

GCM 시스템 구축 방안에 관한 연구

이 두 용* · 이 창 호**

*한국과학기술원 건설 및 환경공학과

**인하대학교 산업공학과

A Study on the Construction of GCM System

Doo-Yong Lee* · Chang-Ho Lee**

*Department of Civil and Environmental Engineering, KAIST

**Department of Industrial Engineering, INHA University

Abstract

GCM(Green Chain Management) is being spread by that companies which apply with eco-friendly concept in entire SCM(Supply Chain Management) perspective is being increased for resolving some recent environmental problems. There are reasons that numerous companies focus on GCM. At first various governments began to directly manage components and material contents about various noxious substances. Second, environment problem management in the entire logistics process from procurement of product materials to distribution of product became to be important according to introduction of certification system that evaluate the environmental impact throughout life-cycle of products.

Purposes of this paper are 1) to analyze the GCM process whose important is more increasing in the recent logistics environment change, 2) to comprehend places and sources that generate environmental elements like energy consumption and greenhouse gas emissions in elements of logistics function, and 3) to construct integrated GCM system for observing activity of logistics function throughout life-cycle of products.

Key words : Green Chain Management, Green House Gas

1. 서 론

최근 환경 문제를 해결하기 위해 기업의 자체 생산 과정이 아닌 SCM 관점에서 환경 친화적인 개념을 도입하는 기업이 늘어나면서 GCM이 확산되고 있다. 기업들이 GCM에 주목하는 이유로는 최근 각국 정부들이 환경문제를 야기하는 유해 물질에 대해 제품뿐만 아니라 제품의 물질 함량까지 관리하기 시작하였고, 탄소발자국 등 제품 전과정에 걸쳐 환경 영향력을 평가하는 인증 제도를 도입하는 추세로 원재료의 생산에서 유통

에 이르기까지 물류 전 과정에서 환경문제 관리가 중요해졌다. 또한 환경문제가 발생한 기업들뿐만 아니라 그 기업의 제품을 구매하여 사용한 글로벌 기업에게 환경문제의 해결책을 요구하는 시민단체가 늘어나고 있는 추세이다.

따라서 본 논문에서는 전체 공급망 관점에서 환경 요인들을 고려하여 각 단계별 온실가스 배출량과 에너지 사용량을 수집·계산할 수 있는 GCM 시스템을 구축하고자 한다.

† Corresponding Author : Chang-Ho Lee, Industrial Engineering, INHA UNIVERSITY,
100, inha-ro, Nam-gu, Incheon, M · P : 010-3761-2995, E-mail : lch5601@inha.ac.kr
M · P: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

Received January 20, 2014; Revision Received March 19, 2014; Accepted March 19, 2014.

2. 이론적 배경

2.1 GCM

일반적으로 SCM이란 원재료 추출에서 생산, 유통, 소비, 폐기에 이르는 전 과정에서 재화, 정보, 현금의 흐름을 통합적으로 관리하는 것을 뜻한다[6]. 90년대에 들어서면서 비용 절감과 신규 시장의 접근성을 위해 기업의 공장 및 협력 업체들이 전 세계로 흩어지고, 기업과 협력 업체를 연결하는 물류가 복잡해지면서, SCM은 이들을 관리하는데 중점을 두기 시작했다. 하지만 최근 환경 문제에 대한 규제가 강화되고, 전 세계적으로 환경 문제에 대한 의식 수준이 높아지면서 환경적 요소를 고려한 GCM이 부상하고 있다. 기업들이 Supply Chain을 구축하는데 기준에 고려한 가격, 품질, 납기뿐만 아니라 온실가스 배출량, 에너지 사용량, 폐기물, 유해물질 등의 요소들도 중시하기 시작하였다.

또한 최근 기업의 탄소 배출량을 공개하는 CDP(Carbon Disclosure Project)에서 발표한 Supply Chain Report 2011에 따르면, 기업 활동에서 발생하는 온실가스 중 평균적으로 절반 이상이 Supply Chain에서 발생하고 있으며, WalMart 사는 전체 온실가스 발생량 중 Supply Chain에서 발생하는 비중이 전체의 90%에 이르기 때문에 GCM을 도입하기 위해서는 개별 기업의 제품, 서비스, 생산 공정을 넘어 전체 시스템 관점에서 기업 활동이 환경에 미치는 영향력을 고려해야 한다[3].

