Journal of the Korean Society of Civil Engineers
Vol. 36, No. 3: 565-571/ June, 2016
DOI: http://dx.doi.org/10.12652/Ksce.2016.36.3.0565

ISSN 1015-6348 (Print)
ISSN 2287-934X (Online)
www.kscejournal.or.kr

Construction Management **시공관리**

덤프의 이동경로 모니터링을 통한 생산성 분석

이학준* · 권영민** · 윤차웅*** · 서종원****
Lee, Hak June*, Kwon, Young Min**, Yoon, Cha Woong***, Seo, Jong Won****

Productivity Analysis on Real-time Path Monitoring of Dumps

ABSTRACT

This study check the construction site and borrow pit location using GIS-based Open Global Map. Construction Equipment (Dump, Grader) utilizes the GPS (Global Positioning System) to gain equipment's real-time position, speed, altitude, using the data such as directions to perform real-time monitoring. The analysis of the productivity is completed through using the data, and the optimal number of equipment is calculated. It was found that the analysis results showed approximately 30% less cost compared to the actual design plan.

Key words : Global Positioning System (GPS), Location Based System (LBS), Monitoring, Earthwork

초 록

본 연구에서는 GIS 기반의 오픈 Global Map을 이용하여 공사현장과 토취장의 위치를 확인하고, 덤프와 그레이더 등의 건설장비에 GPS (Global Positioning System)를 부착하여 장비의 실시간 위치, 속도, 고도, 방향등의 Data를 이용하여 실시간 모니터링을 진행하고, Data를 이용하여 생산성 분석을 진행하여 최적 장비 대수를 도출하고 시공단계에서 실시한 설계단가와 모니터링을 통한 장비 생산량으로 도출된 총 경비와 비교한 결과 총 경비 30%정도 적게 나오는 것을 알 수 있었다.

검색어 : GPS, LBS, 모니터링, 토공사

1. 서 론

최근 건설현장이 대형화, 복잡화 되어가면서 건설 생산 프로세스의 발전과 변화에 따라 건설장비의 관리 프로세스에도 새로운 산업분야와의 융합 및 건설 산업 전반에 걸친 변화가 필요하다(Lee et al., 2009). 또한 건설현장은 기존의 3D 업종들과 마찬가지로 숙련된 기능공의 부재로 인하여 어려움을 겪고 있으며, 특히 토공 및 포장공의 등의 경우 장비 운전자의 숙련도에 따라 생산성과 품질에 영향이 크고, 건설장비 안전사고를 사전에 예방하기 위하여 장비의 조작이 간단하고, 장비 조종자의 각종 의사결정에 대한 지원기능을 가진 정보화 기반의 토공 건설장비 관제 시스템의 개발이 필요한 실정이다. 토공 생산성을 증진시키기 위한 다양한 연구가 진행된 바 있으나, 실제 토공운반을 작업을 수행하는 덤프의 생산성에 대한 분석에 대한 연구가 진행되고 있지 않다.

또한 덤프의 경우 이동거리가 가장 많은 건설장비 임에도 불구하고 실제 현장에서 계획경로를 제시하지 않고 이동 횟수에 따른 경비 계약을 진행하고 있어, 장비들의 이동경로가 운전자의 성격에 따라 이동경로가 다른 경우가 많고 과속과 난폭운전을 하여 항상

* 정회원 · 한양대학교 건설환경공학과 석사과정 (Hanyang University · dallyhj5@gmail.com)
** 한양대학교 건설관리학과 석사과정 (Hanyang University · youngmin.kwon@hdec.co.kr)
*** 종신회원 · 한양대학교 건설환경공학과 박사과정 (Hanyang University · ansaene@hanmail.net)
**** 종신회원 · 교신저자 · 한양대학교 건설환경공학과 정교수, 공학박사 (**Corresponding Author** · Hanyang University · jseo@hanyang.ac.kr)

Received January 27, 2016/ **revised** March 7, 2016/ **accepted** April 11, 2016

