

# The Effect of Real-time Navigation on the Reduction of Greenhouse Gas Emission

Jeong Su Kim<sup>\*</sup> · Junseok Oh<sup>\*\*</sup> · Bong Gyou Lee<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

This paper shows the positivistic approach for analyzing the effect of ICT on the reduction of greenhouse gas (GHG) emission. The real-time navigation was selected for the ICT based service in this research, and the CO<sub>2</sub> reduction ratios of the optimized routes in the navigation were compared with the reduction ratios of the shortest routes in existing navigations. The results of experiments showed the driving based on the optimized routes has more reduction effects than the driving on the basis of the shortest routes. Also, new evaluation method for GHG emission was suggested by the quantification and monitoring approaches on the basis of the Clean Development Mechanism (CDM) in this paper. The results of this paper can be used as a preliminary research for the effect of ICT on the reduction of GHG emission. The evaluation method which suggested in this paper will be suggested to CDM as the new standard for the reduction of GHG emission in the transportation field as well.

**Keywords :** Green ICT, Real-Time Navigation, Optimized Route, Green Route, Energy Efficiency

## 실시간내비게이션의 온실가스 감축 영향력 분석

김정수<sup>\*</sup> · 오준석<sup>\*\*</sup> · 이봉규<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문은 정보통신기술을 기반으로 한 특정 서비스가 온실가스 감축에 미치는 영향력에 대하여 실험을 통하여 실증적으로 보여준다. 본 연구에서는 정보통신기술 기반 서비스로 실시간내비게이션을 선정하여 최적경로의 이산화탄소 감소율을 기존 내비게이션에서 제공하는 최단경로에서의 이산화탄소 감소율과 비교 실험하였다. 실험 결과는 실시간내비게이션의 최적경로로 이동할 경우 최단거리에 비해 이산화탄소 배출량 감소의 효과가 있다는 것을 보여준다. 또한, 본 연구는 청정개발체제에서 제시하는 온실가스 감축 방법을 기반으로 정량화 및 모니터링 접근을 통한 새로운 온실가스 감축 평가 방법을 이론적으로 제시하였다. 본 연구의 결과는 다양한 정보통신기술 기반 서비스들의 온실가스 감축 영향력에 대한 연구의 기반연구로써 활용될 수 있을 것이다. 또한, 본 논문에서 제시한 온실가스 감축 평가 방법론은 청정개발체제에 제안되어 새로운 표준으로 활용될 수 있을 것이다.

**키워드 :** 그린 ICT, 실시간내비게이션, 최적경로, 그린경로, 에너지효율

## 1. 서 론

산업과 기술의 급격한 발달은 업무의 효율화, 소통의 다양화, 레저 활동의 증가, 수명연장 등의 다양한 혜택을 주는 반면에 환경오염이라는 큰 문제점을 야기하고 있다. 과거에는 대부분의 국가에서 산업발전을 주요한 국가사업으로 여

겼지만 현재는 거의 모든 국가들이 환경보존에 대한 중요성을 인식하고 이에 대한 노력을 기울이고 있다. 대부분의 국가에서 환경보존을 위한 주요한 사업으로 온실효과 감축관련 연구들을 진행하고 있다. 실제로 온실효과 감축을 위한 노력들은 오래전부터 지속되어 왔다. 이미 1997년에 교토의 정서를 통하여 온실효과를 나타내는 6종류의 감축 대상을 지정하고 온실효과 증가에 대한 체계적 대응을 시작하였다. 현재 온실가스 감축사업은 주로 감축효과가 큰 에너지 및 산업 분야에서 이루어지고 있으며 점진적으로 선진국을 중심으로 교통 분야와 건물 분야로 확대되고 있다. 또한, 산업 분야에서의 온실가스 배출뿐만 아니라 가정 분야의 온실가스 배출 분야 또한 감축 대상으로 포함하기 위한 연구 및 방법론 개발이 진행되고 있다.

\* 본 연구는 방송통신위원회의 국립전파연구원(RRA), 한국정보통신진흥협회(KAIT)와 SK텔레콤의 공동연구결과로 수행되었음.

† 정 회 원 : SK텔레콤 CSR실장

\*\* 정 회 원 : 연세대학교 방송통신정책연구소 연구교수

\*\*\* 총신회원 : 연세대학교 정보대학원 교수

논문접수 : 2012년 11월 29일

수 정 일 : 1차 2012년 12월 28일

심사완료 : 2013년 1월 2일

\* Corresponding Author : Bong Gyou Lee(bglee@yonsei.ac.kr)

