

# Telematics 기술의 건설현장 적용을 위한 경제적 타당성 분석

## Analysis of Economical Validity for Implementation of Telematics in Construction Fields

이성현\* · 이동욱† · 구자경\*\* · 이태식\*\*\*

Sung Hyun Lee · Dong Wook Lee · Ja Kyung Koo · Tai Sik Lee

### Abstract

The safety evaluations of railway wheelsets make use of the static fracture toughness obtained in ingot materials. The static fracture toughness of wheelset materials has been extensively studied by experiments, but the dynamic fracture toughness with respect to wheelset materials has not been studied enough yet. It is necessary to evaluate the characteristics of the fracture mechanics depending on each location for a full-scale wheelset for high-speed trains, because the load state for each location of the wheelset while running is different the contact load between the wheel and rail, cyclic stress in the wheel plate, etc. This paper deals with the fracture toughness depend on load rates. The fracture toughness depending on load rate data shows that once the downward curve from quasi-static values was reached, subsequent values showed a slow increase with respect to the impact velocity. This means that dynamic fracture toughness should be considered in the design code of the wheelset material.

**Keywords** : Telematics(텔레매틱스), Construction Equipment(건설장비), Economical Validity(경제적 타당성)

## 1. 서론

근래 들어 과학기술은 정보통신산업의 발전을 토대로 하여 실시간 정보를 이용한 의사결정은 물론 정보를 실시간으로 가공하여 정보의 수요자가 원하는 바대로 어떠한 형태든 공급할 수 있는 시스템을 갖춰나가고 있다. 소위 정보의 혁명으로 불리는 이러한 새로운 패러다임의 접근은 일반인의 생활뿐만 아니라 각종 산업의 변화를 유도하고 있으며 또한 이러한 변화를 수용하지 못하는 산업은 생산성의 저하와 더불어 타산업과 비교하여 후진성을 벗어나지 못하는 결과를 낳고 있다.

또한 이러한 정보산업의 발전으로 촉발된 각 산업별 정보통신기술의 활용은 그 기술을 개발한 산업의 발전뿐 아니라 그 기술을 기반으로 타 산업에도 응용되어 또 다른 시너지 효과를 창출하고 있으며 이러한 산업 간의 기술 교

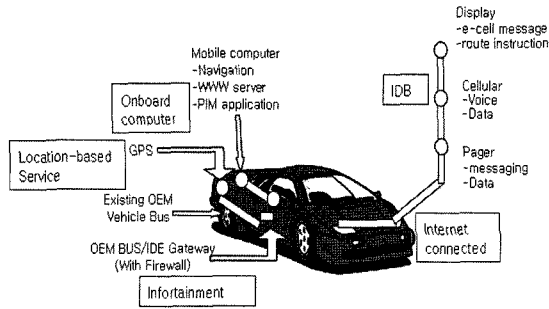
환은 근본적으로 정보통신 산업이 일으킨 혁명적 결과를 보다 가속화하고 있는 실정이다. 본 연구는 최근 자동차 산업에서 활용되고 GPS 기반의 텔레매틱스 기술을 철도 건설현장의 장비 운용 부분에 접목함으로써 활용 가능할 것으로 예측되는 기능 분석과 함께 본 기술의 도입을 위한 경제성 검토를 실시하여 건설현장에서 새로운 기술의 채택을 위한 타당성을 확보하고자 하였다.

## 2. 텔레매틱스 기술

### 2.1 텔레매틱스의 정의

텔레매틱스는 Telecommunication과 Informatics가 합쳐진 용어로 정의가 다양하게 내려지고 있으나, 일반적으로는 GPS 기술, 무선통신 기술, 양방향 통신이 가능한 시스템을 결합하여 차량과 운전자에게 다양한 정보와 서비스를 제공하는 종합 정보서비스를 의미한다. 텔레매틱스는 최근 유비쿼터스라는 시대적 패러다임과 무선 및 이동통신 기술의 발달로 부각되고 있으며, 특히 자동차 산업에서 많이 사용되고 있다(그림 1).

† 책임저자 : 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 연구교수, 공학박사  
E-mail : dwlee@cmnet.hanyang.ac.kr  
TEL : (031)400-4235 FAX : (031)418-2974  
\* 정회원, 미래건설연구소 연구원, 공학석사  
\*\* 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 박사과정  
\*\*\* 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 교수



출처 : 문형돈(2001)

그림 1. 텔레매틱스 통신 Platform 개요도

## 2.2 텔레매틱스의 기능과 활용

텔레매틱스 기술이 제공하는 서비스는 자동차 산업에서의 텔레매틱스 기능을 통해 알 수 있다.

텔레매틱스는 사용목적에 따라 교통 정보, 네비게이션 그리고 오퍼레이션 관련 서비스, 안전, 보호, 진단, 고장처리와 관련된 서비스, 엔터테인먼트, 개인정보, 통신과 관련된 서비스로 구분할 수 있다. 텔레매틱스 서비스는 이동통신기술과 위치추적 기술을 이용하여, 차량에 설치된 단말기를 통해 사고처리, 도난신고, 도로안내, 생활정보 안내 등을 운전자에게 실시간으로 제공하며, 운전자가 원하는 정보를 제공하는 맞춤형 서비스가 가능하다. 또한 엔진에 내장된 컴퓨터를 통해 주요부분의 상태를 점검하여 언제든지 정비사에게 정확한 고장위치와 원인을 알려줄 수 있다.

국내에서는 과거 통신회사와 자동차 회사가 연계하여 유사한 개념의 서비스가 존재해 왔으나, 본격적인 텔레매틱스

라는 이름으로 서비스가 제공된 것은 최근이며, 이와 관련하여 다양한 기술들이 요구된다(표 2).

