

# 이동통신 기지국을 이용한 대기환경 모니터링

## A Method for monitoring air pollution using base stations

오 현 정\*, 이재욱, 백송훈  
(Hyun-Jung Oh, Jae-Wook Lee, Song-Hoon Baik)

**Abstract :** This article presents a methodology for the monitoring of air pollution. All over the world, the interest in the environment has been continuously increasing. Unfortunately, much of this interest is due to emerging problems, such as the greenhouse effect and climate change. For this reason, research into carbon dioxide, which causes the greenhouse effect, is progressing rapidly. This article presents a method of measuring the level of carbon dioxide and other substances in the air through the utilization of mobile-networking base stations and measured data. First of all, sensors are attached at the appropriate position of the mobile-networking base stations. These sensors will measure the air quality in their respective positions, and send sensor data to an urban management center via network gateways and data-collecting systems. The measured data can be used for various purposes. In general, it can be used to measure the air quality, which can then be used as a basis for urban planning. The method described herein utilizes air-pollution sensors that are attached to the base stations in different locations and at varying heights. The data obtained hereby will be applicable in many fields. At this time this is simply a methodology, however we hope that it will lead to a practical application.

**Keywords:** USN, U-City, monitoring, base station

### I. 서론

산업 사회, 정보 사회를 거쳐 오늘날 유비쿼터스 사회에 이르기까지 도시는 당시 사회 트렌드에 따라 같이 변화하였다. 산업 사회에서는 기술집약적인 도시, 정보 사회에서는 인터넷 도시로 사회 - 도시간 트렌드가 반영되었다. 오늘 날 사회는 유비쿼터스 트렌드가 반영된 유비쿼터스 도시(Ubiquitous-City, 이하 U-City)로 대표되고 있다. U-City란 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보서비스를 도시공간에 융합하여 도시생활의 증대와 삶의 질 향상, 체계적 도시 관리에 의한 안전보장과 시민복지 향상 등 도시의 제반 기능을 혁신시킬 수 있는 차세대 정보화 도시를 말한다.

U-City란 개념이 도입되기 전까지 도시는 개발과 성장의 대상이었으며 기술 중심적인 도시개발 관행이 남아 있었다. 기술 개발에 중점을 둔 도시 개발에서 환경보전은 주요 요소로 다루어지지 않았다. 이러한 이유로 도시에 수질·대기 오염, 교통문제 등에서부터 자연에 기대하고자 하는 휴식공간의 부족 등 많은 문제가 발생되었다. 이에 환경을 보전하고, 주변의 생태계와 친화하며 건강하고 쾌적한 생태공동체의 실현에 대한 욕구가 점점 더 강해지고 있는 상태다. 이러한 니즈를 바탕으로 본 논문에서는 이동통신 기지국을 이용한 대기환경 모니터링 방법을 제안하고자 한다.

II 장에서는 해외 생태도시에서 환경보전을 위해 제안한 생태도시를 위한 방법들을 알아보기로 한다. III 장에서는 제안한 방법에서 사용될 USN 기술에 대한 정의와 응용서비스 분야를 설명하고자 한다. IV 장에서는 제안한 대기환경 모니터링에 대한 연구결과를 정리하고 V 장에서 결론을 내는 것

으로 본 논문을 마치고자 한다.

### II. 해외 생태도시 사례 분석

서울뿐만 아니라 전세계적인 대도시에서는 환경악화로 인해 날이 갈수록 일상적인 삶이 위협받고 있다. 지속 가능한 도시를 이상화하지만 비관적 전망이 더 우세한 것도 사실이다. 본 장에서는 이러한 어려움을 이기고 생태도시로 거듭난 해외의 여러 도시에 대해 살펴보고자 한다. 생태도시란 개념은 1992년 브라질 리우환경회의 이후로 대두된 개념인 지속 가능한 발전을 목표로 제기되었다. 그러던 것이 최근 도시환경 문제의 악화와 성장중심의 도시발전의 한계에 대한 인식이 확산되면서 새롭게 조명을 받고 있다. 생태도시, 환경도시, 지속 가능한 도시, Eco City 등 여러가지 용어가 혼용되고 있지만 이들은 도시를 하나의 유기적 생태계로 인식하는 새로움 패러다임을 표현하고 있는데 의미를 같이한다.