에너지 효율 개선을 통한 온실가스 감축은 스마트워킹을 통한 프로세스의 개선, 종이의 디지털화 등 정보통신기술을 사용한 인간 활동의 프로세스 혁신을 통하여 이루어지기도 한다. 컴퓨터 및 통신기술 등과 같은 정보통신기술들의 발달은 인간에게 시간과 장소에 관계없이 정보를 제공함으로써 삶을 개선시킬 뿐만 아니라 산업 및 가정에서의 활동 프로세스 개선을 통한 환경보존에도 직간접적인 역할을 하고 있다. 지금까지 정보통신기술 분야에서는 새로운 기술 개발을 통한 혁신에 대한 연구들이 주를 이뤄왔다. 하지만, 정보통신기술이 간접적으로 환경보존에 역할을 한다는 것을 실험적으로 연구하여 기술의 활성화를 모색하고자 하는 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 정보통신기술의 환경적 효과에 대하여 실험적으로 증명하고 이를 평가할 수 있는 평가방법을 제시하고자 한다. 특히, 본 연구에서는 다양한 정보통신기술 중 스마트디바이스와 이동통신을 활용한 실시간내비게이션의 이산화탄소배출량 감소에 미치는 영향력을 분석하고 이를 평가할 수 있는 방법을 제시한다. 본 연구에서 사용된 실시간내비게이션은 이동통신기술을 활용하여 실시간으로 교통정보를 획득하고 이를 바탕으로 최단거리경로 대신 최적경로를 제공한다는 점에서 기존 내비게이션과 차이가 있다. 또한, 본 연구에서 사용된 실시간내비게이션은 실시간 교통정보 기반 최적경로를 운전자에게 제공함으로써 통행시간 단축 및 연료저감 효과가 발생할 것으로 기대된다. 기존 청정개발체제의 평가방법과 차이가 있는 실시간 정보를 기반으로 한 온실효과 감축 평가방법을 제시하여 이를 내비게이션 분야의 새로운 평가방법으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 녹색 정보통신기술

녹색 정보통신기술(Green ICT)은 정보통신기술의 환경보존에 미치는 영향 및 역할에 대하여 연구하는 것으로 현재 정보통신기술 분야에서 다양한 연구들이 진행되고 있다[1]. 정보통신기술 환경에 대한 부정적 영향의 최소화에 중점을 두고 있는 Green of ICT와 정보통신기술의 다양한 적용을 통한 환경 영향의 긍정적인 면을 확대하는 Green by ICT로 개념 분류된다[2]. Green of ICT는 정보통신기술 자체의 탄소 집약도를 줄이는 것에 중점을 두는 반면 Green by ICT는 정보통신기술 감축수단을 실행함으로써 다른 영역에서의 업무혁신, 에너지 효율 증대를 통하여 탈탄소화에 이르는 것을 목표로 한다. 따라서 본 연구의 정보통신기술 감축수단은 Green by ICT 효과를 증대하기 위한 유무선 통신 기반의 서비스 솔루션이라고 볼 수 있다.

OECD의 분석에 따르면 대부분의 국가는 Green of ICT 향상에 집중하고 있지만 일본의 Green IT Initiatives와 같이 두 전략을 동시에 추진하는 정책들도 있다[2,3]. 또한, 정부 차원의 Green ICT 정책은 R&D와 기술혁신의 활성화,

녹색 정보통신기술 확산 및 정보통신기술의 활용, 환경 관련 정보통신기술 및 인식교육으로 나눌 수 있다[4]. 그리고 각 정부들은 R&D와 기술혁신의 촉진, 정보통신 솔루션 및 서비스 활용 확대, 환경 관련 정보통신기술 역량과 교육 장려 등의 다양한 프로그램을 도입하고 있다[5]. OECD 주요국의 정보통신기술 정책을 분석한 결과, 녹색 정보통신기술 관련 정책은 정보통신기술 가치사슬에 따라 전방 인프라 분야에서는 장비의 에너지효율성을 높이기 위한 정부차원의 R&D개발지원과 보조금 등의 Green of ICT 정책들과 서비스 분야에서는 타 분야 사업의 에너지 절약 유도 및 서비스의 표준화와 사용자 행동변화 유도하는 등의 Green by ICT 정책들이 있는 것으로 나타났다.

### 2.2 온실가스 감축을 위한 연구

온실가스 감축이 국제적인 이슈가 되어온 만큼 온실가스 감축을 위한 다양한 기술적 연구들 또한 진행되었다. Vuuren 등은 온실가스를 줄이기 위한 전략과 이를 비용적인 측면에서 분석하였다[6]. 신재생 에너지를 사용한 온실가스 감축에 대한 연구들로는 Granovskii 등의 풍력과 태양열을 통한 온실가스 감축에 대한 연구와 이태종의 지열에너지 부분에서 필요한 온실가스 감축기술들에 대한 연구를 예로 들 수 있다[7][8]. 정보통신기술의 온실가스 발생량 산출에 대한 연구들 또한 다양하게 진행되었다. 임동석은 국제 가이드라인을 바탕으로 인벤토리 구축과 실제 모델 유형별 온실가스 배출량 산출을 분석하였다[9]. 심용호 등은 우선순위 방법론을 이용하여 녹색 정보통신기술 정책의 전략적 우선순위를 도출하였다[10]. 또한, 각 주요기관의 연구보고서에서 제시한 정보통신기술을 통한 온실효과 감축수단은 주로 교통과 건물의 탈물질화에 집중되는 것으로 나타났으며 특히, Vodafone과 GeSI는 지능적 운송시스템에 큰 비중을 두고 세분화된 정보통신기술을 활용한 온실효과 감축수단을 제시하였다[11,12,13,14].

교통과 관련된 온실효과 감축 연구로는 에너지관리공단의 차량의 이동거리, 속도 등의 기본정보를 바탕으로 온실가스 배출량을 간접적으로 측정하기 위하여 차량연비 및 온실가스 배출계수와와의 관계에 대한 연구를 들 수 있다[15,16]. 또한, 본 연구와 유사한 해외의 연구로는 뉴욕 대학교의 그린 라우팅 연구를 들 수 있다. 이 연구는 이산화탄소 배출을 최소화하기 위한 경로를 찾는 방법에 대한 연구로써 시뮬레이션을 통한 결과를 보여주지만 이를 통한 온실효과 감축 측면의 평가 결과는 보여주지 못하고 있다[17].