## 3. 텔레매틱스 적용 대상 공종의 선정

텔레매틱스 기술을 철도 건설현장에서 채택하기 위해서는 현장의 건설기계에 적용을 위한 적절한 대상 공종의 선택이 우선되어야 한다. 건설현장에서는 많은 종류의 장비가 운용되고 있으나 모든 장비가 본 텔레매틱스 기술에 적용되기는 적절치 못하며 건설기계가 운용되는 시점에서 빠른 의사결정에 근거하여 다른 장비와의 협업이 가능하고 이를 통하여 생산성이 극대화 될 수 있는 공종이어야 한다. 따라서 이러한 공종의 선택을 위해서는 타당한 분석방법이 요구되며 본 연구에서는 이러한 공종을 선택하기 위하여 Concern-Rating Method를 적용하였으며 Raw-Data로서 현장 기사와 장비 운용기사의 인터뷰 결과를 활용하였다.

### 3.1 철도 건설현장에서 건설기계의 운용

철도 건설현장에서 건설기계 운용의 문제 도출을 위해 작업의 지시부터 작업 종료 후 확인까지의 과정을 조사하였다. 현장 작업자와 관리자를 대상으로 한 인터뷰를 통해 일반화한 건설기계 운영 프로세스는 그림 2와 같다.

작업지시, 작업확인 등 건설기계와 관련된 작업들을 위해 현장관리자는 1일 평균 1시간 이상의 시간을 이동하는데 사용하며, 이동을 위해 준비하고 기타 건설기계 관련 업무를 위해 사용하는 시간은 작업 전체로는 2시간 이상의 시간이 요구된다.

표 1. 텔레매틱스 제공 서비스

서비스 종류		내 용
도로 정보	도로 서비스	교통정보 안내, 네비게이션 등
	차량 관리	자가진단 서비스, 예약 서비스, 품질 보증 서비스 등
안전 및 자가진단	오피스 서비스	인터넷 접속, 모바일 영상 회의, 개인 업무 처리 등
	비상시 대처	비상 연락, 의약 서비스, 사고대처 서비스 등
	m-Commerce 서비스	모바일 네트워크를 통한 전자상거래 서비스 등
	부가 서비스 Extra Service	도난 방지, 원격 통제 기능 등
기 타	물류, 택배 서비스	상품 운반 차량의 위치 서비스, 납품 재고 관리, 고객관리 등
	오락 서비스	영화관람, 온라인게임 서비스 제공 등

표 2. 텔레매틱스 지원기술

컴퓨팅하드웨어/ 주변장치	무선통신기술	멀티미디어 기술
마이크로 프로세서	GSM, PDC, CDMA, TDMA	디지털 압축 (MPEG)
메모리(Flash)	2.5G/3G Cellular	DSP
CD/DVD	디지털 라디오 (DAB, DVB, DSR)	3D Acoustic
음성인식	LAN	디스플레이 (LCD, HUD)
문자의 음성변환	Ku/Ka Satellite	고속데이터 버스
액세스(xDSL, Cable, Wireless)	Bluetooth	Conditional Access
고속 인터넷	WAP/WML	스마트 카드
라우터		DVD/MP3 Playback

출처 : 문형돈(2001)

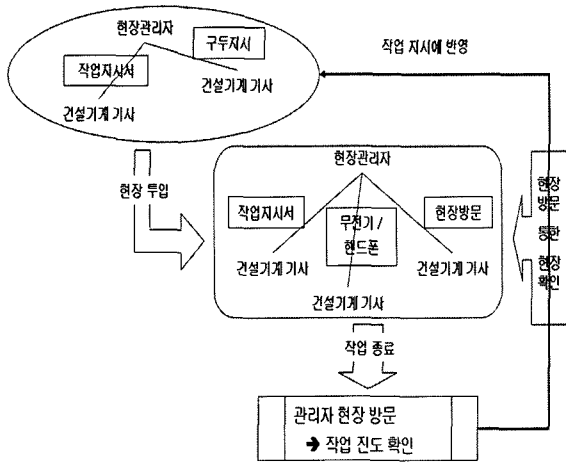


그림 2. 철도 건설현장의 건설기계 운용 현황

### 3.1.1 건설현장의 특성

건설작업은 대부분이 외부의 여러 장소에서 여러 공정이 실시되어 현장상황을 완벽하게 파악하기에 무리가 있다. 특히 토목공사 현장은 그 범위가 넓어 현장관리자는 여러 곳을 이동하며 작업을 확인해야 하므로, 업무 중 많은 시간이 이동 중에 소비된다. 이로 인해 다른 업무에 사용할 수 있는 시간이 줄고, 부수적으로는 차량 연료비와 유지비용이 늘며, 이동거리가 길 경우 신속한 문제 해결이 어렵다. 또한 여러 장소에서 작업이 진행되어 현장관리자가 효과적으로 작업 정보를 수집하는데 제약이 있어, 이는 현장정보의 체계적 관리에 제약요소로 작용한다.

### 3.1.2 건설기계의 특성

건설기계는 작업을 위한 공간이 협소하여 작업 충격이 신체에 직접 전달되어 이로 인한 피로는 작업의 효율을 저하시킬 수 있다. 또한 단순 반복 형태의 작업이 많고, 작업현장이 현장사무소로부터 원거리에 위치하거나, 근거리라도 접근에 제약이 있어 건설기계 기사는 장시간 작업 시 고립감을 느낄 수 있다.

건설기계는 일반 노동자와 달리 유지 및 관리를 위한 장비 위밍업, 연료 보충, 오일 교환, 그리스주입 등 추가작업이 요구되어 건설기계 기사는 장비를 운영하면서 여러 가지를 점검해야 한다. 이를 인해 일반 노무자에 비해 추가적인 시간을 사용해야 한다.

