

가스 센서 어레이의 스마트 폰 응용에 관한 연구

論 文

9-4-4

A Study on the Application of Gas Sensor Array to Smart Phone

이 현 범*, 이 민 철*, 주 원 용*, 이 성 춘*

Hyun-Beom Lee, Min-Chul Lee, Weon-Yong Joo, and Seong-Choon Lee

Abstract

Gas sensor array can be widely applied to atmosphere environment, quality control of food, and medical fields etc. So for the commercialization and popularization of sensor technology, this paper looked into the method to provide users with general purpose smart phone and gas sensor array linked together. The reviewed system can detect unknown gas in the air and inform users using smart phone by arraying 8 kinds of common use gas sensor. This system is composed of the sensor module, communication module between sensor array and smart phone application software. In this paper, this prototype system demonstrate convincingly that the application of Gas sensor array to smart phone is a good outlook.

Keywords : 가스 센서 어레이, 스마트폰

I. 서 론

가스 센서 어레이는 하나의 센서 보드에 여러 개의 가스 센서들을 장착한 구조로 각 센서들로부터 감지된 데이터를 기반으로 패턴을 분석하여 미지의 가스를 검출 및 구분할 수 있다.

또한 스마트폰의 등장과 대중화로 이를 사용하는 사용자들에게 개인화된 다양한 서비스들이 개발되고 있다. 특히 스마트폰은 다양한 센서 디바이스들을 탑재하고 있으며, 센서의 종류 또한 다양화 되고 있어 이들 센서 데이터를 활용한 다양한 응용 어플리케이션이 개발되고 있다[1].

본 논문에서는 센서 기술의 실용화 및 대중화를 위해서 범용 장비인 스마트폰과 가스 센서 어레이를 연동하여 사용자에게 제공할 수 있는 서비스를 검토한다.

II. 관련 연구

1. 센서 어레이(Sensor Array)

하나의 센서만 가지고 여러 대상체들 중 하나의 대상체를 식별하거나 혹은 감지 대상체의 상태를 식별할 수 없는 경우가 있다. 예를 들어 향수의 냄새는 여러 종류의 기체들로 구성되는데 향수의 냄새를 가지고 향수의 종류를 식별해야 할 경우에는 하나의 기체 감지 센서만으로는 불충분하며 여러 종류의 기체들을 각각 감지하는 센서들이 필요하다. 센서 어레이는 하나의 센서 보드에 여러 개의 센서들을 장착하여 각 센서들로부터 감지된 데이터를 기반으로 여러 대상체들 중에서 하나의 대상체를 식별하거나 혹은 감지 대상체의 상태를 구별한다[2].

2. 모바일 환경에서 센서 플랫폼 응용 및 기술 동향

이와 함께 최근 주목받고 있는 스마트폰 등 모

접수일자 : 2010년 10월 05일

최종완료 : 2010년 12월 23일

*이현범 : KT 중앙연구소

교신저자, E-mail : hlee@kt.com

바일 환경에서 센서를 활용하고자 하는 다양한 연구 개발이 이뤄지고 있다. 주로 휴대용 센서 플랫폼의 구조를 제안하고, 그 동작 및 구현에 대해 기술하며, 향후 센서 플랫폼의 크기를 소형화하여 더욱 휴대하기 편리한 모델로 제공하는 것에 대한 내용이다. 또한 이를 장착 가능하도록 유연한 인터페이스를 제공함으로써 다양한 응용 서비스로의 활용 가능성이 주목받고 있다[3].

또한 센서네트워크의 이동성은 시간과 공간적 감지범위를 넓혀주는 동시에 환경의 동적변화에 대한 강인성을 높여주기 때문에 모바일 센서네트워크는 기존의 무선 센서네트워크가 활용되기 힘들었던 변화가 심한 비구조적 환경에서도 사용이 가능하다는 것이 확인되었다[4].

이에 본 연구에서는 고정 센서노드의 배치가 불가능한 환경에서 고감도 초소형 나노센서가 개발되어 상용화 되었을 때 이를 활용하여 사용자에게 제공할 수 있는 서비스를 프로토타입 센서 어레이 장치를 활용하여 가능성을 점검한다.

III. 제안 시스템

1. 시스템 구조

그림 1은 본 논문에서 검증한 스마트폰과 연동하는 가스 센서 어레이 시스템의 구조도를 나타낸 것이다.