2.2 온실가스

2012년 유엔을 중심으로 지구적인 차원의 온실가스 감축을 위한 노력이 진행되고 있다. 선진국(부속서 I 국가)의 제2차 공약기간(2013~2020년) 감축목표 설정을 위한 협상이 진행되고 있으며 개도국의 감축노력 참여에 관한 협상도 진행되고 있다. 최근 제18차 기후변화 협약 당사국총회에서는 주요 쟁점사항에 대한 결정문을 패키지로 채택하기로 하였는데 세부 내용을 살펴보면 교토의정서 2차 공약기간(2013~2020년) 개시를 위한 의정서 개정에 합의하였고, 기후변화 대응 장기협력 협상트랙을 종료하고, 2020년 이후 신 기후체제 마련을 위한 회의 일정을 합의한다는 내용을 담고 있다. 따라서 2020년 이후 신 기후체제 마련 및 2020년 이전 감축의욕 상향을 위한 협상이 본격적으로 개시될 것으로 전망되며 온실가스 감축노력에 관한 논의가 활발하게 진행될 것이다[5].

'09년 국가 온실가스 배출량은 '08년(08년)602.3백만

tCO₂eq)대비 0.9% 증가한 607.6백만 tCO₂eq로 '90년 이후 연평균 3.3%씩 증가하고 있고 '90년 대비 105% 증가하였다. 우리나라 전체 배출량 구조는 에너지(84.9%)와 산업공정(9.8%)의 비중이 94.7%를 차지하고 있으며, 에너지연소에 의한 CO₂ 배출은 전환부문이 44.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 산업(27.3%), 수송(16.0%), 가정·상업·공공(11.2%) 순으로 나타났다. 온실가스별 배출량은 이산화탄소 배출량은 540.6백만 tCO₂eq로 전체 배출량의 89%를 차지하고 있다[4].

3. GCM 시스템 구축 방안

3.1 GCM 범주 및 배출원 정의

GCM 시스템을 구축하기 위해서 물류 활동들을 명확히 파악해야 하며 각 단계별로 환경요인(물류부문 고정설비/이동 장비)과 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)을 설정해야 한다. 이를 위해 GCM 프로세스를 먼저 상세히 분석해보았다.

GCM 대상 정보는 제품의 수명주기 동안 정확하고 철저하게 관리함으로써 자재, 부품, 완제품, 재고품 등의 단계에서 필요한 처리활동이 환경 친화적으로 수행될 수 있도록 지원하기 위한 대상물의 특성에 대한 정확한 정보와 이동 및 보관경로, 온실가스배출 등에 대한 정보이다. GCM 대상 정보를 파악하기 위해 물류 기능별(운송, 보관, 하역, 포장, 유통가공, 정보 등)로 프로세스를 분석하고, <Table 1>에서 대상 범위 및 배출원을 파악하여 환경자원을 설정하고자 한다.

<Table 1> Scope descriptions and greenhouse gas emission source

범주	설명	배출원
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> 기업이 소유 또는 통제하는 배출원의 직접적인 온실가스 배출 고정연소, 이동연소, 공정배출, 탈루배출 	<ul style="list-style-type: none"> 화물의 집하, 운송, 배달에 활용되는 각종 차량과 창고, 물류센터와 같은 시설 유지를 위한 연료사용 등
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> 수입/구매한 전기, 열, 증기의 사용에 의한 온실가스 배출 전력 구매, 상수도 구매 	<ul style="list-style-type: none"> 물류 시설물과 장비의 운용, 유지에 소요되는 전력 사용 등
Scope 3	<ul style="list-style-type: none"> 타 기업에 의하여 소유 또는 통제되는 배출원의 간접적인 온실가스 배출량 이동연소, 탈루연소 	<ul style="list-style-type: none"> 공급망 관리 또는 아웃소싱 업무에 소요되는 연료 및 전력 사용 등

Scope1은 기업이 소유하거나 통제하는 배출원의 직접적인 온실가스 배출로 고정, 이동 설비에서 배출되는 온실가스 대부분이 포함된다. Scope2는 수입/구매한 전기, 열, 증기의 사용에 의한 온실가스로 고정 설비의 전력이 대부분을 포함한다. Scope3은 타 기업에 의하여 소유 또는 통제되는 배출원의 간접적인 온실가스 배출량으로 물류관리 및 아웃소싱에서 발생하는 온실가스를 포함한다[1][7].