해외 도시계획연구에 생태도시 개념이 반영된 사례를 살펴보고자 한다.

#### 1. 영국 레스터(Leicester)

레스터시는 최근 모범적인 환경친화적 도시로서 그 명성이 새롭게 알려지고 있다. 지역차원의 지속적인 환경보전과 지역 생태자원의 질을 향상시키는 노력이 알려져 1990년에는 왕립자연보존협회로부터 영국 최초의 환경도시(Environment City)로 선정되었다. 1996년 영국에서는 유일하게 유럽 5개 도시 중 하나로서 유럽의 지속 가능한 도시(European Sustainable City)로 평가됨으로써 도시 차원의 환경정책이 광범위하게 인정 받게 되었다.

레스터시는 환경도시로 거듭나기 위해 시정부와 환경단체가 주축이 되어 생태환경 복원, 에너지 저감, 교통문제와 대기오염 등 도시 전체에 대한 생태환경

\* 책임저자(Corresponding Author)  
논문집수 : 2008 7. 25., 채택확정 : 2008. 8. 1.  
오현정 : KT 인프라연구소  
(hjoh0812@kt.com)  
\* 본 연구는 국토해양부의 연구비의 지원을 받아 연구되었음.

전략을 수립하여 총체적으로 접근하고 있다.

2. 독일 슈투트가르트(Stuttgart)

슈투트가르트는 다임르크라이슬러, 포르쉐, 광학기기의 짜이스사의 본사가 입지한 남부독일을 대표하는 산업도시다. 슈투트가르트는 삼면이 녹지 구릉으로 둘러싸여 있는데, 도심은 그 분지에 자리잡고 있다. 슈투트가르트가 이런 분지에 자리잡은 까닭은 겨울철 추위를 잘 넘기기 위한 것이었다. 그러나 이렇게 도시에 유리했던 지리적 특징이 인구가 급증하고 화석연료의 이용도 늘어나서 대기오염 물질이 증가하자 오히려 많은 문제를 낳게 되었다. 도심이 분지이기 때문에 풍속이 약하고, 그 결과 대기오염물질이 도심의 상공에 머무르게 되었다. 슈투트가르트는 산업혁명을 마칠 즈음부터 심각한 대기오염 문제에 직면하였다.

이의 대안으로 독일은 1939 년에 도시 기후에 관한 부서를 설치하여, 대기오염의 현황을 조사하고 미세기후를 연구하였다. 아울러 대기와 물의 순환을 도시계획의 요소로 자리잡게 하여 숨쉬는 도시를 만들고자 하였다. 시에서는 이 바람을 도시 안으로 잘 흘러들게 하기 위해 도시의 토지와 건물의 형태를 제한하여 '바람 길' 을 만들고 신선한 공기를 끌어당기는 '바람 계획' 을 세웠다.

3. 미국 채터누가(Chattanooga)

1969 년에 환경보호국(EPA)은 채터누가시를 미국에서 대기오염이 가장 심한 곳으로 발표했다. 이를 바탕으로 시에서는 대기오염억제국을 설치하고 1972 년 10 월까지 각 공장에 배출가스를 억제하는 필터 장치를 의무적으로 설치하게 하는 등 대기오염 억제정책을 실시한다. 채터누가시의 모든 기업의 필터 부착과 노력으로 1990 년에는 환경보호국이 체크하는 모든 항목에서 규정수치를 달성할 수 있게 되었다. 1996 년 UN 으로부터 '환경과 경제발전을 양립시킨 도시' 로 상을 받은 것은 채터누가시의 시민,기업,행정이 하나 되어 노력하였기 때문이다.

4. 덴마크 코펜하겐의 크로스로드(Crossroads)

덴마크 크로스로드에서는 주요 건물을 인공수로와 연결하여 친수공간을 조성함에 따라 첨단 이미지의 건물을 친수공간과 대비시키고 있으며 수경요소를 강조하기 위해 선형의 인공수를 중심으로 건축물을 배치하고 있다. 이렇듯 환경친화적이며, IT 를 활용하여 에너지를 절감하고 환경을 보전하는 Eco City 패러다임으로 개발되고 있다.