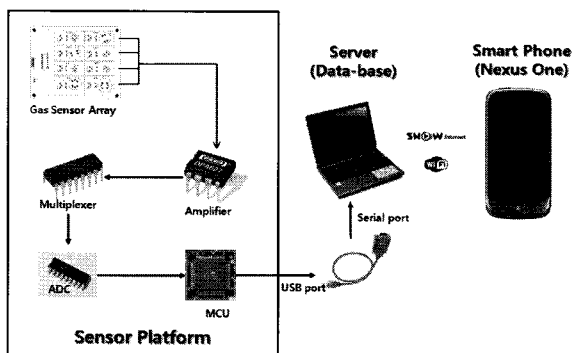


그림 1. 시스템 구조도
Fig. 1. System Structure

그림에서 보는 바와 같이 현재 구성된 시스템은 기존 상용센서를 집적하여 어레이를 구성하고, 이를 활용하여 스마트 폰과 연동함으로써 가스센서 어레이의 스마트폰 응용 가능성을 점검하는데 그 의미가 있다. 앞서 기술한 바와 같이 스마트폰

은 다양한 부가기능을 구현하기 위해 탑재되는 물리센서의 종류 및 수가 증가하고 있으며, 이미 전자기, 가속도, 조도, 변위 센서 등을 탑재하고 있고, 앞으로 다양한 종류의 센서가 추가 될 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 이의 하나로 가스센서의 응용가능성을 확인하기 위해 그림1의 시스템을 통해 기능성을 검증하는 작업을 진행하였으며, 이 부분이 본 논문에서 중점적으로 다루고자 검증한 부분이다. 향후 초소형, 고정밀 CNT 센서가 개발 완료되는 시점에는 스마트폰 내장 및 소형 착탈식 가스센서 모듈을 통해 상용화를 계획하고 있다.

실험한 가스 센서 어레이는 8종의 상용 가스 센서들로 구성되어 있으며, 각각의 센서에서 센싱한 아날로그 측정 데이터는 Amplifier, multiplexer를 거쳐 ADC에서 디지털 신호로 변환된다. 이후 MCU는 수신한 데이터를 USB port를 이용하여 서버로 전송하며, USB port를 Serial port로 변환해주는 케이블을 이용하여 센서 플랫폼에서 수신된 데이터를 서버로 전송한다. 서버에서는 기존에 반복 측정된 측정 데이터를 기반으로 각 물질에 대한 종류를 패턴 비교를 통해 구분하여 미지 가스의 종류를 판별한다. 서버에서 판별된 가스 정보는 WiFi를 통해 스마트폰으로 전송하여 사용자에게 알려주는 형태로 검증 시스템을 구성하였다.

2. 가스 센서 어레이

표 1은 가스 센서 어레이를 구성하고 있는 8종의 상용 가스 센서 종류를 나타낸 것이다.

TGS826은 암모니아 센서로 암모니아 가스에 높은 감도(sensitivity)를 가지고 있어 냉동 시스템의 암모니아 누출 감지, 농업 분야에서의 암모니아 검출과 같이 안전 관련 분야에서 사용된다. 암모니아 이외에 반응하는 물질은 Iso-butane, Hydrogen, Ethanol 등이 있다.

MQ-3은 알코올 센서로 알코올에 높은 감도를 가지며 벤젠에도 약간의 감도를 가지고 있어 음주 검사기에 사용된다. 알코올과 벤젠 이외에 반응하는 물질은 CH₄, Hexane, LPG, CO 등이 있다.

GSBT11은 휘발성유기화합물(VOC) 센서로 포름알데히드(Formaldehyde), 톨루엔(Toluene), 유기용제(Organic Solvent)와 같은 가스에 높은 감도를 가지고 있어 실내 오염공기를 피해 한계치 이하에서 감지가 가능 하도록 개발된 센서이다.

3가지 독성가스 이외에 반응하는 물질은 Smoke(HC), Alcohol(C₂H₅OH), Hydrogen(H₂), Butyl acid(C₅H₁₀O₂) 등이 있다.

