

유비쿼터스 환경에서 단거리 휴대형 잔류농약 검출 시스템에 관한 연구

이 양 선*, 조 성 언**, 강 도 옥*** 강 희 조***

* (주)휴메이트 기술연구소 H/W 연구팀

** 순천대학교 정보통신공학부

*** 목원대학교 컴퓨터공학부

A Study on the Short-range Portable Communication System for the detection of residual agrichemicals

Yang-Sun Lee*, Sung-Eon Cho**, Do-Wook Kang***, Heau-Jo Kang***

* H/W Research Team, R&D Center, Fumate Co., Ltd.

** Div. of Infomation & Communication Eng., National Suncheon Univ.

*** Div. of Computer Eng., Mokwon Univ.

E-mail : yslee@fumate.com

요 약

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서의 친환경 웰빙문화에 대한 소비자의 욕구를 충족 시킬 수 있는 단거리 통신 휴대 단말형 잔류농약 검출 시스템을 제안한다. 또한, 제안 시스템의 구성 및 개발을 위한 핵심 기술 사항에 관하여 기술하고 활용 가능한 응용분야에 관하여 소개하고자 한다.

1. 서론

현 시점에서 미래 농업의 발전 방향으로서 친환경적인 농업 경영이 제시되고 있고, 이런 관점에 맞추어서 농작물에 대한 농약 사용의 유해성이 심각하게 제기되어지고 있다. 일반적으로, 대부분의 농업 생산자들은 해충이나 질병으로부터 농산물을 보호하기 위해서 농약(살충제)을 살포하게 되는데, 최근 그 잔류 농약으로 인한 부작용이 많이 나타나면서, 농약을 전혀 뿌리지 않거나 잔류 농약이 기준치 이하로 적은 농산물이 인기를 끌고 있다.

그러나, 실제로 판매되고 있는 농산물의 잔류 농약이 기준치 이하인지 여부를 사용자가 알 수 없기 때문에, 정부에 검사를 의뢰하여 공식적인 발표가 있기 전까지는 믿을 수 없는 것이 현실인데, 현재 잔류 살충제 분석에 사용되는 방법은 시간이 오래 걸리고, 비용과 노동력이 많이 투입되는 한편, 검출률이 낮고 실험 비용이 많이 드는 단점이 있다. 따라서, 대부분의 소비자들은 제품에 표시된 설명을 믿을 수 밖에 없으며, 불안한 느낌이 들더라도 간편하게 확인해볼 수 있는 방법이 없는 문제점이 있었다.

현재 사용되는 농약 잔류량 측정은 고가의 장비들(GC, HPLC, GC-MS)을 사용하여 이뤄지고 있으나, 기기 1대당 1일 측정 가능한 시료의 수가 한정되어 있어 수많은 과채류 중에서 극히 일부분만을 측정할 수 있으며, 많은 시간과 기기 운영전문가가 요구된다.

따라서, 본 논문에서는 휴대하면서 간편하고 신속하게 과채류의 잔류농약 성분을 검출할 수 있는 단거리 휴대형 잔류농약 검출 시스템을 제안하고 제안한 시스템의 구성 및 응용분야에 관하여 서술한다.