EU 기금의 지원을 받는 IT-ECO 프로젝트로 설계되는 크로스로드의 건축물은 지하수활용 냉방, 이중외피, 운동센서에 의한 창문 및 차양 개폐, Solar Pane 활용 등 에너지 절감 건물로 계획되고 있다.

5. 브라질 꾸리찌바(Curitiba)

브라질 꾸리찌바시는 인간적이고 생태적인 도시 조건으로 전세계로부터 꿈의 도시, 희망의 도시라고 불리고 있다. 그렇지만 처음부터 꾸리찌바시가 생태도시였던 것은 아니었다. 1950 년대 급속한 인구증가, 환

경오염, 교통체증, 문화유적 훼손 등으로 심각한 위기를 겪은 바 있다. 편리한 대중교통체계, 보행자 천국, 충분한 녹지, 문화유산의 보전 등의 정책의 실천으로 꾸리찌바시는 30 여년의 노력 끝에 꿈의 도시라고 불리게 되었다. 꾸리찌바시는 선진국의 개발모형을 무조건 차용하지 않고 자체 도시의 실정 및 문화에 맞게 행정체계를 갖춘 걸로도 잘 알려져 있다.

본 논문에서 해외 생태도시 사례를 모두 기술하지 않았지만 전반적으로 해외 생태도시에서는 다음과 같은 공통적인 노력을 하고 있었다. 첫 단계로 생태조사를 통하여 도시의 지형에 따른 특성을 정리한다. 그 정리된 문서를 바탕으로 도시의 문제점을 파악하고 해당 도시의 한 구역이 아닌 전체로 하여 계획을 수립한다. 실행하고 있는 정책들을 살펴보면 도시의 행정계획, 기업의 지원, 시민의 노력이 하나로 합쳐져 시너지를 발하고 있다. 위의 5 개 생태도시에 대한 특징을 정리하면 <표 1>과 같다.

표 1. 해외 생태도시 사례

Table 1. The Examples of foreign ecology cities

도시	특징
영국 Leicester	생태조사에 근거한 생태지도작성 녹색네트워크 조성(공원녹지) 교통체계 개선 대체에너지 사용, 우수 활용 도시민 교육(EcoHouse)
독일 Stuttgart	분지 지형으로 대기순환 느낌 바람 계획(바람 길) 도입
미국 Chattanooga	공업지역으로 심각한 대기오염 생태공원(수족관) 조성 Park&Ride 방식 도입
덴마크 Crossroads	IT-Eco Project 친환경에너지, 환경친화적 자재 사용
브라질 Curitiba	편리한 대중교통 체계 구축 선진국보다 높은 녹지 비율
일본 Kitakyushu	일본 4대 공업지대였음 공장녹화협정:공장부지10%녹지화

해외 사례도시처럼 도시 전체를 재계획하여 바람 길, 물 길을 조성하고 신재생 에너지를 활성화 하는 것이 최선이지만 이미 개발된 기존 도시를 생태도시 계획에 의해 재정비한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 현재 우리나라는 환경보전, 기후보호의 기초단계라고 할 수 있는 에너지사용량조차 파악하지 못하고 있고 대부분의 지자체에서는 환경보전 관련한 대응 전담기구를 구성하는 계획을 세우는 단계기 때문에 아직 한국에서는 해외 사례도시에서 제안했던 방법의 적용이 어렵다.

개발된 기존 도시에서 적용할 수 있는 차선책으로 대기환경 모니터링 방법을 제안하고자 한다. 그렇지만 새롭게 개발되는 U-EcoCity에서는 해외 사례도시처럼

도시의 환경, 지형을 분석하고 그를 바탕으로 한 도시 계획에 입각해 도시를 건설해야 할 것이다.

**III. USN 응용서비스 현황**

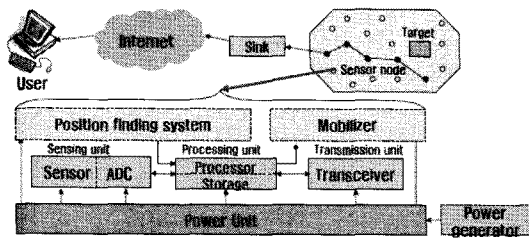
이동통신 기지국을 이용한 대기환경 모니터링 방법에 대한 설명에 앞서 먼저 USN 과 기지국(이동통신)에 대해 알아보려고 한다.