GSLS61은 LPG/LNG 센서로 탄화수소(Hydrocarbon), LPG, LNG, 수소(Hydrogen)에 높은 감도를 가지고 있어 가스누설 경보용으로 사용된다. 4가지 기체 이외에 반응하는 물질은 Smoke, Alcohol, Butyl Acid 등이 있다[5].

표 1. 가스 센서의 종류

가스	센서모델	검출범위	측정방식
암모니아	TGS826	30~300 PPM	전기화학식
알코올	MQ-3	0.05~10 mg/L	전기화학식
VOC	GSBT11	1~1000 PPM	전기화학식
LPG/LNG	GSLS61	500~12500 PPM	전기화학식
CO	GSET11	10~1000 PPM	전기화학식
NO _x	GSNT11	0.1~10 PPM	전기화학식
O ₃	MiCS-2610	10~1000 PPB	전기화학식
Smoke	GSAP61	0.1-1000 PPM	전기화학식

GSET11은 일산화탄소(CO) 센서로 일산화탄소에 높은 감도를 가지고 있어 가정과 업소 등에서의 가스난로 및 보일러 사용과 주차장 등에서의 차량배기가스에서 발생하는 CO가스의 고감도 감지를 위해 개발된 센서이다. CO 이외에 반응하는 물질은 Smoke(HC), Alcohol(C₂H₅OH), Hydrogen(H₂), 부탄 등이 있다.

GSNT11은 질소산화물(NO_x) 센서로 일산화질소(NO)에 높은 감도를 가지고 있어 차량배기가스에서 주로 발생하는 NO_x가스의 고감도 감지토록 개발된 센서이다. NO_x 이외에 반응하는 물질은 Smoke(HC), Alcohol(C₂H₅OH), Hydrogen(H₂), Carbon Oxide(CO) 등이 있다.

MiCS-2610은 오존(O₃) 센서로 오존 가스에 높은 민감도를 가지고 있으며 오존은 호흡에 문제를 일으킬 수 있는 위험한 가스이기 때문에 실내의 오존 가스 검출에 사용된다.

GSAP61은 Smoke 센서로 탄화수소(Hydrocarbon), Smoke, 유기용제(Organic Solvent)에 높은 감도를 가지고 있어 실내 오염공기(담배연기, 연료용-LPG/NG, 유기용제 등)를 피해 한계치 이하에서 감지가 가능 하도록 개발된 센서이다. 위의 세가지 가스 이외에 반응하는 물질은 Methane, Butane, Tri-methylamine, Toluene 등이 있다.

IV. 구현 및 평가

1. 센서 어레이 동작 검증

앞 절에서 소개한 8개의 상용센서로 구성된 센서 어레이는 센서 어레이 모듈의 타겟 물질에 대한 반응 특성으로부터 다양한 물질을 감별해 내는데 구현 목적이 있다. 따라서 스마트폰과 연동을 진행하기 위해 앞서 센서 어레이의 성능을 이중의 기체를 구별하는 성능을 확인함으로써 검증한다.

본 논문에서는 아래 그림 2와 같이 센서 어레이를 이중의 양주시료에 노출함으로써 센서 어레이를 구성하는 상용센서의 동작특성을 확인하였다.

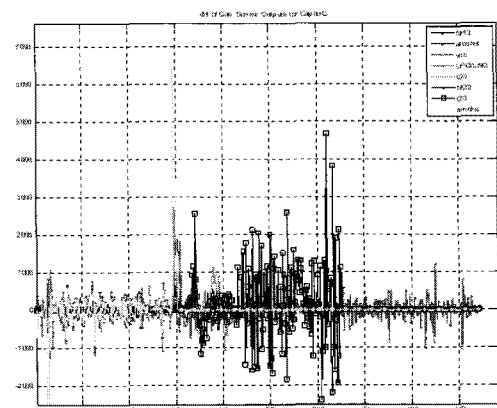
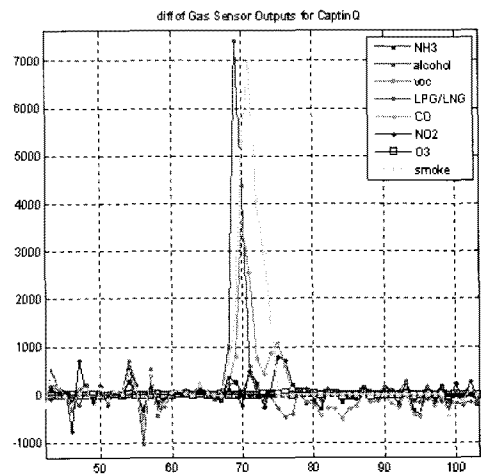