### 3.1.3 복합적 특성

건설기계 운영과 관련, 현장과 장비의 복합적 특성은 작업내용의 전달과 변경, 진행상황 및 결과 확인 등에 영향을 미친다. 작업 수행을 위해 서로 대면하는 작업이나 무전기,

핸드폰 등 통신수단을 사용하는 경우 장비의 소음 또는 조작의 제약으로 인해 작업을 멈춰야 한다. 이는 작업 시간이 단축되는 것으로, 결국 생산성에도 영향을 미칠 수 있다.

## 3.2 텔레매틱스 적용 대상 공종 선택의 타당성 분석 (Concern-Rating Method)

본 연구를 위하여 텔레매틱스 기술이 현장에서 적용되었을 때 가장 효율을 극대화 될 수 있는 요건을 갖춘 대상 공종으로서 토공사를 가설로서 선택하였다. 토공사는 건설공사에서 굴착, 신기, 운반, 쌓기 등 흙을 다루는 공정으로 나뉘어져 있으며 이를 소화하기 위해서는 서로 다른 역할을 가진 건설기계의 협업이 불가피하다. 이러한 건설기계의 협업은 서로 간의 의사소통을 기본으로 하며 관리자의 의사결정에 의한 업무 지시가 필요하므로 텔레매틱스 기술의 주요 기능을 소화 할 수 있는 요건을 대부분 갖추고 있는 것이다. 또한 토공사는 대부분의 건설공사의 기초가 되는 공종이므로 이로 인해 토공사의 생산성 향상을 통한 공사비 절감은 전체 공사에도 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 Concern-Rating 분석 방법을 통하여 토공사가 텔레매틱스 기술이 건설현장 도입됨에 있어 그 타당성을 실험할 수 있는 적절한 공종인지에 대한 분석결과는 표 3, 4와 그림3과 같다.

표4에서는 토공사에 주로 사용되는 굴삭기와 덤프 그리고 도져 각각의 가장 주된 역할을 Concern-Rating으로 표시하였으며 표5에서는 각 장비의 Cast-Impact를 정량적으로 표시하였다. 이러한 표 4와 표 5의 결과를 통하여 Concern-Rating과 Cost-Impact의 상관관계를 표시하면 그림3과 같으며 이를 통하여 장비의 역할 대 비용이 차지하는 비율간의 상관성으로 보아 텔레매틱스의 주요 기능을 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 덤프와 도져, 굴삭기 각각의 고유한 업무가 Cost-Impact가 높게 나온 것은 예측된 결과이지만 그림 3에서 2사분면의 측량업무가 Cost-Impact는 낮지만

표 3. 건설장비 관련 업무

작업	업무 내용	수행방법
작업 지시	작업 시작시 작업 범위의 전달 작업 중 변경사항에 대한 전달	직접 전달 핸드폰 및 무전기 이용
작업 확인	작업 진행 상태 확인 작업 완료 상태 확인	핸드폰/무전기 이용 (장비기사현장관리자) 육안으로 직접확인
돌발 상황 대처	작업 중 관리자의 결정이 요구되는 사항에 대한 조치	핸드폰 및 무전기 이용하여 조치사항 전달 직접 현장 방문 후 육안으로 확인 후 조치사항 전달

표 4. 토공사를 대상 공종으로 하여 Concern-Rate 측정된 결과(5개 현장)

Concern rating		#1				#2				#3		#4			#5				Total			Idleness Rating	Overall Rating
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	3	1	2	3	4	H	M	L		
굴삭기	작업준비	L	-	M	H	M	H	M	-	H	L	M	M	M	L	L	-	L	3	6	5	M	6
	흙 뜨기	M	H	M	H	H	H	H	H	M	H	H	-	H	M	-	-	H	10	4	-	H	13
	흙 담기	M	H	M	H	H	H	H	H	M	H	H	-	H	M	-	-	H	10	4	-	H	13
덤프	측 량	M	-	M	M	M	H	H	H	H	M	H	H	H	H	L	M	M	8	7	1	H	11
	자리잡기	L	-	M	H	M	H	L	M	M	M	M	L	M	M	-	-	L	2	8	3	M	6
	이 동	-	H	M	H	H	H	H	H	M	M	M	-	H	M	-	-	M	7	6	-	H	10
도저	덤프하기	-	-	M	H	M	H	H	-	M	M	M	L	M	L	-	-	L	3	6	3	M	6
	작업준비	L	-	-	H	M	H	M	-	H	L	M	M	M	L	-	-	L	3	5	3	M	6
	흙 밀기	M	H	-	H	H	H	H	H	M	H	H	-	H	M	-	-	H	10	3	-	H	12
	측 량	M	-	-	M	M	H	H	H	H	M	H	H	H	H	L	M	H	9	5	1	H	11

주) L : Low, M : Medium, H : High

표 5. Cost Impact

Concern rating		Task (%)	Total Cost Impact t(%)
		20 %	
굴삭기	작업준비 ①	1.5	0.3
	흙 뜨기 ②	19.0	3.8
	흙 담기 ③	19.0	3.8
	측 량 ④	5.0	1.0
덤프	자리잡기 ⑤	2.0	0.4
	이 동 ⑥	14.0	2.8
	덤프하기 ⑦	14.0	2.8
도저	작업준비 ⑧	1.5	0.3
	흙 밀기 ⑨	19.0	3.8
	측 량 X	5.0	1.0
평 균		10	2