물류 기능별 프로세스에 대한 온실가스 배출원을 정의하였다. 고정, 이동, 공정, 탈루 배출 등의 직접 배출원과 전기구매, 포장재 등의 간접 배출을 포함하여 보관, 하역, 수송, 판매, 회수 물류 등 물류 기능별 요소들의 온실가스 배출원을 구성하여 정리하였다. <Table 2>는 물류 기능별 온실가스 배출원을 정리한 내용이다[1][7].

3.2 GCM 시스템 개념

현재 물류 부문에서 기업 및 협력업체들은 반드시 GCM을 구축해야 하고, 환경 측면에서 환경 위험 요인들을 정확히 파악하여 절감 및 제거하는 친환경적인 물류 활동들을 추구해야 앞으로 경쟁에서 살아남을 수 있다. 하지만 현재 물류 기업들 중 대기업들 위주로 자체 물류 시스템을 구현하여 사용하고 있으며, 중소기업 및 1인 사업자들의 경우 화주가 바뀔 때 따라 매년 다른 시스템을 이용해야 되고, 물류 시스템 구현은 필요하지만 금액적인 부분 때문에 시스템을 구현하지 못하는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 기업 및 협력업체들이 GCM 구축에 필요한 요인들을 쉽게 파악하고, 환경 요소들을 고려할 수 있도록 공통적으로 접근 가능한 GCM 시스템을 구축하고자 한다. 구현 범위로는 GCM 전반에서 물류 영역별 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)

에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)의 데이터를 획득, 저장, 관리하고 Reverse Logistics 측면에서 발생하는 환경자원 측면까지 고려하여 구현하고자 한다. 이를 위해 국내 물류 영역별로 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)의 데이터를 물류 기능별로 제품의 수명주기 동안 추적할 수 있는 시스템을 개발함으로써, 국내 에너지 부문 온실가스 배출량 중 20%를 차지하는 물류부문에 대해 물류 기능별 온실가스 배출량 및 에너지 사용량을 정확하고 실시간으로 산출할 수 있도록 구축하고자 한다. 또한 GCM 시스템을 통해서 수집된 데이터를 기반으로 GCM에서 환경 위험요인을 분석하여 환경자원이 다량으로 발생하는 환경요인을 파악하고, 다양한 시스템 및 서비스와 연계함으로써 Forward Logistics와 Reverse Logistics 전 과정에서 발생하는 온실가스 저감 관련 Risk Visibility를 확보할 수 있도록 하였다. [Figure 1]은 GCM 시스템의 구성도를 나타낸다.

본 논문에서 구축하고자 하는 GCM 시스템은 크게 2가지 부문으로 나뉠 수 있다. Local Management 부문에서는 물류부문의 고정/이동 설비에서 발생하는 온실가스를 수집하기 위해 모니터링 포인트를 관리하고 온실가스를 수집하여 Local Interface로 전송하는 역할을 수행한다. Local Interface에서는 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)을 관리하기 위한 GCM Management System으로 구성되어 있다. GCM Management System은 GCM Database System, GCM Transport Management System, GCM Utility Management System, GCM Data Analysis System로 크게 4가지 하위 시스템으로 구성되어 있다.