그림 2. 센서어레이 성능검증 (상)캡틴큐 (하)발렌타인
Fig. 2. Performance Verification of Sensor Array
(Top)Captain Q (Bottom)Valentine

실험결과를 보면 동일한 양주임에도 성분 조성에 따라 각 센서의 반응 패턴이 구별됨을 확인 할 수 있다. 이러한 센서어레이를 구성하는 개별 센서의 타겟 물질

에 따른 반응 패턴을 미리 저장해 둘 경우, 공기 중의 다양한 물질에 대한 구별이 가능함을 확인 할 수 있다.

2. 서버 어플리케이션 구현

그림 3은 가스 센서 어레이로부터 수신한 센서 데이터를 저장하고 패턴인식 기법을 이용하여 임의의 기체를 감지하기 위한 서버 응용 프로그램의 사용자 인터페이스 화면이다.

서버 어플리케이션은 가스 센서 어레이와의 통신 및 신호 패턴을 분석하기 위한 프로그램으로 가스 센서 어레이로부터 들어온 데이터를 저장하고, 이를 분석하여 대기 중의 임의의 가스를 검출하며, 판정 결과를 스마트폰으로 전송해주는 기능을 가진다.

테스트를 진행하기 위해서는 가스 센서 어레이와 서버를 serial cable로 연결해야 하며 서버 어플리케이션에서 serial port 번호와 전송속도를 설정해 주어야 한다. 실제 상용화 될 가스 센서 어레이는 서버와 스마트폰 간에 양방향 통신이 가능해야 하나, 테스트 환경에서는 단방향 통신으로 가스 센서 어레이에서 지속적으로 센싱한 데이터를 서버로 전송하며, 서버에서 스마트폰으로 결과를 전송하도록 구현하였다.

서버와 스마트폰은 Wi-Fi로 연결되며 서버에서 '서버동작' 버튼을 클릭하여 TCP/IP 통신을 위한 socket이 열리면 스마트폰에서 서버의 IP address를 입력하고 service를 동작시킴으로써 연결이 이루어지게 된다.

서버에 일정시간 누적된 데이터를 패턴인식 알고리즘에 따라 분석하여 감지하고자 하는 기체가 대기 중에 있다고 판단하였을 경우 스마트폰으로 전송한다.

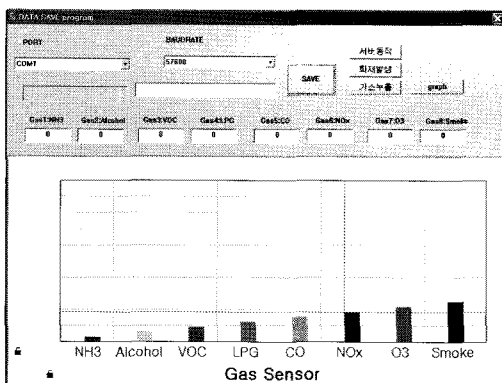


그림 3. 서버 어플리케이션
Fig. 3. Server application



그림 4. 스마트폰 어플리케이션
Fig. 4. Smart phone application

3. 스마트폰 어플리케이션 구현

그림 4는 서버로부터 데이터를 수신하여 감지된 기체를 사용자에게 알려주기 위한 스마트폰 어플리케이션이다.

서버의 socket이 열리면 해당 서버의 IP address를 입력하여 연결을 할 수 있으며, 서버와의 연결은 service를 통해 background로 동작하여 어플리케이션이 종료되어도 서버와의 연결은 유지된다. 서버와의 연결이 정상적으로 이루어지면 서비스 정보에 서비스의 이름과 서비스 상태, 서버 IP address가 갱신되며 이 정보는 내부 database에 저장되어 유지된다.

서버로부터 service를 통해서 데이터가 수신되면 수신된 데이터에 따라 해당하는 dialog창과 진동, 그리고 소리를 발생시키며, 해당 내용은 스마트폰 내부 database에 저장되어 어플리케이션의 검사기록 탭을 통해서 확인가능하다.