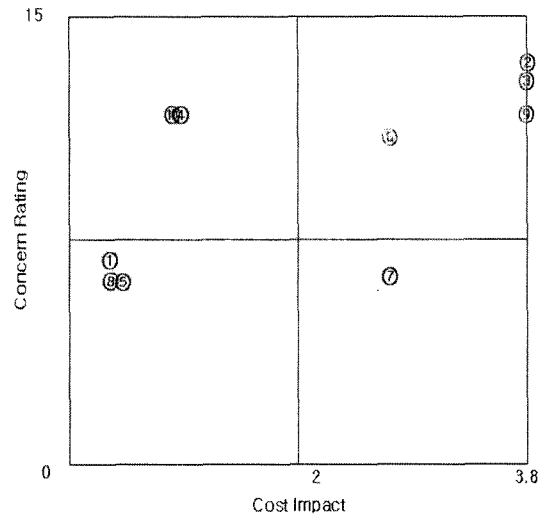


그림 3. Cost-Concern Matrix

Concern-Rating이 높게 나온 결과는 장비가 서로 조합됨에 있어 서로간의 위치관계를 파악과 함께 고유 업무량의 신속한 전달과 같은 빠른 의사결정은 협업의 생산성을 높여주는 요소가 될 수 있음을 예측할 수 있다. 따라서 분석결과를 통하여 본 연구에서는 굴삭기로 굴착 및 흙 싣기, 덤프트럭으로 흙 운반, 도저로 평탄화 작업을 수행하는 작업을 대상으로 텔레매틱스의 도입에 있어 경제적 모델을 검토하고자 한다.

#### 4. 텔레매틱스 도입을 위한 경제적 타당성 예측 시 고려요소

##### 4.1 경제적 타당성 분석을 위한 고려요소

텔레매틱스 적용시의 경제성을 검토하기 위해 고려해야 하는 요소는 시스템 구축을 위한 초기투자 비용과 시스템

구축으로 인한 노무비 절감비용, 작업시간 증대로 인한 생산성 증가에 대한 기대비용이다. 경제성 분석을 위한 불확실한 고려요소에서 잉여시간을 어떤 작업으로 전환할 것인가에 따라 기대비용이 달라질 수 있으나, 현재 실제 적용이 되지 않았기 때문에 이를 명확히 산정하기는 어렵다. 이러한 문제는 향후 추가적인 연구를 통해 도출해야 할 것으로 판단된다.

##### 4.2 경제적 타당성 분석 모델

건설현장에 텔레매틱스 적용이 설득력을 갖기 위해서는 경제적 타당성이 입증되어야 한다. 텔레매틱스 적용의 경제성 분석을 위해서는 적용모델의 활용이 가능한 기간 내에 시스템을 도입하여 얻어지는 절감효과 비용이 모델 구성을

위해 투입되는 비용 보다 크지를 입증할 수 있어야 한다. 본 연구는 기존 경제성 분석모델 중 이를 반영할 수 있는 모델로 기존 흠관매설 자동화 장비에 대한 경제적 타당성 분석 모델을 기초로 하여 텔레매틱스에 맞는 경제성 분석 모델을 제안하고자 한다. 이는 기존 장비에 추가적인 장비를 부착하여 기타 작업시간을 최소화하여 이를 통한 생산성을 향상하는 장비로서 본 연구의 개념과 유사하다고 판단되기 때문이다. 흠관매설 자동화 장비의 경제적 타당성을 분석하는 모델은 다음과 같다.

<흠관매설 자동화장비의 경제적 타당성 검토 모델>

$$I \leq \frac{L \times C \times D - (M + O + S)}{1 + i} + \frac{L \times C \times D \times (1 + j) - (M + O + S) \times (1 + \alpha)}{(1 + i)^2} + \dots + \frac{L \times C \times D \times (1 + j)^{n-1} - (M + O + S) \times (1 + \alpha)^{n-1}}{(1 + i)^n} = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{L \times C \times D \times (1 + j)^k - (M + O + S) \times (1 + \alpha)^k}{(1 + i)^{k+1}} = \frac{L \times C \times D}{i - j} \left[ 1 - \left( \frac{1 + j}{1 + i} \right)^n \right] - \frac{(M + O + S)}{i - \alpha} \left[ 1 - \left( \frac{1 + \alpha}{1 + i} \right)^n \right]$$

- I : 흠관 매설 자동화 장비 초기투자비용
- L : 자동화 장비를 사용함으로써 절감되는 노무인원
- C : 인당 노무비
- D : 작업일수(=자동화 장비 연간 가동일수)
- M : 자동화 장비의 연간 유지비용

- O : 자동화 장비의 연간 운전비용
- S : 자동화 장비의 운반 등 부대비용
- i : 이자율
- j : 노무비 상승률
- a : 연간 인플레이션
- n : 자동화 장비 내구연한

위 수식을 텔레매틱스 도입에 대한 개념에 적용할 때 추가적으로 고려해야 하는 요소는 텔레매틱스를 건설기계에 적용할 경우 기존 부가 작업에 소요되는 시간을 다른 작업으로 전환했을 시 발생하는 기회비용이다. 이를 반영하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<텔레매틱스 장비도입의 경제적 타당성 검토 모델>

$$I \leq \frac{(L \times C_1 \times D + T \times C_2)}{i - j} \left[ 1 - \left( \frac{1 + j}{1 + i} \right)^n \right] - \frac{(M + O + S)}{i - \alpha} \left[ 1 - \left( \frac{1 + \alpha}{1 + i} \right)^n \right]$$

- I : 텔레매틱스 적용을 위한 초기 투자비용
- L : 텔레매틱스 도입시 절감되는 노무인원
- C<sub>1</sub> : 노무비 per man
- T : 1일당 텔레매틱스 적용으로 타 작업으로 전환 가능한 시간
- C<sub>2</sub> : 시간당 기대비용
- D : 텔레매틱스 시스템 구축장비의 연간 가동일 수
- M : 시스템 연간 유지비용