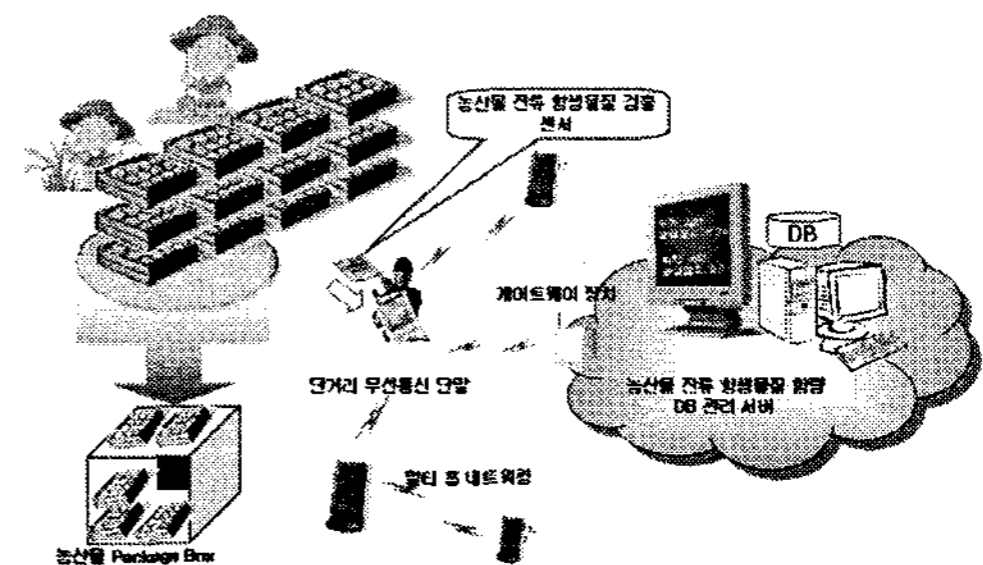


그림 1. 제안 시스템의 개념도

II. 단거리 휴대형 잔류농약 검출 시스템

1. 잔류농약 검출 동향

곤충의 아세틸콜린에스터라제(acetylcholinesterase, AChE)의 저해정도를 이용한 유기인계, 카바메이트계 농약의 정량방법은 신속하고 민감한 효소반응을 이용하는 방법으로 그 유용성이 증명되었으며(대만농업연구소, 1990), 특히 곤충의 AChE에 이들 농약이 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다(Francois, 1998). 유기인계나 카바메이트계 농약은 해충뿐만 아니라, 사람의 AChE도 직접적으로 저해하기 때문에 해충에서 나타나는 신경독성이 사람에게도 나타난다는 보고가 많으며, 환경 내에서의 반감기 역시 농약에 따라 수일-수십일 가량으로 보고되어 이들 농약의 농축 및 잔류문제는 인축에 큰 위해요인으로 작용한다. 현재 국내의 잔류 분석 작업은 그 자체의 규모가 너무 방대하고, 인력이 부족하기 때문에 어느 한 시기의 농산물 내에 있는 농약의 잔류량을 측정할 수 있었을 뿐 농약의 반감기나 작물의 상태를 고려하지 않은 결과를 초래하고 있다. 더욱이, 최근에 중국 등에서 수입되고 있는 각종 농수산물에서 고농도의 중금속 및 농약성분이 검출되고 있는 실태를 미연에 방지하고 대응할 수 있는 계기를 마련하여야 한다. 따라서, 잔류농약 분석의 효율성을 높이고 간편한 휴대용 검출키트 기술을 개발한다면 안전한 농산물을 소비자에게까지 공급할 수 있게 되는 효과를 얻을 수 있다.

2. 단거리 휴대형 잔류농약 검출 시스템

AChE 단백질을 이용한 잔류농약의 정량방법은 칩화가 가능하여 시간이 절약되고, 누구나 간편하게 측정할 수 있으므로 거의 무제한적인 수의 시료에 대하여 측정할 수 있으며, 허용기준을 초과하는 시료에 대해서만 정밀 분석하여 농약 분석비용의 절감효과를 거둘 수 있다[1],[2].

잔류농약 성분의 검출은 효소의 공급원에 따라서 민감성이 달라 측정 가능한 대상 농약이 다르기 때문에 농약과 민감하게 반응할 수 있는 AChE 공급원을 선별하여 대량 생산하여야 한다. 현재까지 개발된 잔류농약 측정 장치는 측정을 위한 소모성 효소를 전량 수입에 의존하고 있을 뿐만 아니라 측정대상농약이 약 20종류로 한정되어 있다. 또한 일반 소비자 또는 농민들이 사용하기에는 전문성이 요구되어 사용에 불편하며 검출 감도 역시 낮은 실정이다.

본 논문에서는 AChE 단백질을 이용한 개량효소 개발을 통한 다종의 잔류농약 및 독성 화학물질을 검출할 수 있는 저가형 유비쿼터스 극소형 생화학 센서와 센서로부터의 전기신호를 검출하기 위한 전기화학 검출장치, 전기화학 검출

장치로부터 잔류농약 성분 검출정보를 무선전송하기 위한 단거리 무선통신단말로 구성되는 단거리 휴대형 잔류농약 검출 시스템을 제안한다. 제안한 시스템의 구성은 그림 2와 같다.