<Table 2> Functional distribution of greenhouse gas emission sources

배출원		기능	운송	보관	포장	하역
직접 배출	고정배출			<ul style="list-style-type: none"> 온·냉장고, AS/RS 등의 보관 설비 분류 설비 	<ul style="list-style-type: none"> 밴딩기 등 포장작업에 사용 중인 포장장비 및 설비 	<ul style="list-style-type: none"> 컨테이너, 크레인 등의 하역설비
	이동 배출	운송 차량	<ul style="list-style-type: none"> 운송차량 (직영, 위수탁, 지입 차량 등) 			
		운송 설비	<ul style="list-style-type: none"> 출하에 필요한 출하 장비 	<ul style="list-style-type: none"> 보관 장비 (Forklift, Shooter, AGV 등) 		<ul style="list-style-type: none"> 하역에 사용되는 장비 (지게차, 테이블리프트, 도크레벨러 등)
	공정배출					
탈루배출				<ul style="list-style-type: none"> 냉장보관 시설 		
간접배출	전기구매		<ul style="list-style-type: none"> 전력에 의해 운영되는 설비 해당 조직 경계 내에서 소비된 전력구매량 			

3.3 GCM 시스템 구성요소

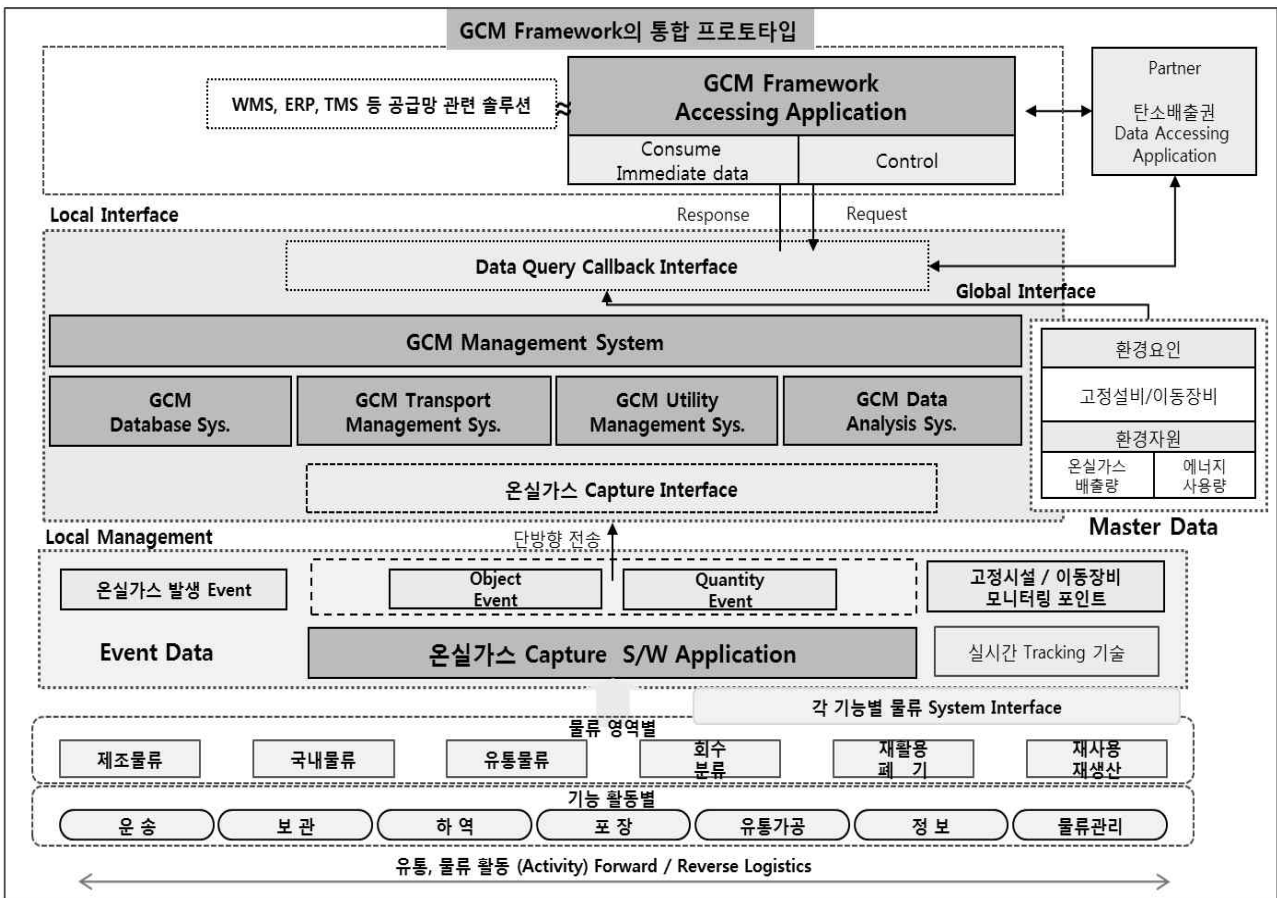
앞 장에서 살펴보았듯이 물류 기능별 요소들을 파악하여 각 단계별로 환경정보를 처리 및 관리할 수 있도록 기업 및 물류 업체들이 공통적으로 적용 가능한 GCM 구조 시스템의 세부 구성요소를 알아보고자 한다.