Copyright ⓒ 2016 by the Korean Society of Civil Engineers
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

교통사고에 노출되어 있다. 이에 본 논문에서는 GIS 기반의 오픈 Global Map을 이용하여 공사현장과 토취장의 위치를 확인하고, 덤프와 그레이더 등의 건설장비에 GPS (Global Positioning System)를 부착하여 장비의 실시간 위치, 속도, 고도, 방향등의 Data를 이용하여 실시간 모니터링을 진행하고, Data를 이용하여 생산성 분석을 진행하여 최적 장비 대수를 도출하고 회사에서 실시한 시공단가와 실시간 모니터링을 통한 장비 생산량으로 도출된 총 경비와 비교를 통하여 경비 분석을 진행하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

아직도 실제 건설현장에서 건설장비의 복잡하고 상이한 작업형태, 토공 공종별 장비 조합의 불균형과 시공 시에 실제 단가에서도 과다 장비 운영비가 산정되어 생산성의 저하와 공사비의 증가가 일어나고 있다. 항공, 해상, 물류분야에서는 관제 기술을 이용하여 위치 정보를 기반으로 실시간 위치, 거리정보를 산정하여 장비 운행의 안전과 효율성을 제고하는 효과가 있으므로 이러한 기술을 건설 분야에 적용할 경우 토공원가 및 유류비 절감 등의 경제적 효과가 있어 적용이 가능하다고 판단된다. 이에 건설 산업에 첨단 IT기술을 융합한 최적 작업계획 및 현장 모니터링을 통한 건설장비의 효율적 운용은 건설 프로젝트의 생산성 향상 및 에너지 절감이 가능하다고 판단된다. 그리고 건설장비 관제 시스템(현장에 투입되는 건설장비의 위치, 데이터 취득, 작업가이던스 및 모니터링, 리포팅이 가능한 관리 시스템) 개념을 적용하여 장비 조종자의 의사결정을 지원할 수 있는 스마트 건설장비 가이드 시스템을 개발, 적용해야 한다고 판단된다.

이에 본 논문은 건설장비(덤프, 그레이더)의 장비 내에 LBS기반의 GPS 기능이 적용된 단말기를 부착하여 건설장비의 위치, 장비의 속도, 이동방향등의 Data를 누적 취득하면서 실시간 장비의 위치를 현장 사무소 내에서 모니터링을 진행하고 이에 생산성을 분석을 진행하고자 한다.

2.1 선행 연구 동향

이전의 건설장비 최적대수 산정은 경로, 거리 및 이동시간, 자재의 상태 등을 파악한 최적 장비 대수산정 방식으로 연구가 진행되어 왔다(Kim and Russell, 2003). 또한 건설장비(Excavator, Dozer)등의 최적 조합을 규명하는 다양한 의사결정 시스템들이 개발 되어 왔다(Amirkhanian and Baker, 1992). 사용자가 프로젝트의 지형 및 작업정보를 입력하면 장비의 유형 및 대수를 추천해주는 시스템 등이 개발연구가 진행 되어 왔다(Zhang, 2008). 또한 안전성과 생산성 향상을 위한 GPS를 활용한 건설장비 트래킹 기술 연구가 국외에서 활발히 진행되고 있다(Amirkhanian and Baker, 1992). GPS를 장비와 작업자에 부착하여 서로의 충돌을 방지하여 안전사고를 줄이고, 무선 센서를 장비의 작업 장치(붐, 암, 버킷)에 설치하여 작업 반경을 조사 하는 연구를 진행하고 있다. 하지만 장비가 고정 되어 있는 상태에서 모니터링을 진행하고 있고, GPS를 활용하여 이동장비의 실시간 위치 및 이동경로를 파악하지 않아, 최적의 장비 투입대수 연구를 진행하지 않고 있다.