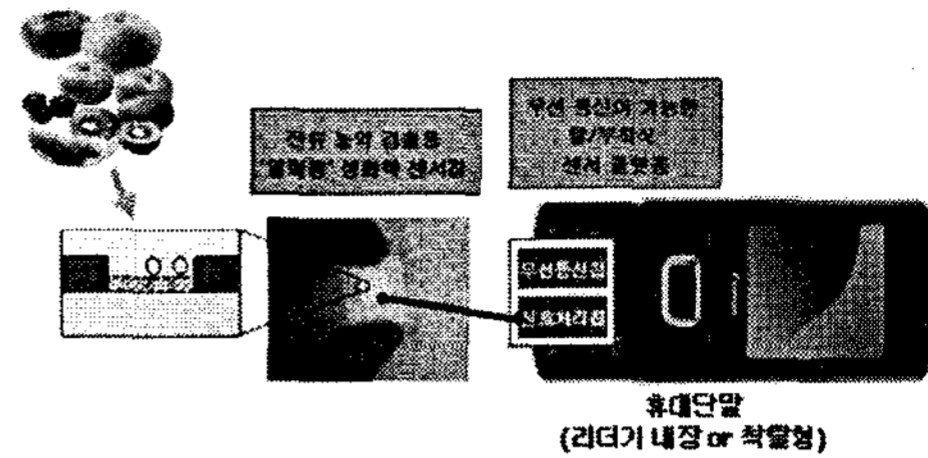


그림 2. 단거리 휴대형 잔류농약 검출 시스템 구성도

2.1 전기화학 검출센서

잔류농약 성분 추출을 위한 센서 구현은 CNT 전극기반의 생화학 센서 개발을 통해 검출한다. 본 연구를 통해 구현하고자 하는 센서기술은 유기인계나 카바메이트계 살충농약을 선택적으로 검출할 수 있는 개량된 효소를 개발하여 적용한다. 전기화학 검출센서는 전자의 이동이 매우 중요한 factor로 작용한다. 전자의 이동이 있어야만 sensitivity도 증가하고 여러 종류의 샘플사이에서 selectivity도 증가하게 된다. 효소반응에 의해서 product가 생겨날 때 electron donor 혹은 electron receptor가 있어야 하고 이러한 상태에서의 반응시 전자가 발생하거나 소멸되면서 전극에서 발생하는 전압과 전류의 차이정도에 의해 잔류농약의 함량을 확인할 수 있게된다 [1],[2].

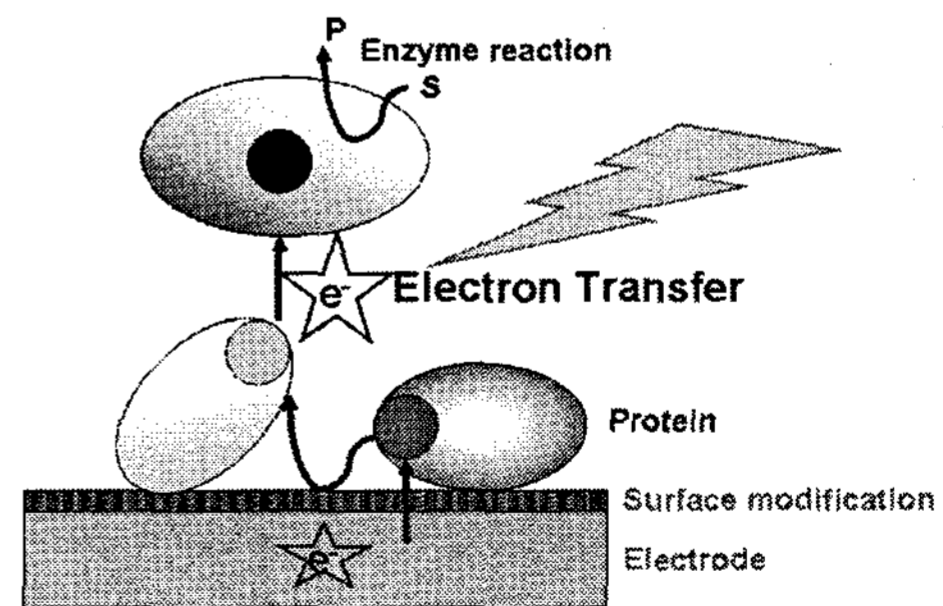


그림 3. 전기화학 검출센서의 검출 원리

2.2 전기화학 검출 장치

잔류농약 검출용 전기화학 검출장치는 크게 3가지로 나노 센서모듈(검출용 probe)와 작은 전기적 신호의 분석이 가능하도록 신호를 증폭하고, 노이즈를 제거하는 기능을 수행하는 아날로그 처리부, 검출신호를 사용자에게 유익한 정보가 되도록 처리하고 사용자에게 정보를 알려주는 기능을 수행하는 신호처리부로 구성된다.