표 6. 텔레매틱스 도입을 위한 경제적 타당성 분석시 고려요소

구분	추가 요소	사용 목적	비고
건설 기계	무선 카메라	작업 현장의 확인	탈부착/고정비용
	DGPS 송·수신기	건설기계 위치 확인 및 작업량 확인	탈부착/고정비용
	단말기	작업 관련 사항 시각화	탈부착/고정비용
	통신장비(모뎀)	데이터의 송수신을 위한 매개체	탈부착/고정비용
	각종 센서	작업물량 감지 및 유지관리에 따른 건설기계 점검	고정/고정비용
	기타 입출력 장치	데이터 송수신과 관련된 데이터 입출력	탈부착/고정비용
현장 사무소	DB Server	현장 발생 DB의 저장	고정/고정비용
	통신장비(모뎀)	데이터의 송수신을 위한 매개	탈부착/고정비용
	시스템 운영 Software	건설기계 및 현장관리를 위한 시스템 운영	고정비용
	장비관리 프로그램	건설기계를 효과적으로 관리	고정비용
기 타	시스템 관리자	전체 시스템을 운영	인건비/정기비용
	통신비용 및 서비스 이용비용	데이터 송수신을 위한 서비스망 사용	통신료/정기비용
	장비 설치 비용	기본 장비의 장착을 위한 비용	고정비용

1) 김균태 외(2002) 참조

표 7. 텔레매틱스 도입을 위한 경제적 타당성 분석에 있어 불확정적 고려요소

구분	비용 감소 요인	효과
명확한 비용 산정이 가능한 요소	장비 조장 비용	장비 중앙관리를 통한 장비조장의 최소화
	장비 조수 비용	시스템에 의한 장비관리를 통해 장비 조수의 역할 최소화
	측량 관련 비용	측량의 자동화 및 최소화로 인한 비용 감소
	현장 방문 비용	현장을 직접 방문하는 횟수를 최소화하여 연료비 및 차량 유지비 절감
명확한 비용산정이 어려운 요소	현장관리 기회비용	현장관리자의 현장방문을 최소화하여 다른 작업으로 전환시 기대비용
	장비관리 시간 감소	장비관리 시간의 최소화를 통해 주요 작업시간의 증대로 인한 기대비용
	작업시간 증대	측량, 통신시간 등의 시간 감소를 통해 주요 작업시간의 증대로 인한 기대비용

표 8. 텔레매틱스 기술 도입에 따른 비용 증감 요소

증감 요소	대상 요소	내역	
텔레매틱스 기술 도입에 따른 비용 추가 요소	건설기계 대상	무선 카메라	작업 현장 확인
		각종 센서	작업 물량 확인 및 돌발 상황 대응방안 확인
		DGPS 송수신기	건설기계 위치 확인 및 작업량 확인
		기타 입출력 장치	데이터 송수신과 관련된 입력 및 음성 출력 장치
		단말기	작업내용 확인 및 돌발 상황 대응 방안 확인
		통신장비(모뎀)	데이터 송수신 인터페이스
		추가 장비 설치 비용	
	현장 사무소 (중앙관리처) 대상	DB Server	현장에서 발생하는 Data 저장 및 제공
		시스템 운영 Software	텔레매틱스 장비 운영을 위한 프로그램
		통신장비(모뎀)	데이터 송수신 인터페이스
		장비 관리 프로그램	건설기계에서 수집된 Data를 바탕으로 건설기계 관리를 위한 기능 제공
	기타	시스템 관리자	본 시스템을 운용하는 중앙 관리자 및 정보기술 보유 인력
		통신비용	기존 통신 인프라의 사용료
		유지보수 및 서비스비용	발생 가능한 유지 보수 비용 및 업그레이드 비용
텔레매틱스 기술 도입에 따른 비용 감소 요소	비용 산정이 가능한 요소	장비 조장 비용	중앙 관리를 통한 장비조장의 대체 기대비용
		장비 조수 비용	중앙 관리를 통한 조수 대체 기대비용
		측량 관련 비용	측량 자동화로 인한 기대비용
		간접비용	기존 시스템 운용 시 장비관리에 소요되는 간접비용
	명확한 비용 산정이 어려운 요소	현장 관리자 기회 비용	현장관리자 장비관련 업무 전환 시 발생하는 기대비용
		장비 관리 시간 감소	자동화 시스템 도입 시 절감되는 잉여시간
		측량시간 감소	자동화 측량으로 인한 잉여시간
		의사전달 과정에 의한 감소	업무지시와 같은 의사전달 과정의 대체에 따른 잉여시간

- O : 시스템이 부착된 장비의 사용비용
- S : 시스템과 관련된 부대비용
- I : 이자율
- a : 연간 인플레이션
- j : 노무비 상승률
- n : 시스템의 내구연한

#### 4.3 텔레매틱스 기술 도입의 경제적 타당성 검토 모델의 적용

경제적 타당성 모델은 수학적 모델이므로 모델에 나타나 있는 수식의 변수들이 일정한 기준으로 정의되어 있어야 하

며 적용되어야 한다. 따라서 제시한 모델의 변수들에 대한 정의와 모델이 적용되는 환경은 다음과 같이 정리할 수 있다.

##### 4.3.1 텔레매틱스 기술 도입에 따른 비용 증감 요소

앞서 제시한 경제적 타당성 모델을 검증하기 위해서는 본 모델의 변수가 되는 각종 투자 비용과 텔레매틱스 기술의 도입 효과로서 예측할 수 있는 노무인력의 수 및 자동화로 인한 업무시간의 대체 효과를 정략적인 비용으로 산정 할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 변수들의 명

확한 비용을 산정하기 위하여 표 8에서와 같이 신기술 도입 시 예상되는 비용 증감의 요소를 정의하였으며 이에 따라 유관기관에서 공시된 비용을 참고하였다.

**4.3.2 모델 적용 결과**

본 모델에 검증하기 위해서는 대상 공종이 되는 토공사에 소요되는 자원에 관한 기본적인 가정이 필요하다. 그 예는 다음 표 9와 같다.

**4.3.2.1 장비 도입 초기 비용 산정**

장비 도입과 관련하여 각 항목별로 산정한 초기비용은 표 10과 같다.

**4.3.2.2 기존 장비 사용 시 비용 산정**

1) 평탄화 작업 시 비용 산정

도저 2대, 굴삭기 4대, 덤프트럭 4대를 1일 10시간 사용할 경우 관련 비용은 다음과 같다.

