하기 힘든 유지보수의 어려움이 있을 것으로 예상되어 교통시설의 특징에 따라 두가지 접근방식을 혼용하는 방안이 검토되어야 한다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 화물운송체계에 GPS-AVL을 적용하기 위한 핵심요소기술들을 검토하고, 시스템 구성대안을 설정하였다. 또한 시스템 구성대안들을 Life-Cycle Cost 분석을 통하여 평가하였다.

기본가정 및 비용단가에 의한 분석결과 개별차량의

무선통신비용의 부담이 노변통신시설의 유지보수 비용에 비해 전체 LCCE에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 무선통신대안이 상대적으로 고비용의 시스템 구성대안인 것으로 분석되었다. 그러나 여러 가지 요인에 따른 민감도 분석결과 노변시설 설치간격의 축소, 무선통신비용단가의 감소 등을 가정할 경우 무선통신대안이 효율성을 가지는 것으로 판명되었다.

본 논문은 GPS-AVL의 화물운송체계의 적용시 노변시설의 구축을 위주로 하는 시스템을 구축할 것인지 기존의 무선통신서비스를 이용한 시스템구성을 채택할 것인지를 결정하는데 도움을 줄 것이다. 위에서 지적된 바와 같이 두 가지 대안이 장단점을 갖고 있으므로 두 시스템을 지역적 특성 내지는 교통시설의 특성에 따라 적용하는 방안이 검토되어야 한다. 이 경우 두가지 방식의 구성요소에 대한 적정구성비율의 문제가 제기될 수 있으며 이 부분은 향후 연구과제이다.

참 고 문 헌

[1] 권오경, 안승범, 박민영, "첨단화물운송시스템 구현을 위한 요소기술 적용사례와 효과," 교통정책연구, 4권 3호, 1997, pp. 77-104.

[2] 변의석, '96 국가물류비 산정 및 추이분석, 정책연구보고서, 98-06, 교통개발연구원, 1998.

[3] 변의석, 박민영, 물류정보망의 종합연계체계 구축방안, 교통개발연구원, 1998 연구총서 98-06.

[4] 유복모, "지형공간정보론," 동명사, 서울, 1995. pp. 449~450.

[5] Blanchard, B. S., Fabrycky, W. J., *Logistics Engineering and Management*, 4th eds., Prentice Hall, New Jersey, 1992.

[6] Fabrycky, W. J., Blanchard, B. S. *Life Cycle Cost and Economic Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, 1991.

[7] Seldon, M. R., *Life Cycle Costing: A Better Method of Government Procurement*, Westview Press, Boulder, Colorado, 1979.

[8] Zhao, Y., *Vehicle Location and Navigation Systems*, Artech House, 1997.



김원규

1988년 연세대학교 건축공학과 졸업 (공학사)

1990년 연세대학교 대학원 졸업 (공학석사, 도시 및 교통공학)

1996년 미 버지아 텍 주립대 졸업 (공학박사, 교통계획 및 공학)

1996년~현재 교니통개발연구원 책임연구원 (교통모형연구팀장)

관심분야: 교통인프라관리모형, ITS (첨단교통정보체계:ATIS), 시스템 다이내믹스 모델링, 교통계획모형, 교통류 시뮬레이션모형