**1. Ubiquitous Sensor Network**

제한한 방법을 구성하는데 있어 적용되는 주요 기술은 Ubiquitous Sensor Network(이하 USN)기술이다. USN 은 어느 곳이나 부착된 태그와 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지, 저장, 가공하여 인터넷을 통해 전달하는 기술로 거의 모든 인간 생활에 활용하는 것을 목적으로 한다.

그림 1. USN 개요

Fig 1. The Introduction of USN



이와 같은 기술을 이용한 USN 서비스는 생활 전반에 다양하게 적용되고 있다.

표 2. 주요 USN 서비스

Table 2. The main USN services

분류	주요서비스
설비·교통	지상·하 시설물 관리 교통 안전·제어
유통·물류	유통·물류관리 서비스 식품인증·이력추적 서비스
환경	단위 환경 오염관리 환경 시설물 관리 재난·재해 관리
자동화·안전	건물 자동화·보안 서비스 주차장 자동 관리 서비스
생활·문화	문화재 관리 노약자·독거노인 서비스

<표 1>의 환경 관련 서비스에서는 센서를 통해 습득된 대기·수질 환경 데이터를 통해 환경 상태의 변화 등을 감지하고 오염 정도를 파악하여 발생 가능한 환경 문제를 해결할 수 있도록 조치를 취한다. 이 서비스는 생산 환경, 생활 환경의 모니터링과 재난·재해 관리 등으로도 응용될 수 있다.

**2. 이동통신 기지국**

1996 년 CDMA 상용화를 시작으로 올해로 이동통신이 도입된 지 12 년이 지났다. 길지 않은 기간이었지만

한국의 이동통신 분야는 눈부신 성장을 했고 세계 최고의 보급률을 자랑하고 있다. 오늘날 시간과 장소를 가리지 않고 휴대 전화의 이용이 가능한 것은 전국 각지에 많은 기지국이 설치되어 있기 때문이다.

기지국은 주로 단말기와 교환기 사이 통신을 담당하는 역할을 한다. 공간활용 적인 면에서 보았을 때 넓은 공간을 기지국으로만 사용하는 것은 설치비용에 대비하여 매우 비효율적이다. 이를 토대로 기지국을 활용한 대기환경 모니터링 방법을 소개하고자 한다.

**IV. 이동통신 기지국을 이용한 대기환경 모니터링**

도시계획 및 대기학에 근거하여 도시 주요지역의 기지국을 선정하여 센서를 부착한다[그림 2]. 센서로부터 측정된 센서데이터는 통합컨트롤러, 게이트웨이, 정보 수집서버를 거쳐 도시통합관제센터로 전달된다.

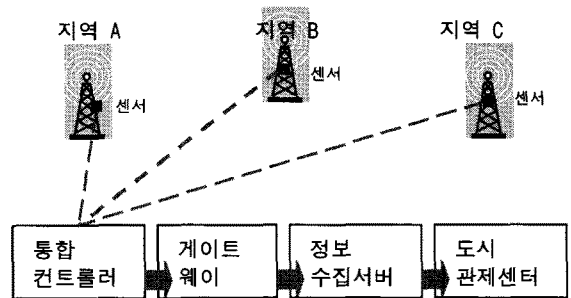


그림 2. 이동통신 기지국을 이용한 대기환경 모니터링  
Fig 2. A method for monitoring air pollution using base stations

여기에서 통합컨트롤러는 원격지에 설치된 다양한 종류와 규격을 가진 센서들의 데이터를 감시하고 계측하여 상위 게이트웨이로 정보를 전송한다. 게이트웨이는 수집된 데이터의 저장, 센서상태 및 실시간 센싱 데이터를 확인하여 데이터의 가공을 수행한다.

도시통합관제센터에서는 도시 공기상태를 다양한 네트워크를 통하여 도시민에게 전달할 수 있다. 도시(아파트) 홈페이지나 아파트 LCD 게시판을 통해 제공할 수 있고 도심 중앙에 있는 U-정보게시판을 활용할 수도 있다.