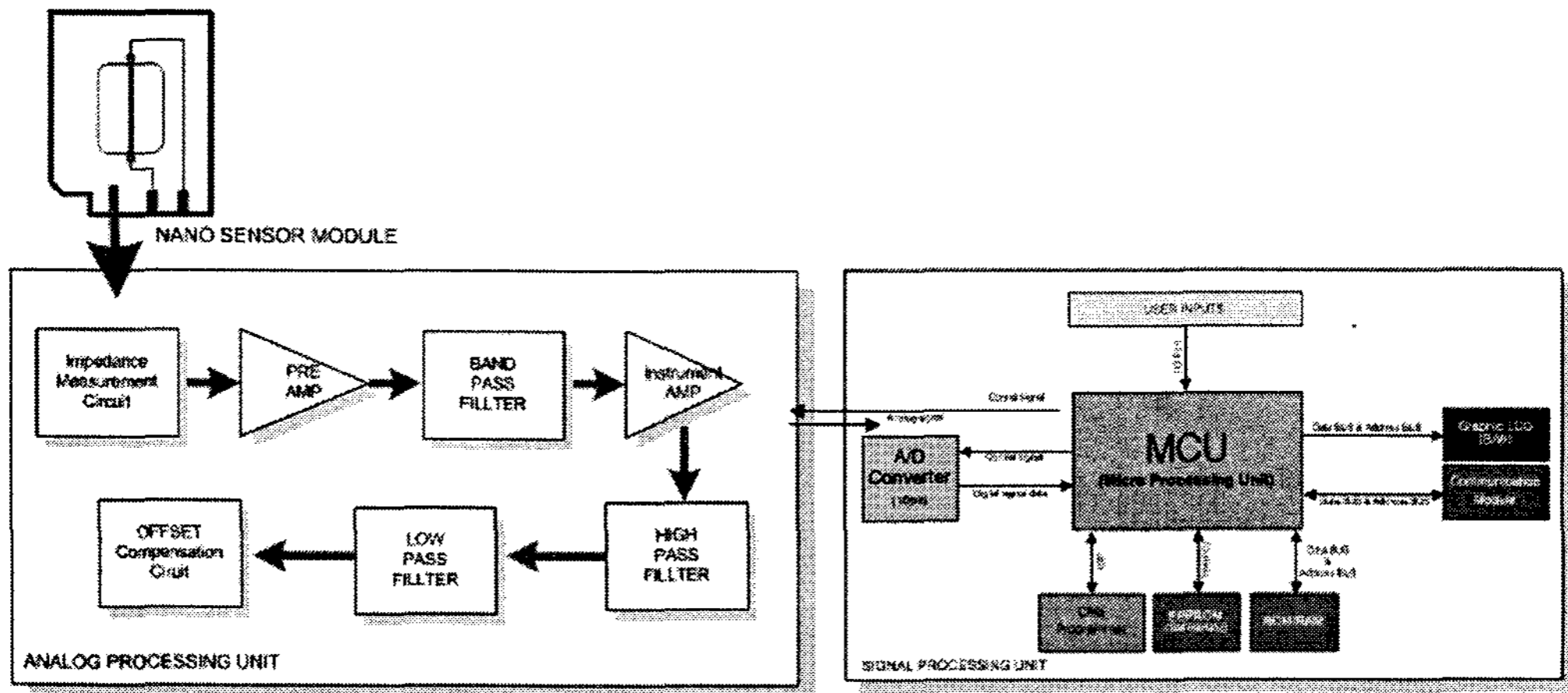


그림 4. 잔류농약 검출용 전기화학 검출장치 구성도

2.3 단거리 무선통신 장치 구조

단거리 무선통신 장치는 단거리 네트워킹을 위한 저전력 멀티 홉 라우팅 알고리즘 구조와 라우팅 프로토콜과 상호작용으로 신뢰성 및 전력 소모량을 고려한 MAC 알고리즘, 잔류농약 검출정보를 전송하기 위한 단거리 무선 통신용 모뎀으로 구성된다. 개략적인 계층적 구조는 그림 5와 같다[3].