사용자의 혼란을 방지하기 위하여 서버로부터 10초 이내에 연속적으로 들어오는 데이터는 무시하도록 하였으며, dialog가 foreground에 있을 경우에도 무시하도록 하였다.

사용자에게 현 상황을 알려주기 위하여 사용자의 스마트폰이 무음모드로 설정되어 있더라도 일시적으로 무음모드를 해지하여 소리 및 진동을 발생시키도록 구현하였다.

4. 실험 시나리오

본 연구에서는 화재 및 재난 상황을 알려주기 위한 많은 경보 시스템이 구축되어 있음에도 불구하고, 그림 5와 같이 천연가스 버스 폭발사고 및 고층건물, 대형 숙박업소에서 다수의 사망자가 발생하는 화재 사건이 빈번하게 발생함에 따라 재난 상황을 효율적으로 감지하여 알려주는 개인

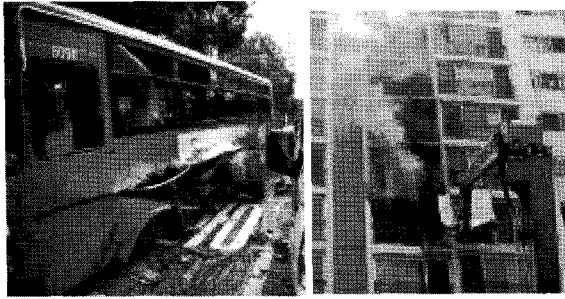


그림 5. 버스 폭발 사고(좌), 아파트 화재 사고(우)
 Fig. 5. Bus explosion(left), Apartment fire(right)

화 서비스에 관심을 가지게 되었다.

따라서 본 연구에서는 이러한 재난 상황을 감지하고 사용자에게 시각, 청각, 촉각으로 알려주는 서비스를 구현하였다. 구현된 서비스는 화재 및 가스 누출 상황을 알려주는 것으로 이에 맞는 패턴인식 알고리즘과 스마트폰 어플리케이션을 구현하였다. 그림 6은 화재 및 가스 누출 상황을 재현하기 위하여 사각의 아크릴 박스 안에 테스트용 가스 센서 어레이를 설치한 것이다. 실험을 위한 스마트폰은 안드로이드 기반의 넥서스 원을 이용하였으며, 서버는 Windows XP 기반의 노트북을 이용하였다.

실험은 그림과 같은 아크릴 박스에 반복적으로 가연성가스와 연기(화재감지기 검사용 smoke spray)를 노출하여, 판정결과가 일치하는지 확인하는 방식으로 진행되었다. 기본적으로 가스 센서는 측정물질에 노출된 후 초기화를 위해 일정 시간이 필요하여 서로 다른 가스 노출 시 중간에 약 1분간의 초기화 시간을 두었으며, 가연성 가스보다 산화질소류의 가스를 포함하고 있는 화재연기의 경우 상대적으로 더 긴 초기화 시간이 필요하였다.

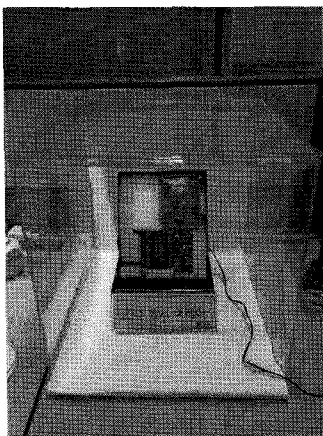


그림 6. 테스트 용 가스 센서 어레이
 Fig. 6. Gas sensor array for test

5. 평가

본 절에서는 가스 센서 어레이와 스마트폰을 연동하여 화재 및 가스 누출 상황을 사용자에게 알려주는 서비스를 실험 하였다.

실험 결과 가스센서 어레이를 활용하여 가연성 가스와 화재 시 발생하는 가스가 명확히 구분되어 판별 가능함을 확인 하였으며, 단 한차례의 오류 없이 미세한 가스 및 연기가 노출된 상황에서도 빠른 센서의 반응 및 정확한 패턴 인식 결과를 확인 할 수 있었다.