본 연구에서는 기존의 연구방향인 고정된 오브젝트(토사의 물량) 및 계획단계의 이동경로에 따른 이동거리 파악으로 인한 최적 장비대수 도입이 아닌 실시간 이동경로 및 위치 트래킹이 가능한 GPS를 건설장비에 부착하여 실제 현장에서 의 생산성 분석을 시행하고자 한다.

2.2 LBS(Location Based System)기반 GPS

지난 몇 년간 GPS를 일반인들은 자동차 네비게이션으로 제한되어 적용하고, 생각해 왔다(Balqies Sadoun, Omar Al-Bayari, 2007). 이에 따라 GPS와 네비게이션을 같은 개념으로 여기는 사람들이 많았고, GPS는 길을 찾기 위한 시스템이라는 고정 관념이 팽배했다. 하지만 최근 국내외의 기술발달로 많은 사람들이 핸드폰, PDA등과 같은 모바일 장치를 많이 사용하고 있고, 무선 네트워크의 발전으로 인하여 실생활에서도 무선 네트워크가 많이 보급되어 여러 기술이 접목되어 발전하고 있다. 과거에도 기존 이동 통신국망을 이용한 GPS 관련 연구를 진행하여 왔으나, 지상에 있는 이동통신사 기지국을 이용하는 방식이어서 이동 객체에 대한 정확한 위치정보 Data를 얻기 힘들었지만, 최근에는 무선 인터넷과 GPS를 결합한 위치기반서비스(LBS: Location Based Service)가 발전 적용되면서, 단말기 내의 GPS도 오차가 적어지고 있다(Yoon and Han, 2002).

LBS는 임베디드 컴퓨팅 또는 모바일 컴퓨팅으로 이동 환경에서 컴퓨터를 사용하는 것을 총칭한다. 따라서 일반 스마트폰은 물론 노트북, PDA, 심지어 경찰의 순찰차나 병원에서 운영하는 비상용 응급차의 내부에 설치되어 있는 컴퓨터까지도 임베디드 컴퓨팅이라고 할 수 있다. 이 서비스는 개발 초기에는 단순히 위치정보만 제공해왔지만, 현재는 개인 단말기까지 그 범위가 넓어졌고, 이를 통하여 스마트폰에서는 위치 및 상대의 상태정보를 볼 수 있는 다양한 Application이 개발되었고, 최근에는 동시에 여러 대의 장비의 위치를 한 개의 단말기에서 위치를 볼 수 있는 시스템까지 개발, 사용되고 있다. 또한 단말기와 PC에서 호환이 가능하여 활동 및 지역의 제약을 벗어나 실시간 정보를 획득 할 수 있고, 이는 PC와 각 단말기간 필요한 정보를 서로 주고받을 수 있음을 의미한다. LBS는 크게 위치 측위 기술(LDT : Location determination Technology), 위치 처리 플랫폼(LEP : Location Enabled Platform), 위치 응용 프로그램(LAP : Location Application Program)의