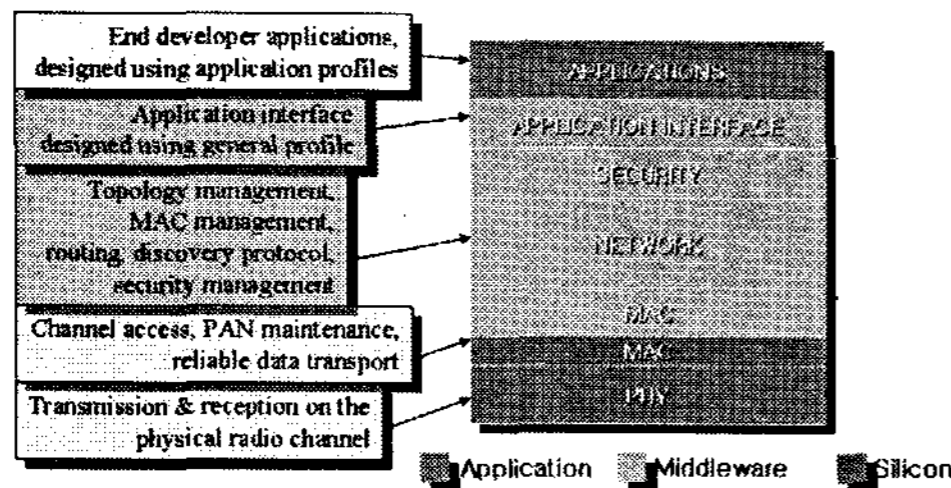


그림 5. 단거리 무선통신을 위한 계층적 구조

III. 응용분야 및 기대효과

1. 응용분야

향후 정보-지식-지능화 사회는 이동서비스의 보편화, 광역화를 통한 지식정보사회의 구현, 이동중에 지속적인 서비스 제공, 사회 경제활동을 시간, 장소, 대상 등에 구애받지 않고 수행하는 환경이 요구될 것이다. 따라서, 본 연구를 통하여 개발되어지는 휴대단말 잔류농약 검출 시스템은 단거리 통신 뿐만 아니라 이동통신망과의 연동을 통하여 수요자의 요구를 충족시킬수 있는 모바일 통신망을 통한 잔류농약 유해여부 확인 서비스로도 응용이 가능할 것이다.

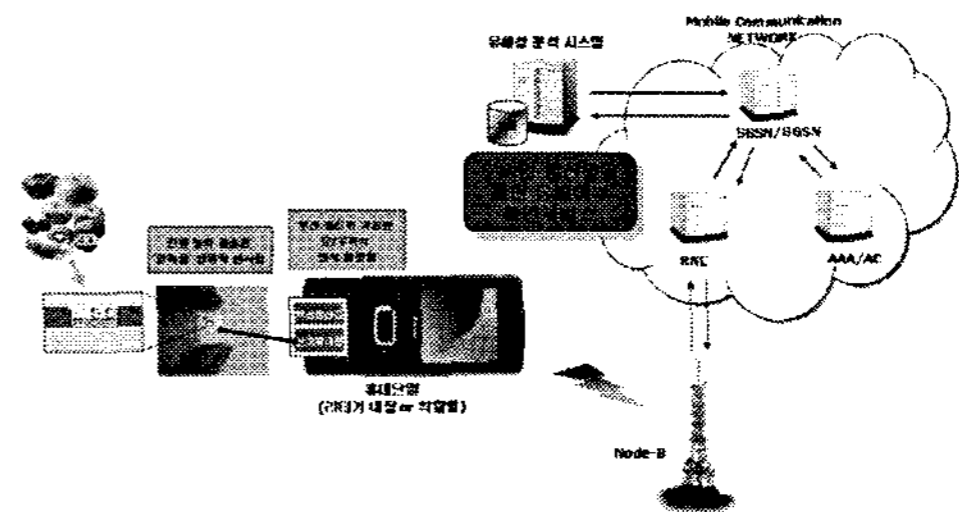


그림 6. 모바일 통신망을 이용한 잔류농약 유해여부 확인 서비스

이 외에도 u-헬스케어 분야의 적용과 산업/연구용 분석장치의 개발로도 그 응용이 충분히 예상된다.