- 장비가격 : 0원 (임대이므로 추가 장비비로서 고려하지 않음)

**표 9. 모델 검증을 위한 가정**

대상 공종	토공사	
공사기간	3개월	
일일 근로시간	10시간	
대상 장비	도저	2대
	굴삭기	4대
	덤프	4대

**표 10. 텔레매틱스 장비 도입 초기 비용 산정**

구분		예상비용(원)	내용	비고
건설 기계	GPS 기본시스템	75,500,000	Software 포함	초기 비용
	장비 기준점측량	24,900,000	-	
	통신 단말기	50,000	PDA 모뎀	
	Display Unit	800,000	PDA	
	기타 출력 장치	30,000	스피커	
	각종 센서	1,000,000	압력/수위센서	
통제실	무선 카메라	2,500,000	-	지속 비용
	DB Server	1,500,000	-	
	장비관리 프로그램	3,000,000	운영 Software 포함	
기타	모니터링 시스템	1,500,000	모뎀 포함	지속 비용
	시스템 관리자	1,800,000	월 평균	
	통신 비용	100,000	월 평균	
총계		110,780,000	초기비용만 계산	

$$\text{- 인건비} = 79,113 \times 10 + 25,931 \times 6 + 16,632 \times 6 + 89,180 \times 2 \times 10 + 81,620 \times 4 \times 10 + 31,363 \times 4 \times 10 = 7,349,320 \text{원}$$

$$\text{- 측량비용} = 961,954$$

- 현장확인에 따른 차량경비(경유차가 1km 구간을 1일 20회 왕복 = 40km 운행 및 차량연비를 10km로 가정하고 유지비를 1일 10시간당 3,000이라 가정)

$$= 4 \times 778.37 + 3,000 = 6,114 \text{원}$$

$$\text{- 작업 총 비용} = 7,349,320 + 961,954 + 6,114 \approx 8,317,388 \text{원}$$

2) 1일 작업량 산정(굴삭기 작업량 기준 시)

$$\text{굴삭기 작업량 } Q = \frac{3600 \times 2.15 \times 1.1 \times 0.83 \times 0.8}{30} = 188.5 (m^3/h)$$

(킷용량 : 2.15m³ ; 버킷계수 : 1.1 ; 토량환산계수 : 0.83 ; 작업효율 : 0.8 ; 사이클타임 : 30s 로 가정)

$$\text{덤프트럭 작업량 } Q = \frac{60 \times 19.2 \times 0.83 \times 0.8}{8} = 95.6 (m^3/h)$$

(1회 적재량 : 19.2 ; 토량환산계수 : 0.83 ; 작업효율 : 0.8 ; 사이클타임 : 8분)

※ 굴삭기 작업량과 덤프 작업량 고려 시 굴삭기 당 2대의 덤프트럭 소요

$$\text{도저 작업량 } Q = \frac{60 \times 4.0 \times 0.83 \times 0.8}{3.4} = 46.8 (m^3/h)$$

(평균이동 거리 : 50m ; 배토판 용량 : 4m³ ; 전진/후진속도 : 35/30km/h)

※ 굴삭기 작업량과 덤프 작업량 고려 시 4대의 도저가 소요되나 굴삭기 당 3대 산정(작업 구역별 작업량을 고려할 경우로 가정)

**표 11. 각 장비당 사용 비용**

장비	주연료 (ℓ)	잡재료 /주연료 (%)	조종원 (인/일)	조수 (인/일)	조장 (인/일)	비고
도저	38.9	70	1	0.5	0.2	28ton
굴삭기	29.8	25	1	0.5	0.2	2.0
덤프트럭	16.0	23.2	1			20ton
가격	778.37		79,113	51,861	83,161	손료 +연료
도저	30,279	21,195	79,113	25,931	16,632	89,180
굴삭기	23,195	5,799	79,113	25,931	16,632	81,620
덤프트럭	12,454	2,889	79,113			31,363
비고	2003년 기준					

도저의 작업량을 3대 투입 시 시간당 47m<sup>3</sup>로 가정하면 1일 10시간 작업량은 1410m<sup>3</sup>로 굴삭기와 덤프의 경우 약 7시간 30분이 소요됨.

- ※ 굴삭기와 덤프에 2시간 30분의 작업 여유시간 발생
- ※ 기존 작업의 경우 여유시간을 전체 활용하기에 작업여건 상 무리가 따름(작업 종료에 대한 확인이 어려움).

**4.3.2.3 텔레매틱스 기술 도입 시 절감 비용 산정**

1) 명확한 비용 산정이 가능한 요소

측량을 최소인원으로 수행할 수 있다고 가정할 경우 측량 관련 비용은 다음과 같다.

- 현장방문 확인 감소로 인한 차량유지 및 연료비 절감 : 1일 3회 6km 이동시  
:  $0.6 \times 778.37 + 1,000 = 1,467$  원  
감소비용 =  $6,114 - 1,467 = 4,647$  원

2) 명확한 비용 산정이 어려운 요소

생산성 향상에 따른 비용은 다음과 같다.