## 3. 실시간 내비게이션을 통한 온실가스감축량 산정

본 논문에서는 온실가스 감축을 위하여 제공되는 정보 제공방법 측면에서 기존 차량용 내비게이션과 차이를 보이는 실시간 내비게이션의 특징을 서술한다. 또한, 실시간 내비게이션 실험을 통한 새로운 온실가스 감축량 산정 방법을 제안한다. 제안하는 산정 방법은 청정개발체제가 채택

하고 있는 시나리오 기반 온실가스 감축량 산정 방법을 기반으로 한다. 청정개발체제 사업이란 선진국이 개발도상국에서 온실가스 감축사업을 수행하여 달성한 실적을 해당 선진국의 온실가스 감축목표 달성에 활용할 수 있도록 한 제도으로써 온실가스의 6가지 종류를 감축하는 사업과 조립 및 제조업 사업을 포함하며 교통과 관련된 분야 또한 등록되어 있다[18].

3.1 실시간내비게이션의 정의 및 영향

본 연구를 위하여 사용된 실시간내비게이션은 GPS를 기반으로 최소시간 경로를 안내하여 준다는 면에서 기존의 내비게이션과 동일한 기능을 가지고 있다. 서비스 사용자인 운전자는 해당 목적지에 도착하기 위하여, 다양한 경로를 선택할 수 있으며, 다양한 경로의 선택에 따라 자원을 소비한다.

기존의 내비게이션시스템은 목적지까지의 최소의 거리 정보를 기반으로 빠른 길을 안내해 주는 것을 목적으로 한다. 반면 실시간 내비게이션은 데이터베이스, 무선네트워크 등의 정보기술 및 지능형교통시스템 인프라를 활용하여 실시간 교통정보정보를 수집하고 이를 바탕으로 사용자에게 최적의 경로를 안내해 주는 것을 목적으로 한다. 즉, 사용자에게 교통혼잡 또는 공사지역 등을 우회하여 최소의 시간으로 목적지에 도달할 수 있는 경로를 제시한다. 이를 통하여 사용자는 적은 연료를 사용하여 경제적인 부담을 줄일 수 있고 환경적 측면에서 온실가스 감축이라는 긍정적인 효과도 얻을 수 있다. 일반적으로, 사회적 활동에 따라 나타나는 환경적인 효과는 온실가스 감축효과에 따른 긍정적인 효과와 온실가스 증대효과에 따른 부정적 효과로 나뉘며 내비게이션을 통한 환경적인 효과 또한 Table 1과 같이 나눌 수 있다. 또한, 즉각적으로 나타나는 1차 효과와 장기간에 걸쳐 나타나는 2차 효과로 나눌 수 있는데 본 연구에서의 온실가스 감축효과는 1차 온실가스 감축효과에 중점을 두고 산정한다.

Table 1. The effect of real-time navigation on GHG

	1차 효과 (Primary Effect)	2차 효과 (Secondary Effect)
온실가스 감축효과 (Enabling Effect)	운전자들이 실시간 내비게이션을 통해 목적지에 보다 빨리 도착함에 따른 연료소비의 절감은 온실가스 감축으로 나타남	운전자들이 보다 빠른 시간내 목적지에 도달함에 따라 차량과 타이어의 수명연장은 제조업내 생산량 감소로 이어질 수 있음
온실가스 증대효과 (Rebound Effect)	실시간 내비게이션이 혼잡한 교통상황을 벗어나기 위해 우회경로를 제시함에 따라 늘어난 이동거리는 연료 소비의 증가로 이어질 수 있음	실시간 내비게이션 사용자들의 이동시간 감소는 개인 여가시간을 증대시키고 이는 교통부문 이외 영역에서의 에너지 소비 증가를 초래할 수 있음

3.2 실시간내비게이션을 통한 온실가스 감축량 산정방법

본 논문에서는 실시간내비게이션 사용에 따른 온실가스 감축량을 비교하기 위해 일반 내비게이션을 통한 경로를 베이스라인 경로로 정의한다. 일반적으로, 청정개발체제 방법론에서 제안하는 베이스라인 시나리오 결정 요건을 따라 베이스라인을 결정하게 될 경우, 실시간내비게이션을 사용하는 사용자가 같은 종류의 차량으로 동일한 목적지에 대하여 이동한 경로 및 연료 사용량에 대한 최소 1년 치의 통계 데이터를 사용한다. 하지만, 본 연구는 정보통신기술을 통하여 습득한 실시간 데이터를 기반으로 온실가스 감축량을 측정하기 때문에 과거의 통계 데이터를 사용하는 대신에 실시간 내비게이션에서 제공하는 최소거리 경로를 베이스라인 경로로 사용한다. 이를 기반으로 한 베이스라인 경로 설정은 다음과 같다.