Local Management 부문에서는 GCM 시스템 내 데이터 통합관리의 궁극적 목표인 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)의 Data Governance 완성을 위해 데이터 각 영역별 역할과 상호 관계를 정의한다. 기초적으로 정의되는 추상적 데이터 모델은 크게 Event 데이터와 Master 데이터로 구성된다. Master 데이터는 Event 데이터를 설명하는 부가적인 정보를 담고 있는 데이터로 정의하고, Event 데이터는 Local Management 프로세스를 거쳐 온실가스 Capture Interface를 통해 수집되어 향후 GCM Framework의 사용자가 원하는 Query callback Interfaces를 통해 공유되는 데이터이다. Event 데이터 중 Object Event Data는 물류분야의 고정시설/이동 장비의 모니터링 포인트에서 인식된 환경요인

Data이고, Quantity Event Data는 물류분야의 고정시설/이동 장비의 모니터링 포인트에서 인식된 환경요인 Data 집합에 속하는 수량으로 정의한다.

GCM Management System에서는 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량) 데이터를 수집하고 관리하며, 분석하여 위험 요인을 예측하는 기능을 수행한다.

우선 GCM Database System에서는 물류 분야별 기능별 업무에서 사용되는 데이터 및 이들 간의 관계를 식별하고 이를 통합된 GCM 시스템의 구조적 측면에서 점진적인 추진 체계 수립한다. GCM 시스템 내 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)의 데이터 관리를 위한 정보요구 사항을 비롯하여 관련 애플리케이션 및 시스템 전반에 걸친 사용자의 요구를 조사, 분석, 검증한 데이터를 기반으로 온실가스 데이터 모델링 정의한다. 온실가스 데이터 모델 관리 정책을 수립하고, 온실가스 개념 데이터를 모델링(핵심 엔티티 및 관계 정의), 온실가스 논리 데이터 모델링, 물리 데이터 모델링 등을 수행한다.



[Figure 1] GCM System Process

다음은 온실가스 데이터 수집 및 산정 방법에 대해 정리한 자료이다. 데이터를 수집하기 위해 평가 범위 및 경계를 우선 설정하고, 데이터 수집 및 분석 단계에서 필요한 자료 수집 목록 및 투입 물량 등을 정의한 다음 단계별 탄소 배출량 산정 방법에 따라 사용 DB 및 배출계수 등을 이용하여 Life Cycle 단계별 최종 배출량을 계산한다. 이러한 데이터 수집 및 산정 방법에 따라 Database System 내에서 각 단계를 구조화하고 온실가스 데이터 모델링을 수행한다.

GCM Transport Management System에서는 GCM의 온실가스 발생원 중 이동 장비에 대한 데이터 수집 및 관련 자료들을 정의하고 획득 기술을 정의한다. 이동 장비에 대한 배출 특성 정의, 물동량 및 배출량 정의, 데이터 획득 특성(주기, 정확도, 데이터 형태 등) 정의 등 관련 자료 정의 및 획득 기술로 OBD-II 기술을 적용한 이동 장비용 화석연료 모니터링 기술들을 정의한다. Transport Management System에서 정의된 항목들은 운송에 사용되는 운송 장비 및 보관/하역에 사용되는 이송 설비 등을 모두 포함하며, 각각의 사용 연료 및 주행 특성, 평균 적재량 등도 파악하여 저장 및 관리하도록 한다.