- 현장관리자 기회비용 : 건설기계 관련 업무에서 기타 관리 업무 전환

공정 / 비용 관리를 통한 생산성 5% 향상이라 가정시 평탄화에 들어가는 장비관련 비용 8,317,388 원에 대한 0.5% 비용 감소라 가정하면

$$8,317,388 \times 0.05 = 415,869 \text{ 원}$$

- 장비관리 시간 감소

- : 작업 전 장비 워밍업 - 10분
- 작업 후 각종오일류 및 장비상태 점검 - 10분
- 작업 대비 1.5%(20분/600분 고려) 비용 감소 효과

표 12. 측량기술자 비용 산정

비 목	단 가	측 량		
		수 량	금 액	
인 건 비	중 급 기 술 자	84,170	1	84,170
	초급기능사 (측량)	48,984	2	99,968
	소 계			184,138
직 접 경 비	25.0%			46,035
제 경 비	51.6%			95,015
기 술 료	20.0%			28,210
총 원 가				353,398
측량 감소비용				961,954 - 353,398 = 608,556

$$8,317,388 \times 0.015 = 124,761 \text{ 원}$$

- 측량시간 감소로 인한 작업시간 증대  
기존 측량시간을 총 1시간(도저, 굴삭기 각 30분) 각 10분씩 총 20분 감소로 가정 시 1%효과

$$8,317,388 \times 0.01 = 83,174 \text{ 원}$$

- 통신에 의한 작업지연 요소 감소  
: 헤드셋을 이용한 작업간 통신 가능 시 작업 시간 30분 증대로 가정시 2%비용 감소 효과

$$8,317,388 \times 0.02 = 166,348 \text{ 원}$$

- 이상의 요인 감소 시 1일당 생산성 향상으로 인한 공사비 절감비용은

$$133,056 + 207,448 + 608,556 + 415,869 + 124,761 + 83,174 + 166,348 = 1,103,213 \text{ 원/일}$$

**4.3.2.4 손익분기점 산정**

비용 산정 결과에 의하여 텔레매틱스 장비를 도입 시점에 대한 경제적 손익 분기점은 다음과 같이 계산할 수 있다.

텔레매틱스 장비 도입을 위한 손익분기점

$$= \frac{\text{초기 투자비용 (Telematics 장비비)}}{\text{예상절감비용 (원/Day)}} = \frac{110,780,000}{1,103,213} = 100.4 \text{ 일}$$

따라서 4개월 이상의 공기를 가진 토공사에 한하여 본 장비는 경제적 가치를 가지게 된다.

**4.3.2.5 경제적 효용계수 ϕ 값에 따른 경제적 타당성 분석**

앞서 산정된 손익 분기점 도출의 결과는 단순히 산술적인 방법에 의하여 도출된 결과이므로 본 결과를 텔레매틱스 장비의 도입을 위한 경제적 타당성 분석에 활용하기 위해서는 많은 제한을 받으며 실제 텔레매틱스 장비의 도입 시 사용 기간 또는 절감되는 기술 인력과 같은 변수에 어떠한 영향을 받는지 전혀 예측할 수가 없다. 이러한 단점을 보완하기 위해 앞서 제시한 수치 모델을 근거로 하여 다음과 같은 수식을 제시하며 이를 이용하여 각종 변수에 의한 경제성 및 손익 분기점의 재도출을 시도하고자 한다.



표 13. 텔레매틱스 장비 경제적 타당성 검토 모델의 각 변수 값

변수	내역	값		출처
I	Teleamtics 적용을 위한 초기 투자비용	9,178,000	9,178,000	장비투자비 산출 내역
L	텔레매틱스 도입시 절감되는 노무인원	-	-	변량
C1	노무비 per man	평균 44,000원	44,000	장비조장, 조수, 측량기사
T	1일당 텔레매틱스 적용으로 타 작업으로 전환 가능한 시간	3	3	장비기사의 기회시간
C2	시간당 기대비용	평균 91,934원/시간	91,934	감소인원에 대한 기대비용
D	텔레매틱스 시스템 구축장비의 연간 가동일 수	-	-	변량
M	시스템 연간 유지비용	22,800,000원/년	22,800,000	연간 유지인력 및 통신비
O	시스템이 부착된 장비의 사용비용	8,317,388원/일	8,317,388	장비 임대비
S	시스템과 관련된 부대비용	1,900,000원	1,900,000	유지인력 및 통신비
i	이자율	5.50%/년	0.055	산업체 금리
j	노무비 상승률	9.30%/년	0.093	한국노동연구원(2003)
$\alpha$	연간 인플레이션	3%/년	0.03	통계청(2000-2004)
n	시스템의 내구연한	3년	3	정보통신부

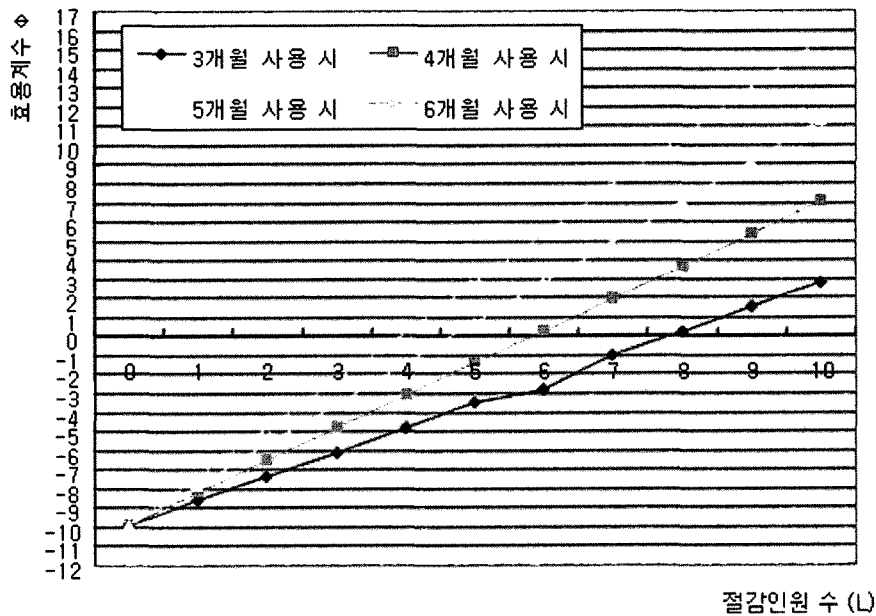


그림 4. 텔레매틱스 장비구축시 가동기간당 절감인원과 효용계수  $\phi$ 와의 관계

< 경제적 효용 계수  $\phi$  산출식 >

$$\left\langle \frac{(L \times C_1 + D + T \times C_2)}{i - j} \left[ 1 - \left( \frac{1+j}{1+i} \right)^n \right] - \frac{(M + O + S)}{i - \alpha} \left[ 1 - \left( \frac{1+\alpha}{1+i} \right)^n \right] \right\rangle \div I = \phi$$