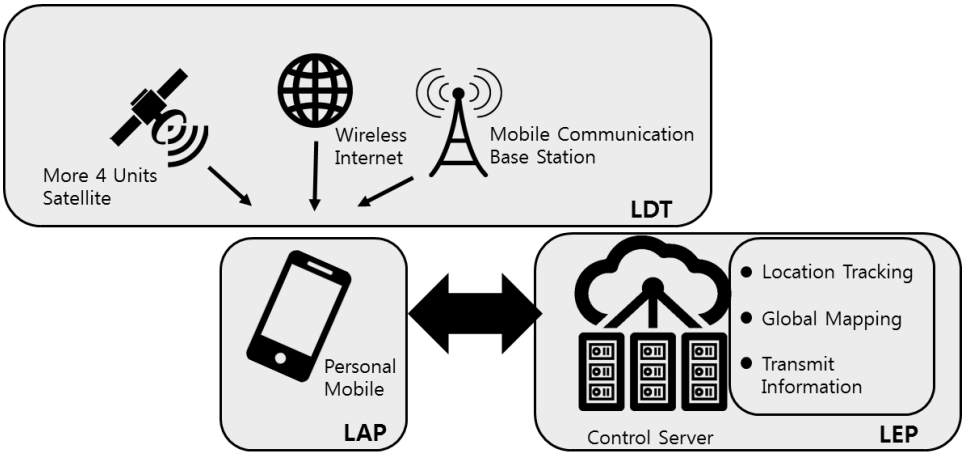

Fig. 1. LBS Concept Map

Fig. 2. Location Accuracy Test

3가지 부분으로 나뉘어진다. 이를 기반으로 하여 본 논문에 필요한 LBS의 기본 개념도를 Fig. 1과 같이 제시하였다.

2.3 GPS 장비 위치 정확도 Test

본 연구를 진행하기 앞서 LBS기반 GPS 단말기의 위치의 실제 정확도 Test를 Fig. 2와 같이 진행 하였다.

Test는 서울 시내에서 2차례의 진행하였고, Test방법은 LBS기반 GPS단말기 2대에 위치모니터링 Application을 실행하고, 실내에서 데스크 탑 컴퓨터에서 위치가 정확히 표현되는지를 판단하였다. 1차 test는 주변에 사람들이 적고, 상공에 장애물이 없는 길을 오토바이와 도보 두 종류의 방식으로 이동하였고, 2차 test는 차량이 많이 지나다니고 주위에 고층 건물이 있는 곳에서 차량과 도보 두 종류의 방식으로 이동을 진행하고 위치 Data를 비교한 결과 값은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Evaluate the Suitability of Monitoring

	Test Condition	Location Data Receiver Cycle	Location Error
1st Test	Plane	1sec	≤10cm
2nd Test	Obstacle (Building, car)	5sec	≤10m

결과를 통해 1차 Test의 경우 사람이 적어 전파간섭이 발생하지 않고, 장애물이 없어 오차가 작게 나왔지만, 2차 테스트의 사람이 많고 주위에 고층건물이 많을 경우 전파간섭이나 상공에 장애물로 인하여 1m까지 오차가 생기는 것을 알 수 있다. 이는 기존에 개발되어 온 국내, 외의 건설장비 모니터링 시스템에 비교하였을 때 오차는 비슷하였으나 장비의 위치 Data 송신 주기가 짧아 이번 연구의 모니터링으로 사용하기에 적합하였다. 또한 실험하고자 하는 현장은 도로건설 현장으로 주위에 장애물이 적고 이동하는 유동차량이

적어 정확한 장비의 위치를 실시간으로 관제하고, 이후 Data를 기준으로 생산성 분석이 가능 할 것으로 판단하였다.

2.4 GPS 기반 장비 위치 모니터링

본 연구는 충북 소재의 OO도로의 노반 조성용 흙을 성토하는 공정으로 그레이더와 덤프트럭의 조합으로 작업을 진행하고 있는 도로건설현장을 선택하여 Fig. 3과 같이 덤프트럭 5대(회사차량2대, 지입차량 3대)와 그레이더 1대의 장비의 위치와 이동속도, 이동경로 등을 모니터링하고 생산성을 분석하고자 한다.

Fig. 3과 같이 개인 단말기가 부착된 건설장비의 위치를 LBS기반으로 1m이내의 측정 오차로 모니터링하고 그 정보를 기존 이동통신망을 이용하여 현장 사무소 내에 있는 컴퓨터에서 모니터링을 시행하였다. 모니터링의 시간은 1일 오전 7시부터 오후 6시 기준으로 장비가 운행하지 않는 휴식시간 1시간을 제외한 11시간으로 2일간 모니터링을 진행 하였다. 단말기는 안드로이드 기반의 스마트폰을 사용하였고, GPS를 이용하여 단말기의 위치를 받기 위하여 동시에 10대의 장비의 모니터링이 가능한 Application을 각 단말기마다 설치하고 효율적인 모니터링을 위해 각 장비에 들어갈 단말기