- (1) 운전자는 목적지에 도착하기 위하여 최소시간 경로를 선택한다.
- (2) 경로 선택 시, 실시간내비게이션을 통하여, 실시간 교통 정보가 주어질 경우, 운전자는 제시된 최소시간 경로를 선택한다.
- (3) 경로 선택 시, 실시간 교통정보가 주어지지 않을 경우, 운전자는 다양한 경로를 선택할 수 있으나, 합리적인 운전자는 지도상의 목적지까지의 최단 경로를 선택한다.
- (4) 보수성의 원칙을 적용하여, 지도상의 목적지까지의 최단 경로를 베이스라인 경로로 설정한다.

또한, 실시간내비게이션 사용을 통하여 최적의 경로를 따라 운행하는 것을 프로젝트 활동으로 정의한다. 베이스라인 경로 설정과 함께 프로젝트 활동과 비교할 수 있는 베이스라인 활동을 설정한다. 베이스라인 활동은 정보통신기술이 갖는 데이터 수집, 처리, 저장 능력으로 과거의 데이터가 아닌 프로젝트 활동 시에 직접적으로 제공되는 실시간 데이터 사용 활동을 의미한다.

- (1) 실시간내비게이션 시스템은 운전자에게 목적지 입력 시점의 실시간 교통 상황을 반영한 최소시간 기반의 루트를 안내한다.
- (2) 내비게이션의 루트 안내 정보에는 예상도착 시간, 예상거리, 속도가 포함된다.
- (3) 내비게이션은 최소시간 기반의 루트 안내 시, 당시의 실시간 교통 상황을 반영하여 최단거리 기반의 루트에 대한 예상도착 시간, 예상거리 및 속도를 예측하고 저장한다.
- (4) 실시간교통정보의 변화에 따라 초기 설정한 경로에 변화가 있을 경우, 변화시점부터의 최단경로 예상 도착시간, 예상거리, 속도가 다시 예측되어 저장된다.

이러한 두 가지 활동을 통하여 출발지 및 목적지 정보, 이동거리 및 이동시간, 속도 정보들이 산출되며 이러한 정보들은 두 활동을 기반으로 한 도착정보들과 함께 서비스 제공업자의 데이터베이스에 저장되어 모니터링 된다.

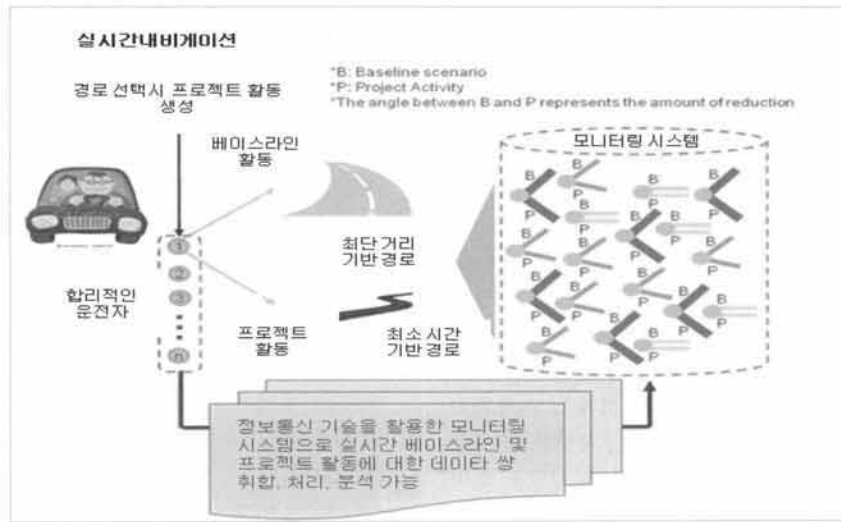


Fig. 1. Real-time navigation system in mobile network

Table 2. Equations for fuel consumption according to speed

차량 종류	연료 종류	속도	이산화탄소 배출 산정식
소형 차량	가솔린	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1313.7U^{0.6}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 0.5447U + 78.746$
	디젤	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1313.7U^{0.587}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 0.6175U + 62.478$
중형 차량	가솔린	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1555.57U^{0.578}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 0.0797U + 144.19$
	디젤	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1818.1U^{0.6643}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 0.3184U + 95.66$
	LPG	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1539.4U^{0.5748}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 0.5056U + 117.39$
대형 차량	디젤	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1970.1U^{0.6187}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 0.1791U + 145.07$
	LPG	$U < \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = 1849.8U^{0.6164}$
		$U \geq \text{Eco speed (km/h)}$	$Y(\text{g/km}) = -0.1348U + 159.9$

온실가스 측정을 위하여 연료 소비량을 측정하는 것은 직접적으로 획득하는 것이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 프로젝트 활동과 베이스라인 활동에 대하여 모니터링이 가능한 이동거리와 이동시간으로 생성되는 평균속도의 간접 데이터를 근거로 연료소비량을 간접 산정하는 방법을 사용한다

다[19]. 이 방법은 미국의 환경보전국에서 제시한 방법으로 Table 2의 식을 따르며 이를 통하여 속도연비곡선을 도출할 수 있다. 이와 함께, 보수적으로 산정된 국가 단위의 속도 연비 공식과 취합된 데이터를 사용하여 프로젝트 활동과 베이스라인 활동의 해당 경로의 연료 사용량을 산출할 수 있으며, 이러한 연료 사용량에 온실가스 배출계수를 적용하여 각 활동별 온실가스 배출량을 산정할 수 있다.