다만 본 실험은 밀폐된 아크릴 용기에서 미리 설정된 일정 값을 기준으로 주변 상황을 판별하도록 설정하여 이뤄졌기 때문에, 관련 서비스를 상용화하기 위해서는 보다 많은 반복실험을 통해 서로 다른 환경에서도 정확한 검출결과를 판정해 낼 수 있는 패턴정보를 획득하는 것이 필요하다. 특히 가스는 온도, 압력, 습도에 따라 그 특성이 변화하여 센서의 반응 정도에 큰 차이가 있기 때문에 이에 대한 고려가 필수적으로 반영되어야 한다.

V. 결 론

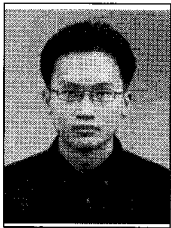
본 논문에서는 프로토타입 가스 센서 어레이를 활용하여 서로 다른 가스의 검출 및 구분이 가능함을 확인하였고, 간단한 스마트폰 어플리케이션을 개발하여 센서 어레이와 스마트폰 간의 연동 서비스 제공 가능성을 검증하였다.

추후 탄소나노튜브를 활용한 가스센서어레이와 같이 초소형, 고성능의 가스 센서 어레이가 양산될 경우, 스마트폰에 간단히 부착하여 다양한 분야의 응용 서비스 개발이 가능할 것으로 예상된다. 본 연구에서 검증한 재난 상황뿐만 아니라 최근 주목받고 있는 u-health, 유독물질 관리가 필요한 산업안전 및 환경 감시분야, 잔류 농약 및 식품 신선도와 관련된 식품 안전 분야 등에 적용 가능성이 매우 클 것으로 예상된다. 또한 가스센서 뿐만 아니라 바이오센서로 탄소나노튜브 센서 소자 기술이 확대 될 경우, 앞서 거론한 분야 이외의 타 분야로도 적용 범위가 더욱 확대 될 것으로 보인다.

[참고 문헌]

- [1] 허길, 양승국, 김미화, 이항진, 김제민, 최정희, 서은석, 박영택, 규칙기반 추론엔진을 이용한 스마트폰 상황인지 시스템, 학술발표논문집, Vol. 37, No. 2(C), 2010.
- [2] 김아람, 이승재, 김창화, 김상경, 박수현, 센서 어레이의 신호패턴 분류를 위한 각도 변이 기반 상태 천이 모델링 기법, 한국시물레이션학회 논문지 Vol. 15, No. 3, 2006.
- [3] 오성희, 모바일 센서네트워크의 필요성 및 연구 방향, 대한전자공학회 하계학술대회 제33권, 제1호, 2010.
- [4] 박성진, 이석, 김형석, 휴대단말 장착용 듀얼모드 무선 센서 플랫폼, 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol. 34, No. 1(D), 2007.
- [5] 구본현, 최효현, 손태식, 모바일 디바이스를 사용한 멀티센서 기반 스마트 센서 네트워크 설계 및 구현, 전자공학회논문지 제45권, TC편, 제5호, 2008.

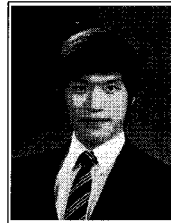
Biography



이 현 범

2004년 고려대학교 전기전자전파공학부 학사
 2006년 서울대학교 전기공학부 공학석사
 2006년~현재 KT 유무선네트워크전략본부
 <관심분야> Sensor Network, Smart Mobile, IMT-Advanced

<e-mail> hlee@kt.com



이 민 철

2011년 숭실대학교 컴퓨터학과 졸업예정
 2010년 KT 유무선네트워크연구소 인턴
 2011년 현재 팬택근무
 <관심분야> Sensor Network, Smart Mobile
 <e-mail> minddol@gmail.com



주 원 용

1986년 서울대학교 제어계측공학과 공학사
 1989년 KAIST 전기및전자공학과 공학석사
 2000년 KAIST 전기및전자공학과 공학박사
 1989년~현재 KT 유무선네트워크연구소
 <관심분야> WiFi, 스마트폰 응용
 <e-mail>wyojo@kt.com



이 성 춘

1982년 서울대학교 전자공학과 공학사
 1984년 서울대학교 전자공학과 공학석사
 2001년 서울대학교 전자공학과 공학박사
 1985년~ 현재 KT 유무선네트워크 연구소장
 <관심분야> WiBro, Femtocell, IP이동성, 모바일 멀티캐스트

<e-mail> lsc@kt.com