

u-ICT기술의 가축분뇨 통합관리 시스템 적용방안 연구 - 액비화 요소를 중심으로 -

구지희 · 정태웅* · 조진현** · 이상락**

건국대학교 신기술융합학과, 건국대학교 동물생명과학대학

A Study on the Application of an Integrated Livestock Manure Management System Using u-ICT

- Focusing on liquid fertilization -

Koo, J. H., Jung, T. W.*, Jo, J. H.** and Lee, S. R.**

Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Summary

To prevent the inappropriate treatment of livestock manure and induce the correct circulation of them into farmland, systematic monitoring and management by the treatment and circulation stage of livestock manure are required. The purpose of this study was to apply ubiquitous information communication technology (u-ICT) to a livestock waste management system for better treatment by utilizing ubiquitous computing technology in the livestock sector. Elements and levels of applicable u-ICT technology for efficient livestock manure management were derived by analyzing previous researches. In addition, a conceptual diagram of an integrated management system was suggested by analyzing the existing liquid fertilization process.

(Key words : Livestock manure, Integrated management system, u-ICT, Liquid fertilization)

서 론

국내 가축분뇨 총 발생량은 2008년도 통계 자료 기준으로 17만 축산농가에서 연 4천2백 만톤이 발생하며, 소(44.1%)와 돼지(39.6%)의 분뇨가 대부분이다. 가축분뇨 발생량은 국내 폐수 발생량의 0.6% 정도이지만 수질오염에 미치는 영향은 26%(BOD 기준) 규모 정도로 매우 큰 영향을 미친다.

가축분뇨 처리는 자원화, 정화처리, 해양배출 등이 있는데 2008년도 통계자료에 의하면

이중 85%가 퇴·액비로 자원화되고 정화방류 등을 제외한 약 150만톤(3.5%)이 해양배출 되고 있다.

정부에서는 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」을 제정('06. 9)하여 가축분뇨 자원화를 위한 제도적 기반을 마련하여, 가축분뇨를 폐기물이 아니라 자원 개념으로 정책방향을 전환하였다. 가축분뇨의 정확한 처리를 위한 정부의 다양하고 강력한 지원에도 불구하고 가축분뇨의 해양투기 근절이 이루어지지 않는데, 이는 가축분뇨의 발생에서부터 처리

* 건국대학교 신기술융합학과 (Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk University)

** 건국대학교 동물생명과학대학 (Faculty of Animal Life Science, Konkuk University)

Corresponding author : Jee-Hee Koo, Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea. Tel: 02-457-7697, E-mail: koojeehee@gmail.com

2012년 11월 17일 투고, 2012년 12월 3일 심사완료, 2012년 12월 6일 게재확정

및 농지살포 등의 순환체계가 제대로 작동하지 않은 것에 기인하는 것으로 분석된다.

가축분뇨의 부적정 처리를 방지하고 농지로의 정확한 순환을 유도하기 위해서는 가축분뇨의 처리 및 순환 단계별로 체계적인 모니터링과 관리가 요구된다. 이를 위해서는 가축분뇨의 처리 및 순환 단계별로 중점관리요소를 도출하고, 각 중점관리요소를 모니터링할 수 있는 기술과 모니터링 된 중점관리요소의 정보를 분석, 통합하는 기술을 개발하여, 가축분뇨 처리 및 순환 주체에 대하여 그 정보와 대처방법을 제공함과 동시에 지역 및 국가 단위의 관리망에 정보를 전파하는 시스템의 구축이 필요하다.

연구동향

1. 축산 유비쿼터스 기술동향

가. 국내 연구동향

가축분뇨관련 국내연구로는 가축분뇨 처리 시설 정보화 필요성 제시연구, 가축분뇨 유통관련 정보화 통합관리 필요성 제시연구, 센서 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구, 유비쿼터스 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구, GIS 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구, 가축분뇨 처리 및 유통관련 정보서비스 운영 사례 등이 있다.

가축분뇨관리 정보화 체계의 필요성을 언급한 사례로 대전발전연구원은 가축분뇨관리 기본계획 수립에 관한 정책연구(이재근, 2009)를 통해 대전시가 가축분뇨공공처리시설의 운영현황 등을 전산화하고 이를 즉각적으로 활용할 수 있는 정보 상시 이용체계의 구축을 제안하였다. 또한, 김 등(2007)은 농림분야의 기후변화협약 대응방안 중, 온실가스 감축수단으로서 퇴액비 살포기준 및 사육밀도 규제 등의 규제조치, 자원순환형 마을관리를 위한 자발적 협약유도 및 관련 모니터

링 정보에 대한 제공을 중요한 요소로 제시하였다.

유통관련 정보화 체계의 필요성은 이미 가축분뇨 처리시설이 보급되기 이전에도 제기되었는데 유와 정(1996)은 특히, 가축분뇨비료 시장의 활성화 방안으로서 유통센터 및 정보센터의 설치·운영을 우선적으로 제시하였다.