2. 기대효과

2.1 경제적 측면

컴퓨터의 보급, 인터넷의 발달에 따라 도래하는 사이버, 정각(正覺) 사회를 맞아 사이버마켓, 사이버 월드를 통한 글로벌마켓, 글로벌화한 원마켓의 시대로 접어들고 있다. 이에 따라, 얼굴 없는 마케팅과 유통이 성행하고 있으며 상호신뢰를 바탕으로 할 수 있는 매개체의 개발요구가 절실해지고 있다. 가장 확실한 방법으로서 소비자 또는 중간 유통업자가 직접 공급되는 상품을 검증할 수 있는 시스템의 확충이라고 할 수 있다. 유통되고 있는 농산물의 잔류된 농약의 정량에 대한 분석을 휴대통신을 이용하여 쉽게 검증할 수 있다면 이들 시장에서의 신뢰감이 형성되어 농약으로 인해 발생할 수 있는 국민건강에 대한 관리와 허용치 위반 농산물에 대한 단속에 소요되는 제반비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 대형화 상품의 품질우수성 보장효과와 새로운 농산물 모니터링 제반 사업으로의 도입효과

를 가져올 수 있다. 이러한 여러 현상들로 인해 경제적으로 안정화되고 품격있는 고부가가치상품이 연간 약 20% 창출될 것으로 전망된다.

2.2 사회적 측면

해외로부터 농산물이 수입되면서 수확후 농약 처리를 걱정하지 않을 수 없다. 또 근래 다이옥신 오염과동, 환경호르몬 잔류농약 검출, 유전자 조작 농산물 및 식품 수입, 광우병과 구제역 파동 등 각종 수입농산물에 대한 사회적 불신이 팽배해지고 있다. 그리고 국내 농산물도 화학비료와 농약 등 합성화학물질이 다량 사용되어 맛과 영양가치가 떨어지고 그 안전성도 크게 우려되고 있다. 그리고 각종 먹을거리를 둘러싼 사회적인 불신이 팽배한 가운데 안전한 먹을거리, 즉 친환경농산물에 대한 소비자의 의식과 요구가 크게 높아지고 있다. 이런 상황 속에서 친환경농업을 실천하는 생산자와 그 재배면적이 늘어나면서 친환경농산물의 유통량도 계속 늘어나고 있다. 그러나 친환경농산물에 대한 신뢰성, 가격, 이용 편의성 등의 문제점이 여전히 상존하고 있는 것이 사실이다.

따라서, 국가적으로 전 국민의 보건복지에 결정적인 취약점으로서 누구나 쉽게 잔류농약의 정량화를 구현할 수 있게 하는 기술개발은 해결해야 하는 우선 과제임에 틀림없다. 본 연구를 통해 위에서 기재한 문제점들을 해결할 수 있다면 잔류농약 검출센서를 각 유통, 생산, 소비단계에 보급이 가능하고 유기인계 및 카바메이트계 농약의 잔류량을 신속, 저렴하게 측정할 수 있게 된다. 따라서, 자신이 현재 먹고 있는 음식의 유해성을 시간과 장소에 구애받지 않고 검증할 수 있으므로 식재료인 농산물의 생산자가 자신있게 생산할 수 있고 이를 바탕으로 소비자나 사용자가 신뢰할 수 있는 사회적 농산물유통문화의 확산이 기대된다.