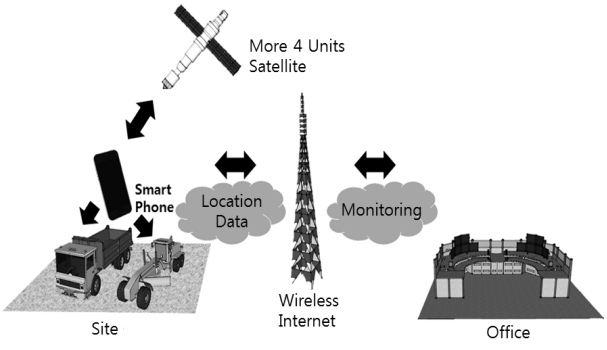

Fig. 3. Experiment Diagram

Fig. 4. Real Time Dump Moving Monitoring

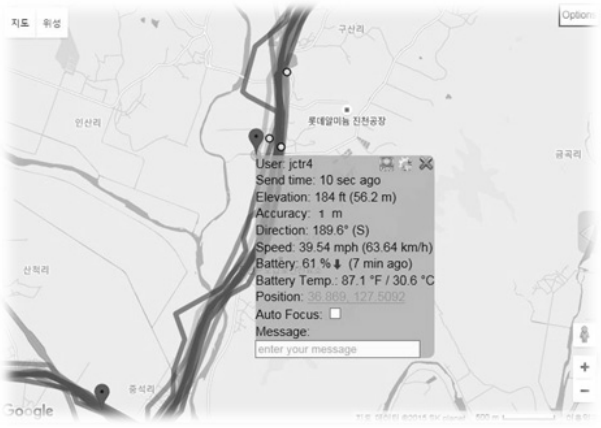

Fig. 5. Real-Time Equipment State Monitoring

의 계정 이름을 다르게 하여 각 장비의 차주의 허락 하에 장비에 부착을 하였다. 현장 사무소 내에서는 Fig. 4와 같이 랩탑(Laptop) 형식의 컴퓨터를 이용하였고, 모니터링은 Web기반의 프로그램을 이용하였다. 장비의 위치 및 현장, 토취장의 위치를 알기 위한 Global Map은 구글 Map을 이용하였다.

Fig. 4에서는 장비의 실시간 위치를 파악하고 장비의 위치를 누적 표현하여 장비의 이동경로를 표시 하였다. 장비의 이동경로는 각 장비마다 Layer를 다르게 표시하여 각 장비마다 이동경로를 파악하였다. 덤프트럭의 경우 이동경로에 대한 제시사항이 없기 때문에 장비 운전자들의 성향에 따라 최단거리로 이동하거나, 큰길을 따라 이동하는 등 이동 경로가 5대 모두 달랐고, 그에 따른 이동거리, 이동시간, 속도가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다

각 장비의 실시간 운행 상태를 Fig. 5와 같이 판단 할 수 있었다.

정확도는 1m 정도의 오차를 가지고 있었고, 장비가 남쪽으로 향하는 것을 보았을 때, 토취장이 북쪽에 있고, 현장은 남쪽에 위치하고, 로터리와 같은 회전 구간이 없는 것을 감안 할 때, 본 덤프는 흙을 싣고 현장으로 가는 것을 알 수 있다. 또한 장비의 위치와 전송 시간 등을 이용하여 장비의 현재 속도도 파악이 가능하다.

3. 생산성 분석

3.1 덤프최적 투입 대수분석

시공단계에서의 계획상 장비투입 대수 및 시공비를 모니터링을 통한 실제 값과 비교하기 위하여 현장과 토취장(이동거리 편도 13.33km)의 계획 속도와 실제 모니터링의 속도를 비교해본 결과는 Fig. 6과 같다.