#### 4. 실시간내비게이션의 온실가스 배출량 감축효과 실험 및 결과

본 논문에서는 3장의 온실효과 감축량 산정방법을 기반으로 실시간내비게이션의 온실가스 배출량 감축효과를 실험을 통하여 확인하고 이를 통하여 정보통신기술의 환경적 효과를 평가한다. 현재 대표적 이동통신사인 SK 텔레콤과 KT은 스마트폰 및 태블릿 PC를 통한 내비게이션 서비스를 제공하고 있다. SK 텔레콤의 티맵(T-Map)은 최단 거리뿐만 아니라 현재의 교통상황을 실시간으로 반영하여 최적의 경로를 제공해 준다. 따라서 본 실험에서는 SK 텔레콤의 티맵을 실시간내비게이션으로 사용한다.

##### 4.1 실험 범위 및 방법

실시간내비게이션의 온실가스 배출량 감축효과를 알아보기 위하여 경로, 교통상황, 연료 특성에 따라 왕복 2회씩 두 차례의 실험을 실시하였고 이를 통하여 총 384개의 데이터를 획득하였다. 이 데이터는 각 실험에서 192개씩이 수집 되었으며 이는 티맵 장차군과 일반 내비게이션 장차군의 각 96개를 포함한다. 실험 대상은 경로에 따라, '단거리 2경로', '중거리 2경로', '장거리 2경로'가, 교통상황에 따라, '피크시간 교통상황', '비 피크시간 교통상황', 연료특성에 따라, '휘발유 차량', '경유 차량'으로 나뉜다. 또한, 실험을 위하여 Table 3과 같이 각 거리 길이별로 측정 경로가 선택 되었다.

Table 3. Equations for fuel consumption according to speed

구분	구간	방향	총거리(km)
단거리	동대문역사문화공원역 - 삼양동 사거리	남북	6.85
	논현역 - 신천역	동서	5.62
중거리	서울시청 - 사당역	남북	9.31
	연신내 사거리 - 청량리역	동서	11.98
장거리	서울시청 - 수원시청	남북	34.50
	의정부시청 - 천호역	남북	26.08
	학동사거리 - 양평군청	동서	39.71

위와 같은 실험범위를 기반으로 한 실험방법은 다음과 같다. 우선, Table 3에 정의된 서울시내 대상 구간에 대하여 티맵 제공정보를 활용한 경로정보와 일반 내비게이션에 의한 최단거리 경로정보를 테스트 후 비교 분석하여 환경적 효과의 평가를 목표로 설정한다. 실시간내비게이션의 최적거리와 일반 내비게이션의 최단거리 경로는 서로 상이하게 나타나며 Fig. 2는 Table 3에 나타난 구간 중 '학동사거리와 양평군청'사이의 구간 경로를 보여준다.

그리고 각 구간에서의 시간대별("피크시간/비 피크시간") GPS 데이터로 통행특성을 분석하고 연료소모량으로 온실가스 배출량을 산정한다. 여기서 GPS 데이터는 차량의 위치 데이터와 속도(km/s) 데이터를 포함한다. 수집된 데이터 중에서 평균±α·표준편차를 산정하고 이 범위에 속하지 않은 데이터를 이상치로 판단하여 제거한다. 여기서, α란 본 연구의 실험을 위해 수집된 데이터 중 특이치(outlier)를 제거하기 위한 기준이다. 이는 기존 통계학에서 만들어진 기준치가 아닌 반복 실험을 통하여 본 연구에서 선정된 값으로, 전체 데이터 중 5%만 이상치로 제거하여 환경적 효과를 분석하기 위해 α를 1.8로 설정하였다. 또한, 도심부 도로 경우 신호, 정체 등의 영향으로 통행시간, 교통량, 속도 변화가 크므로 이를 반하여 전체 데이터 중 5%만 이상치로 제거하였다.