측정된 데이터는 도시 대기 오염도에 활용될 수 있다. 센서데이터 누적 수치를 통한 대기농도 변화량을 연구할 수 있고 데이터값을 공유하여 전국적인 대기오염 및 지구온난화 연구에 활용할 수 있다.

도시의 ITS(Intelligent Transport Systems)에도 활용될 수 있다. 이산화탄소 농도가 높은 도로에 대해 우회를 권장하는 교통정보를 제공할 수 있다. 또한 도시 대기농도 연구에 근거한 도시 계획을 세울 수 있고 도로 증설 및 건축물 허가시 활용 자료로 이용할 수 있다.

본 연구에서는 센서 부착위치를 기지국으로 한정하였는데 센서 부착위치를 다르게 하여 설치도 가능하다. 거주지역, 공원, 빌딩, 교육시설, 공장 인근 등 다양한 범위에 설치 할 수 있다. 이렇게 하면 센서를 부착

하기 위하여 높은 구조물을 별도로 세울 필요가 없어 설치비용을 줄일 수 있다.

**V. 결론**

전 세계의 도시는 생태도시를 패러다임으로 변화하고 있다. 그 어느 시대보다 환경에 대한 관심이 높다. 해외 사례 도시처럼 도시계획에서 건설까지 적용하는데 어려움이 있어 본 논문에서는 초기단계로 이동통신 기지국을 활용한 대기환경 모니터링 방안을 제안해 보았다. 이 방법은 실제 적용되고 있지 않는데 실제 활용이 되기 위해서는 법·제도의 검토를 포함한 준비과정이 필요하다.

제한한 방법에서는 높은 구조물을 별도로 세울 필요가 없기 때문에 설치비용을 줄일 수 있다. 취합된 데이터는 도시민에게 대기상태정보를 줄 수 있으며, 학계 DB 로도 사용이 가능하다. 향후 기지국뿐만 아니라 기타 도시구조물을 이용하여 보다 발전된 도시 대기 모니터링방법의 출현을 기대한다.

USN 서비스의 경우, 현재는 건물의 안전과 같은 공공의 목적, 생태계나 환경오염의 관측과 같은 과학적인 목적에 주로 응용 서비스 기술로 개발되고 있으나, 점차 대내 안전, 편리성 나아가서는 인간의 생체에 응용될 수 있는 상황 인지의 지능형 서비스로 발전할 것으로 예상된다. 다양한 센서네트워크 시스템에 적용하기 위해서는 저전력 센서 기술개발, 유연한 센서노드의 관리 및 확장성, 센서노드의 신뢰성 확보가 필수적이다.

이 연구를 통해 도시구조물을 이용한 환경오염 모니터링의 가능성을 살펴 볼 수 있었다.

**Acknowledgment**

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원 (06 국토정보 C01)에 의해 수행되었습니다.

**오 현 정**

2004년 충남대학교 정보통신공학부 졸업.  
2006년 2월 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업.  
2006~현재 KT인프라연구소 전임연구원  
관심분야는 U-City, 인프라 솔루션

**백 송 훈**

1985년 건국대학교 토목학과 졸업  
1987년 건국대 대학원 토목학과 졸업  
1991~현재 KT 인프라연구소 수석연구원  
2005년9월~현재 U-City 포럼 U-City 인증 Working Group  
관심분야는 U-City, 도시통합운영플랫폼, U-City 인프라

**참고문헌**

- [1] 김선진, 정우석, 박가람, 최연경, 김선중 “USN 응용서비스 동향,” 전자통신동향분석, vol. 22, pp. 58-66, 6, 2007.
- [2] 이규인, “생태도시생태주거,” 도서출판 발언, 2006
- [3] 이노우에토시히코, 스다 아키히사, “세계의 환경도시를 가다,” 사계절, 2007
- [4] <http://leicester.gov.uk>

**이 재 욱**

1994년 연세대학교 건축공학과 졸업  
1994년~1997년 대림산업 근무 (건축시공)  
2001년 University of Illinois at Urbana-Champaign 건축대학원 졸업 (M.Arch.)  
2006년 UC Berkeley 건축대학원 졸업 (Ph.D.)  
2007.1~현재 KT 인프라연구소 책임연구원  
관심분야는 U-City, 지능형공간, BIM (Building Information Model)