계획 속도와 실제 이동속도는 평균 20km/h의 속도 차이가 났고, 본 이동경로의 도로는 속도제한 60km/h로 계획속도에는 문제가 없으나, 실제 모니터링에서는 과속을 하는 것을 알 수 있다. 이러한

과속은 교통사고의 위험이 어디에서나 있음을 알 수 있지만, 현장 전문가들도 실시간 모니터링을 할 수 없어 현장 외에서는 장비 관리 감독을 할 수 없었다. 또한 실시간 모니터링을 통하여 장비의 실제 사이클 타임을 Table 2와 같이 조사하였다. 사이클 타임도 이동속도와 같이 계획에 비하여 시간의 차이가 많이 나고 있음을 알 수 있다.

하차시간은 계획시간과 실제 시간이 거의 유사하지만, 상차시간에서 계획시간 대비 약간 지연되었지만 이동시간에서 약 45%가 감소되어 전체 사이클 타임은 계획대비 60% 수준으로 줄어든 것을 알 수 있다. 그레이더의 사이클 타임 대비 덤프의 사이클 타임을 비교하여 공사의 장비 최적 투입대수를 비교식은 다음 Eq. (1)과 같다.

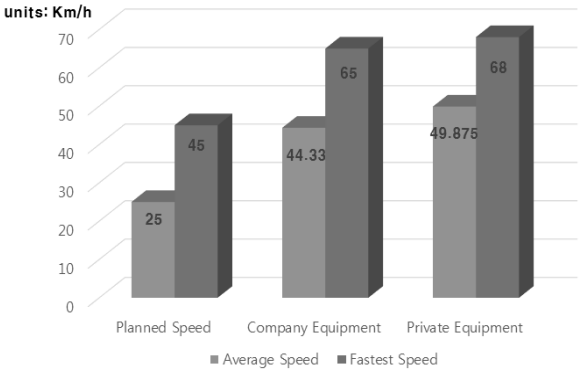

Fig. 6. Comparision of Equipment Speed

Table 2. Comparision of Cycle Time (units : minute)

	Move	Loading	Unloading	Total
Planned	31	4.33	0.9	36.23
Company Equipment	18	5	1	24
Private Equipment	16	5	1	22

Table 3. Optimal Dumps Number

	Cycle Time (min)	Equipment Number	Optimal Equipment Number
Grader	4	1	
Planned	36.23	9.06	10
Company Equipment	24	6	6
Private Equipment	22	5.5	6

$$\text{장비 최적 대수} = \frac{\text{덤프의 사이클 타임}}{\text{그레이더 사이클 타임}} \quad (1)$$

식을 이용하여 최적 투입대수 분석결과는 다음 Table 3과 같다.

장비의 최적대수는 계획의 경우에는 10대가 투입 되었고, 모니터링을 통한 장비의 최적 투입 대수는 6대가 가장 적당하다고 판단되었다. 하지만, 모니터링을 진행한 현장의 실제 덤프의 투입 대수는 5대로 계획 및 실제 모니터링을 이용한 최적대수에도 미치지 못하는 투입대수를 이용하여 작업을 진행 하였고, 실제 투입대수와 최적대수의 차이는 건설사의 경험을 바탕으로 한 투입대수 산정으로 차이가 발생했으며, 이는 결과적으로 생산성이 낮아지게 되고, 장비 한 대당 작업량이 증가 하여 과속 등의 무리한 운행을 조장할 수 있음을 알 수 있다.

3.2 덤프 경비 분석

모니터링을 통한 실제 건설장비와 계획에 따른 덤프의 시간당 작업량을 비교해 보았다. 덤프의 작업량은 표준품셈(2015)식인 Eq. (2)를 이용하여 구하였다.

$$Q = \frac{60 \times q_t \times f \times E}{Cm} \text{ (units: } m^3/hr) \quad (2)$$

q_t = Capacity per 1time (16.25m^3/ea)
F = soil volume conversion factor (0.77)
E = work efficiency (0.9)
Cm = Cycle Time (min)

이때 q_t는 덤프의 1회 적재량으로 20t 덤프의 유효 적재량은 16.25m^3이고, 토취장의 흙의 토량 환산계수(f)는 현장의 토취장의 흙으로 0.77로 계산 되었다. 또한 20t 덤프의 작업 효율은 0.9이다. 이런 변수 값과 Table 2에서 얻은 덤프의 사이클 타임을 Eq. (2)으로 산정한 덤프 시간당 작업량은 Table 4와 같다.