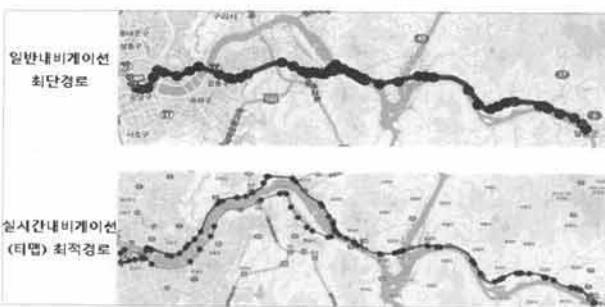


Fig. 2. Setting the path according to shortest path and optimized path

4.2 분석 결과 및 평가

우선, 각 거리별 일반 내비게이션과 실시간내비게이션의 통행특성 분석 결과는 Fig. 3A, Fig. 3B와 같다. 실시간내비

게이션을 통하여 목적지에 도착한 경우 통행거리와 통행속도는 증가한 반면 통행시간이 현저히 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 일반 내비게이션의 경우에는 신호의 영향을 받아 통행시간이 증가한 반면 실시간내비게이션의 경우에는 실시간 교통정보를 반영하였기 때문에 통행시간 감소한 것으로 예측할 수 있다. 온실가스 배출량 측면에서도 실시간 내비게이션 사용 시 감축효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. Fig. 3B에 나타난 바와 같이 실시간내비게이션 경로의 이산화탄소 총 배출량은 953.61kg으로 일반 내비게이션 경로의 이산화탄소 총 배출량인 1094.59kg에 비하여 12.88%가 감축되는 것으로 분석되었다. 또한, 경로 거리별 이산화탄소 배출량은 단거리 구간에서 165.94kg, 중거리 구간에서 243.08kg, 장거리 구간에서 544.59kg으로 나타났다. 이는 실시간내비게이션의 최적경로에서 일반 내비게이션의 최단경로에 비해 각각 9.75%, 14.04%, 13.27%의 이산화탄소가 감소되는 것을 보여준다. 이를 바탕으로 실시간내비게이션을 사용한 최적경로로 차량을 운행할 시에 경로의 길이가 증가할수록 환경적 효과가 크게 나타나는 것으로 분석할 수 있다. 하지만, 장거리 구간의 경우 개선율이 다소 감소하는 경향을 보이는데 이는 실시간내비게이션이 우회경로로 고속도로를 제공하게 됨에 따라 중거리보다 다양한 경로 제공이 어렵기 때문에 환경적 효과가 보다 적게 나타나는 것으로 볼 수 있다. 여기서 온실가스 배출량 감축효과는 주행거리 증가에 대한 오버헤드는 포함하고 있지 않은 순수 온실가스 배출량 감축효과를 의미한다.

일반적으로 정보통신기술의 사용증가로 인하여 온실가스 배출량이 증대되는 요인 또한 존재한다. 이러한 요인들의 대표적인 것이 장비의 사용, 데이터의 처리를 위한 정보통신 시스템 및 네트워크의 에너지 사용량이다. 또한, 정보통

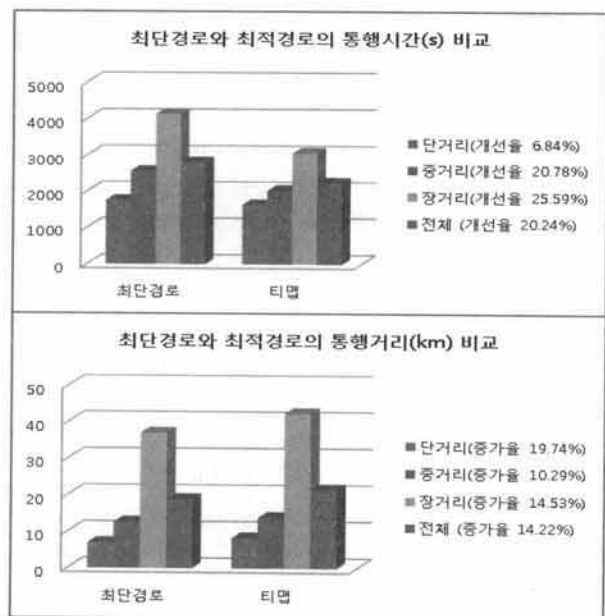


Fig. 3A. The comparison of travel time and distance according to shortest path and optimized path

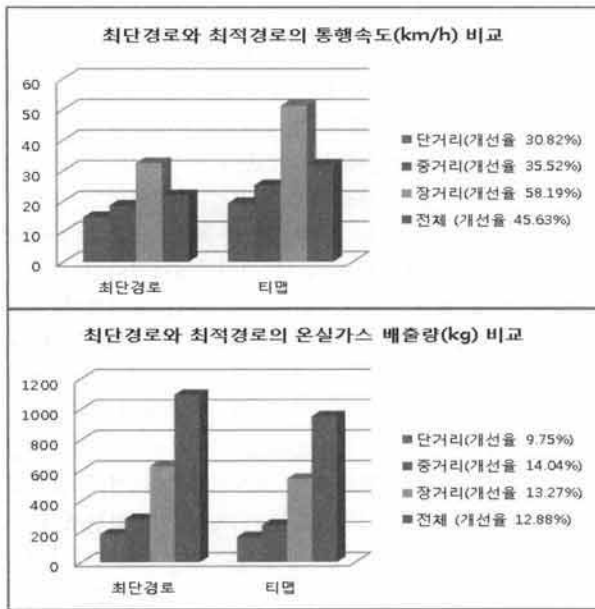


Fig. 3B. The comparison of travel speed and GHG emission according to shortest path and optimized path

신 서비스 사용자체가 온실가스 증대요인으로 작용하는 경우가 있으며 이 서비스 사용단계에서의 배출량 증대를 반등효과라고 정의하고 있다. 이에 대하여 미국 환경보전국은 온실가스 배출량 반등효과에 대한 기준을 제시하였다[19].

실시간내비게이션 또한 정보통신기술을 활용한 서비스이기 때문에 서비스 사용 시에 온실가스 배출량을 증가시킬 수 있다. 실시간내비게이션을 통한 정보통신 서비스 사용 단계에서 온실가스 반등효과는 두 가지로 나타난다. 첫째, 실시간내비게이션의 경로활동이 최소시간 기반의 경로를 제공한다는 점에서 나타나는 반등효과이다. 본 논문에서 제시하고 있는 베이스라인의 설정 방법이 최단거리 기반의 경로이기 때문에 실시간내비게이션의 최소시간 경로는 교통량이 증가할 때 우회경로를 재검색하여 사용자에게 제공한다. 추가적인 우회경로의 이동에 따른 연료소비와 온실가스 배출량 증대가 발생하게 되며 이는 온실가스 배출량 반등효과가 된다. 두 번째는 우회경로를 따라 이동할 시에 교통 혼잡지역을 벗어나게 되어 연비 개선을 통한 온실가스 배출량 감소의 이득을 가져오게 되지만 운전자가 혼잡지역을 벗어난 후 경제속도 이상으로 운행 할 경우 이로 인하여 연비가 감소하게 되고 이는 온실가스 배출량의 증대요인으로 작용하는 경우이다. 본 연구에서 제안한 실시간내비게이션에서의 사용단계 반등효과는 미국의 환경보전국의 계산법을 기반으로 계산되고 모니터링 시스템의 실시간 최적경로에 반영되어 객관적인 온실가스 감축량을 산정하는데 큰 역할을 하고 있다[19].