위와 같은 수식의 결과값  $\phi$ 를 경제적 효용계수로 정의하며 각 변량의 변화에 따라 제시된 값들에 의하여 보다 의미 있는 결과를 도출할 수 있다. 즉, 텔레매틱스 도입에 있어

경제적 타당성에 영향을 줄 수 있는 요소를 선별할 수 있는 것이다. 경제적 타당성을 확보하기 위해서는 손익분기점을 나타내는 효용 계수  $\phi$  값이 1보다 커야하며 본 연구에서 13 가지 변수를 다양하게 적용한 결과 경제적 타당성에 가장 많은 영향을 끼치는 변수로서 두 가지 변수를 발견할 수 있었다. 그 두 가지는 ‘절감되는 노무인원의 수’와 ‘텔레매틱스 장비의 구축 시 예상되는 가동 일수’이며 두 변수의 상관관계를 통하여 텔레매틱스 도입을 위하여 고려해야할 궁

극적 영향 요소를 도출할 수 있었다. 그림10은 효율 계수  $\Phi$ 와 텔레매틱스 도입 시 절감 가능한 노무인원의 수와의 상관관계를 나타낸 그래프이다. 각 직선은 텔레매틱스 장비 도입 이후 가동 일수를 나타내고 있으며 각 그래프의 기울기는 텔레매틱스 장비의 사용 시간과 비례하는 추이를 보이고 있다. 이를 통하여 다음과 같은 일반식을 도출할 수 있다.

$$\Phi = kx - 10.5$$

위 식에서 효율 계수  $\Phi$ 는 텔레매틱스 기술 도입을 인한 절감 가능한 인원수와 비례하며 각 직선이 나타내는 텔레매틱스 장비의 사용 시간은 기울기  $k$ 로서 표시할 수 있다. 위 그래프에서 기울기  $k$ 는 장비의 도입 이후 가동 기간에 따라 일정한 영향을 받고 있음을 파악할 수 있으며 장비의 가동 기간에 따른 기울기  $k$ 값은 다음 식과 같이 일정한 등차수열로서 유도 할 수 있다.

$$k = 0.36 + (D-1)0.42 = 0.42D - 0.06$$

따라서 효율계수  $\Phi$ 와 텔레매틱스 사용 기간과의 상관식을 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\Phi &= (0.42D - 0.06)x - 10.5 \\ &= 0.42Dx - 0.06x - 10.5\end{aligned}$$

이를 통하여 본 텔레매틱스 기술은 참여 기술 인력이 많고 공기가 긴 대형공사 혹은 공종이 많은 공사에 적합하며 공기가 길어질수록 절감되는 인력의 수는 늘어남을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구는 텔레매틱스 시스템의 철도 건설현장 적용의 예상효과와 이에 따른 경제적 타당성을 분석해 보고자 했다. 특히, 건설공사의 규모가 커짐에 따라 건설현장에서 건설장비의 생산성 관리의 중요성을 고려하여 건설장비를 대상으로 그 도입 가능성을 살펴보았다.

Concern-Rating Method를 이용하여 텔레매틱스 의 건설현장 도입은 부분적인 기술의 보완을 통해 적용 가능할 것으로 판단되었으며, 건설현장에 텔레매틱스 시스템을 도입

에 의하여 발생 가능한 변화를 예측 할 수 있었다. 특히, 검증하려고 시도했던 경제적 타당성 모델을 변형한 경제적 효율 계수  $\Phi$ 에 대한 일반식의 도출을 통하여 텔레매틱스 기술의 도입에 있어 대상이 되는 공사의 규모와 공사기간 그리고 절감해야 될 노동인력의 규모를 예측할 수 있었다.

이러한 결과는 건설장비가 점차 무인화되어 가는 현실을 고려할 때 텔레매틱스 시스템을 이용하여 효과적인 작업관리 방안을 제시한 것으로 볼 수 있으며, 이를 통해 건설장비의 작업 생산성 향상과 함께 현장관리자의 효율적 운용이 가능할 것으로 판단된다.

또한 향후 건설 산업에서 생산성 향상 및 안정성 확보를 위하여 채택되는 자동화 신기술의 경제성과 타당성 예측에 있어 가장 중점적으로 고려해야 할 요소에 대한 예를 제시한 것으로 볼 수 있으며, 결과적으로 건설장비를 이용한 다양한 현장작업의 추가적인 분석이 가능할 것으로 예상된다.

## 감사의 글

본 연구는 교육인적자원부의 두뇌한국21(BK21)사업으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능하게 한 해당 기관에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. 김균태, 한재구, 이준복, 한충희 (2002), 홈관매설 자동화 장비 개발의 경제적 타당성 예측 모델 개발, 대한건축학회 학술발표 논문집 2권, pp.519-522
2. 김준한 (2001), 텔레매틱스의 개념 및 시장 성장성, KISDI IT FOCUS.
3. 문형돈 (2001), 텔레매틱스 시장 현황 및 특서에 따른 진입전략, IITA 기술정책정보단.
4. 문형돈 (2003), 세계 텔레매틱스 시장 동향 및 전망, ETRI 주간기술동향, 통권1124호, pp.18-22.
5. 이복남, 우성권(2002), "생산성 향상을 통한 건설현장 기능인력 수요 절감 방안", 한국건설산업연구원.
6. Amr a. Oloufa, and Masaaki Iseda (2003), Situational Awareness of Construction Equipment Using GPS, Wireless and Web Technologies, Automation in Construction, Vol.12, Issue 6, pp.737-748.