2.3 기술적 측면

현재까지 특정 농약성분과 신속하게 반응을 일으킬 수 있는 효소 개발이 대부분 외국에서 이루어졌으며, 많은 경우 실험실 수준에서 실시되고 있어 실제 현장에서 간단하게 검출할 수 있는 시스템에 대한 연구가 미비하다. 본 연구를 통해 시료의 전처리부터 결과 분석까지의 최적화가 가능하고, 휴대용 잔류농약 검출 시스템의 국산화가 가능하게 된다. 또한 샘플의 처리, 신호의 검출 및 증폭 기술에서도 외국의 선진기술을 극복할 수 있다. 향후, 효소가 고정된 마이크로 칩만 교체하면 동일 시스템으로 다른 오염물질의 농도를 측정할 수 있는 시스템으로 다양하게 활용할 수 있으며, 바이오 또는 화학 공정 상에서 특정 물질의 농도 측정이 실시간으로 가능하게 될 것이다. 또한, 본 시스템은 향후 환경부 지정 농작물 잔류허용 기준 대상 48종, 수질 잔류농약 분석 대상 14종의 대부분이 측정 가능할

것으로 예상된다.

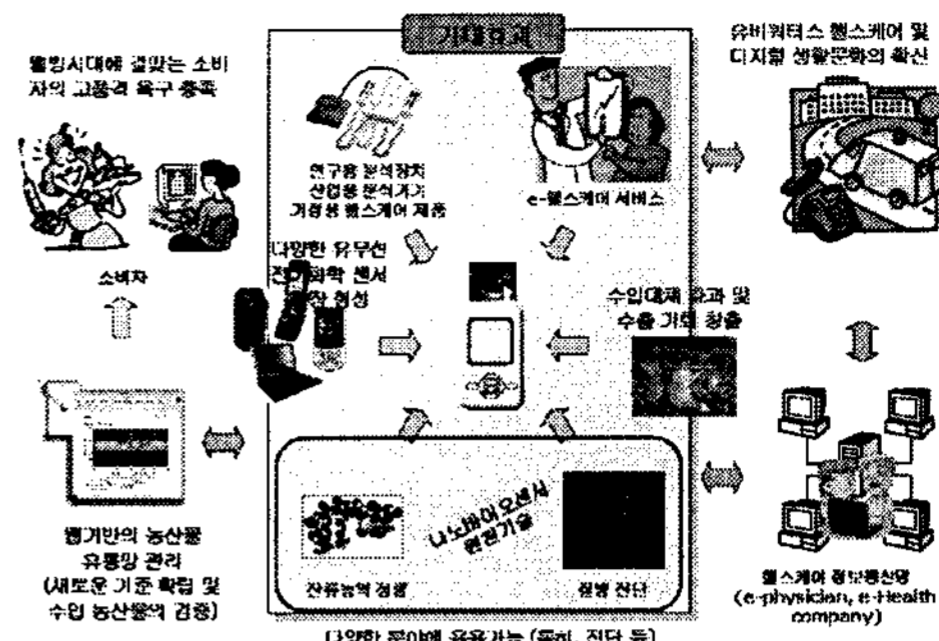


그림 7. 응용분야 및 기대효과

IV. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서의 친환경 웰빙문화에 대한 소비자의 욕구를 충족 시킬 수 있는 단거리 통신 휴대 단말형 잔류농약 검출 시스템을 제안하였다. 전 세계적으로 잔류농약이 검출되는 농산물은 규제 대상으로 교역대상에서 제외시키고 있다. 따라서, 잔류농약량의 검사대상 시료의 수를 늘려 보다 정확한 잔류량을 측정하여 안전한 우리농산물에 대한 대외신뢰도와 경쟁력을 높일 수 있게 될 것이고, 수입농산물에서도 시료의 수를 늘려 더 확실한 수입규제를 할 수 있게 될 것이다. 따라서, 본 연구를 통하여 잔류농약검출시스템의 휴대가 가능해 진다면 우리나라 전반에 걸쳐 정보통신분야의 또 다른 도약의 계기가 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-046-01, 휴대단말용 잔류농약 검출 생화학 센서 시스템 개발]

VI. 참고문헌

- [1] 이상엽 외 7명, "전도성 탄소나노튜브를 이용한 바이오 센서 및 그 제조방법," 대한민국 등록특허 제525764호, 2005. 10.
- [2] 이상엽 외 8명, "금속 결합 단백질을 이용한 바이오-금속 칩 및 그 제조방법," 대한민국 공개특허 제2006-0052436호, 2006. 5.
- [3] O. Younis and S. Fahmy, "Distributed Clustering in Ad-hoc Sensor Networks: A Hybrid, Energy-Efficient Approach," Proc. of IEEE INFOCOM 2004, 2004.