### 5. 결론 및 시사점

정보통신기술을 기반으로 한 스마트디바이스 및 이동통신의 발전을 통하여 모바일방송, 실시간문자대화, 실시간교통

정보, 모바일게임 등 다양한 이동통신기반 서비스들이 제공되고 있다. 이러한 정보통신 기반서비스들은 사용자에게 필요한 정보를 실시간으로 제공하여 업무, 레저, 오락 활동 등의 다양한 인간 활동을 돕고 있다. 이러한 정보통신기술의 장점뿐만 아니라, 정보통신기술 발전을 위하여 생성된 재화들이 환경변화에 악영향을 주는 것이 정보통신기술의 문제점으로 인식되어 왔다. 최근 들어 정보통신기술이 온실가스 감축을 위하여 중요한 수단이 되고 있으며 이를 통한 온실가스 감축량은 이미 상당한 수준이라고 볼 수 있다. 특히, 차량으로부터 발생되는 매연은 대도시의 환경오염에 큰 영향을 주고 있기 때문에 정보통신기술을 활용하여 차량의 온실가스를 감소시키기 위한 연구들이 진행되고 있다. 하지만 이러한 정보통신기술의 온실가스 감축에 대한 영향력에도 불구하고 정보통신서비스의 온실가스 감축 평가에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 실시간내비게이션 서비스를 통하여 온실가스 감축에 영향을 줄 수 있는 정보통신 서비스와 이의 평가방법에 대하여 제안하였다. 본 논문에서 사용된 실시간내비게이션은 모니터링 센터의 데이터베이스와 무선 네트워크 인프라를 활용하여 현재의 교통상황을 실시간으로 경로에 반영하고, 이를 바탕으로 최단경로 대신 최적경로를 제공한다는 점에서 기존의 내비게이션과 차이가 있다. 또한, 실시간내비게이션 서비스의 온실가스 감축 영향력을 평가하기 위하여 최단경로와 최적경로의 온실가스 배출량을 비교하였다. 이를 위하여, 정정개발체제 방법론을 기반으로 한 베이스라인 시나리오를 제시하였다. 이는 기존의 내비게이션과 같이 최단경로로 정의되지만 과거 데이터 사용대신 현재의 데이터를 실시간으로 활용한다는 점에서 정정개발체제 방법론의 베이스라인 시나리오와 차이가 있다. 이러한 베이스라인 설정은 정보통신기술의 데이터 처리 능력을 활용한 베이스라인 시나리오 설정 범으로 과거의 통계치를 기반으로 한 정정개발체제의 베이스라인 설정 방식보다 신뢰도 및 정확성이 높다고 할 수 있다. 그리고 온실가스 배출량 평가를 위하여 경로, 연료, 통행량에 샘플 데이터를 얻어 실험을 실시하였다. 실험 결과, 실시간내비게이션을 사용하여 최적 경로로 이동할 경우 운행 거리와 속도는 증가하였지만 운행 시간은 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 이로 인하여 이산화탄소 배출량이 최단경로로 운행할 경우보다 감소하였으며 일반적으로 이동거리가 증가함에 따라 더 많은 감소효과를 보이는 것으로 나타났다. 정보통신기술의 사용을 통한 온실가스 감축효과를 평가할 경우에는 정보통신기술 사용으로 인하여 온실가스가 오히려 증가하는 반등효과를 고려해야 한다. 본 연구에서 제안된 시스템은 실시간내비게이션 사용으로 인한 반등효과 요인을 온실가스 평가에 반영하기 때문에 객관적인 온실가스 감축량을 산정하는데 큰 역할을 한다고 볼 수 있다.

차량의 이동거리가 길수록 운행시간과 이로 인한 이산화탄소 배출량이 증가하는 것이 일반적이다. 본 논문의 연구 결과는 대도시처럼 교통 혼잡구간이 많은 경우에는 실시간내비게이션을 활용하여 목적지까지의 거리가 다소 멀더라도