GCM Utility Management System에서는 창고, 크레인, 냉동 및 냉장 설비 등 GCM 시스템 중 고정 설비 배출원을 모니터링하기 위해 전력 및 화석연료를 모니터링하고 데이터 저장 및 관리하는 역할을 수행한다. 고정 설비에 대한 온실가스 배출 특성 정의, 데이터 획득 특성(주기, 정확도, 데이터 형태 등) 정의 등 관련 자료들을 정의하고, 모니터링 항목에 따른 데이터 획득 기술을 정의한다. 전력사용량 모니터링을 위한 데이터 획득기술 정의, 화석연료 사용량 모니터링을 위한 데이터 획득기술 정의 등 모니터링 기술들을 정의하고 모니터링 한다.

GCM Data Analysis System에서는 물류분야에 LCA(Life Cycle Assessment) 방법을 적용하여 고정 설비(창고, 적재/하역)와 이동 장비(운송)에 따라 발생하는 환경위험요인에 대해 분석한다. 전과정 중 Supply Chain의 범위 및 시스템 경계 정의하고, LCA 단계에 따른 투입물, 시스템, 산출물을 구성한다. Supply Chain 상의 물류 주체별 에너지, 원자재에 따른 투입물을 분류하고, Supply Chain 상의 물류 주체별 원료 취득, 제조, 적재/하역, 운송, 사용/재사용, 폐기에 따른 시스템을 분류한다. 그 이후 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량) 분석을 통해 각 물류 영역별 기능별 온실가스 배출량 및 에너지 사용량이 많이 사용된 부분을 파악하고 사용자에게 위험 요인을 알려주는 역할을 수행한다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 Green Chain 달성을 위해 물류 기능별 요소들을 파악하여 각 단계별로 환경정보를 처리 및 관리할 수 있도록 기업 및 물류 업체들이 공통적으로 적용 가능한 GCM 시스템을 구축하였다.

본 논문에서 제시한 GCM 시스템은 크게 2가지 부문으로 구성되어 있다. 우선 Local Management 부문에서는 물류부문의 고정/이동 설비에서 발생하는 온실가스를 수집하기 위해 모니터링 포인트를 관리하고 온실가스를 수집하여 Local Interface로 전송하는 역할을 수행한다. Local Interface에서는 환경요인(물류부문 고정 설비/이동 장비)에 따른 환경자원(온실가스 배출량, 에너지 사용량)을 관리하기 위한 GCM Management System으로 구성되어 있다.

하지만 GCM 상에서 필요한 기술 및 시스템들을 대상으로 본 논문에서 GCM 시스템 구축 방안을 제시하였으나 개념 및 구성 요소들을 정의한 수준이다.

따라서 추후 연구과제로는 실제 물류 기업을 대상으로 Forward Logistics와 Reverse Logistics를 포함한 Green Chain 전반에 걸쳐 온실가스 배출량 및 에너지 소비량을 수집할 수 있는 측정 장비를 각 설비별로 설치하여 측정 시스템을 구축하는 것이 필요하다.

5. References

- [1] 교통안전공단, “물류기업 온실가스 인벤토리 구축 지침서”, 2010.
- [2] 이두용, “위치 측정 기술을 이용한 GCM 통합 구조 시스템 구축에 관한 연구”, 인하대학교 산업공학과 박사학위 논문, 2013. 08.
- [3] 이영찬, 오형진, “혁신확산이론 관점에서의 Green SCM 도입 및 영향요인과 성과에 관한 실증연구”, 지식경영연구, 2010. 12.
- [4] 에너지관리공단, “2012 에너지·기후변화 편람”, 2012. 09.
- [5] 에너지관리공단, “2013년도 에너지·기후변화 정책 방향”, 2013. 01.
- [6] 전재완, “물류 산업의 오해와 이해”, CFE Report, 2011. 01.
- [7] 현대경제연구원, “물류/유통 분야 탄소배출관리 데이터 정의 방안에 대한 연구”, 2012. 06.

저 자 소 개

이 두 용



인하대학교 산업공학과 공학사, 공학석사 취득. 동 대학원에서 공학박사 취득. 현재 한국과학기술원 박사 후 연구원으로 재직 중.
관심분야 : 물류, GCM, LBS, RFID, 항공물류 등

주소: 대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원
건설 및 환경공학과

이 창 호



인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.
관심분야 : 물류, RFID, SCM 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과