시간당 작업량을 비교한 결과 계획 작업량은 18.65m^3/hr이지만 실제 작업량은 약 1.7배 정도 더 하는 것을 알 수 있고, 이는 계획 대비 시간당 더 많은 작업량을 하고 있음을 알 수 있다.

시간당 작업량을 이용하여 각 부분별 경비 비교를 진행 하였다.

Table 4. Comparision of Quantity per Hour (units : m^3/hr)

	Quantity per Hour
Planed	18.65
Company Equipment	28.15
Private Equipment	30.71

Table 5. Comparision of Cost (units : won/m^3)

	Equipment Cost	Labor Expense	Material Cost	Total Cost
Planned	916.3	1010.5	1605.7	3532.5
Company Equipment	607	669.5	1063.5	2340
Private Equipment	556.5	613.5	975	2145

경비는 크게 덤프의 장비 대여비가 들어가 있는 경비와, 작업부의 인건비가 포함되어 있는 노무비, 유류비 및 기타 잡비가 포함되어 있는 재료비로 구분하여 분석을 시행하였다. 각 항목의 금액과 총 경비에 대하여 계획대비 실제 사용량에 대하여 분석한 결과는 다음 Table 5와 같다.

경비를 분석해 본 결과 각 항목에서 적게는 35% 많게는 48%정도 차이가 나는 것을 알 수 있고, 총경비도 계획경비 대비 실제 사용 경비가 38% 정도 작게 나오는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구의 목표는 건설 현장에서 토취장을 이동하는 덤프의 이동경로를 GPS를 이용하여 실시간 위치정보 및 장비 상태를 누적 Data로 이용하여, 실시간 관제 및 생산성 분석을 시행 하는 것이다. 본 연구를 통해 덤프의 실제 이동 경로가 각기 다른 것을 알 수 있었고, 이에 따라 덤프의 속도와 각 장비의 운전자들의 운전 습관을 판단할 수 있었고, 시공단계에서의 계획 생산성과 실제 모니터링을 통한 생산성과의 차이가 나는 점을 알 수 있었다. 모니터링을 이용하여 최적대수 장비 투입과 실시간 관제를 통하여 생산성을 증대 할 수 있을 것으로 판단된다.

건설장비의 모니터링을 통하여 건설현장에서 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다.

첫째, 최적의 투입 장비대수를 추산 할 수 있다. 건설현장은 단일 장비가 작업하기 보다는 다수의 건설장비 동시에 협업을 통하여 공사를 진행하기 때문에 투입되는 건설장비의 양은 경험에 따르는 경우가 많다. 하지만 최적 대수가 투입되지 않아 각 장비에 대기시간(Idle)이 존재 하여, 유류낭비와 생산성 저하로 직결된다. 본 연구에서는 시공단계의 계획에서는 10대의 덤프가 최적 투입 대수였으나 모니터링을 통한 최적 장비대수는 계획 대비 60%에 해당하는 6대가 최적 투입 대수였고, 실제 현장에서는 5대의 덤프가 투입 되었다. 실제 투입 장비 대수는 계획대비 생산력은 좋다고 판단되나 본 경우 그레이더의 대기시간이 발생하였고, 1대를 더 투입하였다면 더욱 생산성이 증대 했을 것이라 판단된다.

둘째, 안전사고를 예방할 수 있다. 본 연구를 통해 실제 덤프의 이동속도는 평균속도는 도로 제한속도 범위 내에 있었지만, 최고속도는 도로 제한속도를 상회하는 속도로 과속을 하는 것을 알 수 있었다. 이는 최근 벌어진 서산의 레미콘사고와 같은 안전사고가 어디에서나 발생할 수 있음을 시사한다.