다양한 우회구간으로 이동하는 것이 운행시간과 이산화탄소 배출량을 감소시키는데 영향을 줄 수 있다는 것을 실험을 통하여 입증하였다. 또한, 교통 혼잡구간을 우회하기 위하여 실시간 교통정보를 운전자에게 제공해 주는 실시간내비게이션 서비스는 데이터베이스, 이동통신 등의 정보통신기술이 적용되어야 가능하다. 이는 정보통신기술이 간접적으로 온실가스효과를 감축하는데 큰 역할을 한다는 것을 보여주는 예가 될 수 있다. 본 연구는 정보통신기술의 온실가스 감축에 대한 영향력을 실험으로 보여주었으며 이는 산업적, 학술적으로 큰 의의가 있다고 볼 수 있다. 또한, 본 연구에서 제안하는 온실가스 감축 평가방법은 기존 청정개발체제의 방법을 기반으로 내비게이션 분야에서의 새로운 평가방법이기 때문에 청정개발체제에 표준으로 제시되어 활용될 수 있을 것이다. 하지만, 한정된 데이터 수집으로 인하여 실험 샘플이 작은 것이 실험의 한계점이며 실험 결과의 정확도를 높이기 위하여 많은 데이터 확충이 필요한 실정이다. 또한, 정보통신 분야에서는 차량의 연료 소비량 또는 이산화탄소 발생량 데이터를 직접적으로 획득하는 것이 어렵기 때문에 온실가스 감축량 측정을 위하여 간접적인 연료 소비량 측정 방법을 사용한 것을 연구의 한계점으로 볼 수 있다. 따라서 향후에는 실시간내비게이션 서비스의 보급 확대와 타 기관과의 데이터베이스 연계를 통하여 많은 데이터를 획득하고 이를 실험에 사용하고자 한다. 본 연구를 기반으로 실시간내비게이션 뿐만 아니라, 스마트워크, 이러닝, 스마트그리드 등의 다양한 분야에서의 정보통신기술의 온실가스효과 감축 영향력 평가에 대한 연구가 이루어질 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] R. Prasad, Sh. Ohmori and D. Simuni, "Towards Green ICT," River Publishers, 2010.  
 [2] OECD, "Towards Green ICT Strategies: Assessing Policies and Programmes on ICT and the Environment," Organization for Economic Co-operation and Development, 2009.  
 [3] METI, "Green IT Initiative in Japan," Ministry of Economy, Trade and Industry, 2008.  
 [4] H. K. Kim, S. D. Kim, S. H. Seol, H. J. Kim, Y. W. Kim and J. I. Lim, "A Study on Green ICT Strategies in Korea," Journal of Korea Environmental Policy, Vol.18, No.2, pp.139-161, 2010.  
 [5] National information society Agency, "IT based Green Growth Strategies," National information society Agency, 2009.  
 [6] D. P. Vuuren, M.G.J. Elzen, P.L. Lucas, B. Eickout, B. J. Strengers, B. Ruijven, S. Wonink and R. Houdt, "Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs," Climate Change, Vol.81, No.2, pp.119-159, 2007.  
 [7] M. Granovskii, I. Dincer and M. A. Rosen, "Greenhousegas emissions reduction by use of wind and solar energies for hydrogen and electricity production: Economic factors,"

International Journal of Hydrogen Energy, Vol.32, No.8, pp.927-931 2007.  
 [8] T. J. Lim, "Strategic road map for the reduction of GHG," Journal of Geothermal Energy, Vol.8, No.2, pp.46-57, 2011.  
 [9] D. S. Lim, "GHG Emission Calculation in ICT Secto," Master dissertation, Myongji University, Seoul, Korea, 2011.  
 [10] Y. H. Shim, G. S. Byun, B. G. Lee, "Deriving Strategic Priorities of Green ICT Policy using AHP and ANP," Journal of Korean Society for Internet Information, Vol.12, No.1, pp.85-98, 2011.  
 [11] ETNO, "Saving the Climate and the Speed of Light," European Telecommunications Network Operators, 2006.  
 [12] GeSI, "SMART 2020," Global Engagement Summer Institute, 2008.  
 [13] Vodafone, "Carbon Connections," Vodafone, 2009.  
 [14] National information society Agency, "ICT and Environment, Global Issues and research," National information society Agency, 2008.  
 [15] Korea Transportation Safety Authority, "Report for the Mileage," Korea Transportation Safety Authority, 2009.  
 [16] Korea Energy Management Corporation, "국가온실가스 배출량 분석," Korea Energy Management Corporation, 2009.  
 [17] A. W. Sadek and L. Guo, "An Evaluation of Likely Environmental Benefits of a Time-dependent Green Routing System in the Greater Buffalo-Niagara Region," Research Project Report, University at Buffalo, The State University of New York, 2011.  
 [18] J. H. Choi, "A Study on Clean Development Mechanism", Master dissertation, Yonsei University, Seoul, Korea, 2011.  
 [19] U.S. Environmental Protection Agency, "Greenhouse Gas Equivalences Calculator".



### 김 정 수

e-mail : jskim@sk.com

1987년 육군사관학교 중문학(학사)

2011년~현재 연세대학교 정보대학원

석사과정

1994년~2012년 SK텔레콤

2012년~현재 SK텔레콤 CSR실장, SK

미소금융재단 사외이사, 행복 ICT 사외이사

관심분야: CSR 정책, IT 정책·산업, 방송통신융합정책 등



### 오 준 석

e-mail : jseok@yonsei.ac.kr

2002년 한성대학교 정보전산학부(학사)

2004년 충북대학교 컴퓨터과학(석사)

2006년 The Pennsylvania State University

(석사)

2010년 The Pennsylvania State University

(박사)

2011년~현재 연세대학교 연구교수

관심분야: 정보기술 융합, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터마이닝



## 이 봉 규

e-mail : bglee@yonsei.ac.kr

1988년 연세대학교 상경대학(학사)

1992년 Cornell University(석사)

1994년 Cornell University(박사)

1997년~2004년 한성대학교 정보전산학부

교수

2005년~현 재 연세대학교 정보대학원 교수

관심분야: IT 정책·산업, 방송통신융합정책, 모바일인터넷