이런 과속의 문제는 덤프의 경우 계약당시에 운반 횟수로 임금을 받는 속칭 "탕뛰기" 계약을 회사와 맺어서 작업을 하기 때문에 시간 절약을 이유로 신호 위반과 과속등의 난폭 운전을 일삼고 있다. 실시간 건설장비 모니터링 시스템 도입으로 장비의 실시간 속도를 판단 할 수 있어 건설장비의 속도를 준수하게 하여 예고된 안전사고를 예방 할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 경비를 감소시킬 수 있다. 앞서 분석한 경비 분석을 통하여 시공단계의 계획 단가보다 실제 운행의 경비가 적게 나오는 것을 알 수 있다. 계획경비는 실제 사용경비에 비해 평균 1.4배 높게 산정 되어 있는 것을 알 수 있다. 본 시스템의 도입으로 향 후 과다 산출된 경비를 줄여 공사비용을 낮게 하여 시공이 가능 할 것으로 보인다.

하지만, 시공사의 덤프속도를 안전속도로 설계를 진행한 설계 덤프대수(10대)였으나 실제 덤프의 투입대수는 최적 장비 대수에 미치지 못하는 절반의 장비(5대)가 투입되어 작업을 진행한 점을 알 수 있었고, 이는 산정식이 아닌 건설사의 경험에 의한 대수투입을 진행하고 있어 안전사고에 대해 항상 노출되고 있다는 점을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술연구사업(과제번호 : 14SCIP-B079344-01)의 지원에 의하여 수행 되었습니다.

References

Amirkhanian, S. and Baker, N. (1992). "Expert system forequipment selection for earth-moving operation." *Journal Constr. Eng. Manage.*, Vol. 118, No. 2, pp. 318-331.

Balqies, S. and Omar, A.-B. (2007). "LBS and GIS technology combination and applications." AICCSA '07. *IEEE/ACS International Conference on, Computer Systems and Applications*, pp. 578-583.

Cheng, Z., eAmin, H. and Homam, B. (2009). "Collaborative multi-agent systems for construction equipment based on real-time field data capturing." *ITcon*, Vol. 14, Special Issue, pp. 204-228.

Easa, S. M. (1988). "Improved method for locating centroid of earthwork." *Journal of Surveying Engineering*, ASCE, Vol. 114, No. 1, pp. 13-25.

Kim, S. K. and Russell, J. S. (2003b). "Framework for an intelligent earthwork system: Part II. Task identification/scheduling and resource allocation methodology." *Automation in Construction*,

Vol. 12, No. 1, pp. 15-27.

Marzouk, M. and Moselhi, O. (2004). "Fuzzy clustering model for estimating haulers' travel time." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 130, No. 6, pp. 878-886.

Moselhi, O. and Alshibani, A. (2009). "Optimization of earthmoving operations in heavy civil engineering projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 135, No. 10, pp. 948-954.

Jeong, M. G., Kim, C. S., Kang, B. S. and Kim, J. W. (2000). "The design of control system for mobile objects using the GPS / GIS and wireless communication." *Korea Information Science Society*, Vol. 27, No. 1, pp. 289-291.

Smith, S. (1999). "Earthmoving productivity estimation using linear regression techniques." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 125, No. 3, pp. 131-141.

Guionmet, T., Guilemost, C. and Pateux, S. (2001). "Embedded multiple description cording for progressive image transmission over unrelizble channels." *Proc IEEE Trans*., pp. 1005-1008.

Tam, C. M., Tong, T. L. and Wong, B. L. (2007). "An integrated system for earthmoving planning." *Journal of Construction Management and Economics*, ASCE, Vol. 25, pp. 1125-1135.

Yoon, J. G. and Han, K. J. (2002). "Develop of LBS (Loaction Based Service)." The Magazine of the IEEK 29(12), *The Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 29, No. 12, pp. 21-30.

Zhang, H. (2008). "Multi-objectives simulation-optimization for earthworkmoving operations." *Automation in Construction*, Vol. 18, No. 1, pp. 78-86.