센서 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구는 가동 중인 축산폐수 공동처리장내에 시험용 SBR(Sequencing Batch Reactor)를 설치하고 여기에 ORP(Oxidation Reduction Potential), pH 및 DO(Dissolved Oxygen)의 3가지 센서를 부착, 폐수처리 중 화학적 변화를 원격지에서 모니터링 하고 반응조의 폭기 발생 및 휴지시간을 제어하는 실증적 연구도 수행된 바 있다.

유비쿼터스 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구로는 RFID(Radio Frequency Identification)를 활용한 연구가 있는데, 유비쿼터스를 활용한 서비스 모델창출에 관한 전과 조(2004)의 연구에 따르면 2002년에 개체식별용 RFID가 500만개 보급되었고 세계적인 광우병 파동으로 2007년에는 1,000만개의 동물용 RFID 칩 시장이 형성될 것으로 전망하기도 하였다. 김 등(2004)은 RFID 기술동향 및 농업에의 적용에 관한 연구에서 현재에도 널리 보급되어 있는 바코드 기술을 대체할 요소기술로 RFID를 제안하고 농·축산업분야에 적용성 검토와 특히, 온실재배 시 재배시설의 정보수집 및 제어관리에의 활용여부를 검토한 바 있다.

GIS(Geographic Information System) 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구로는 안동댐으로 유입되는 역계천 유역을 대상으로 데스크탑 기반의 GIS 기술을 이용하여 소유역별 오염물질 배출분석을 수행한 바 있으며(최 등, 2008). 그 밖에 가축분뇨와 관련하여 Web 또는 Mobile 기반 GIS 기술 적용에 관한 사례 연구는 수행된 바 없다.

가축분뇨 처리 및 유통 관련 정보서비스

운영사례로는 현재, 운영 중인 가축분뇨 관련 정보시스템으로는 국립축산과학원의 ‘가축분뇨 종합정보시스템’이 있으며 자료실 및 산업체 소개와 같은 일반적인 홈페이지의 기능 외에 처리시설별 규모 및 분뇨배설량을 실시간으로 산출하는 기능이 제공된다. 최근 경기도 파주의 젓소농장의 경우는 적외선 센서와 스마트폰을 이용한 관리시스템을 운영하기 시작하였다는 보도(YTN뉴스, 2010)는 고무적인 사건이다. 그러나 대부분 친환경 유기질비료를 생산하는 업체별로 인터넷 쇼핑몰을 운영하고 자사 홈페이지에서 간략한 제품정보를 소개하는 수준이다.

나. 국외 연구동향

국외 가축분뇨 관련 연구사례는 센서 기술을 활용한 가축분뇨 연구, 유비쿼터스 기술을 활용한 가축분뇨 연구, GIS 기술을 활용한 가축분뇨 연구, 가축분뇨 처리 및 유통관련 정보서비스 운영사례 등이 있다.

실증적인 센서기술 관련 연구로서는 실제 운영 중인 계사에서 Xin 등(2003)이 자체 개발한 휴대용 암모니아 및 이산화탄소 농도 측정 센서를 계사 내 환기설비의 작동시간을 달리하면서 기존의 암모니아 감지용 화학발광 분석기기와 동시에 측정, 그 결과를 비교하는 것이 있다.

유비쿼터스 기술을 활용한 가축분뇨 관련 연구로는 일반적인 수준의 유비쿼터스 기술의 원리 및 응용에 대해 정리한 연구들은 다수 수행되었으나(Zhekun 등, 2004; Knospe와 Pohl, 2004) 가축분뇨의 처리에 특화된 연구는 발표된 바 없는 것으로 판단된다. 또한, 사회적 인프라가 열악한 개발도상국으로서 태국의 축산분야에 RFID 기술을 적용할 때의 문제점들을 도출한 연구(Ketprom 등, 2007)가 우리의 축산환경을 감안하면 다소간 검토의 대상으로 사료된다.

국내외 연구현황을 비교하면, 농수산식품

분야에서 다양한 시범사업들이 진행되었고, 가축분뇨 관리 분야에서도 유비쿼터스 기술을 적용한 연구, GIS 기반의 관리시스템 구축연구 등은 진행된 바 있으며, 모바일 GIS 기술을 활용한 연구는 아직 부족한 것으로 사료되어 GIS 기반의 u-ICT(Ubiquitous Information Communication Technology) 가축분뇨 통합관리체계를 구축하고, 모바일 GIS 기술, 특히 스마트폰을 활용한 활용시스템 까지 확장성을 부여하면, 사용하기 편리한 시스템이 될 것이다.

축산분뇨 통합관리 시스템 적용 요소 도출

1. 가축분뇨 관리현황

소, 돼지, 닭 등에서 발생하는 가축분뇨는 다양한 방법으로 자원화(퇴비, 액비) 또는 정화방류, 에너지화 등으로 활용되고 있다. 이러한 다양한 관리유형을 발생단계, 처리단계, 순환단계, 관리단계로 크게 구분할 수 있다.

가축분뇨의 발생단계의 처리유형은 축사구조에 의해 구분되며, 그 정상과 분뇨 분리, 수분함량, 수분조절제의 포함여부 등에 따라 이미 이후 어떤 처리과정을 거쳐야 할 것인지에 대한 상당한 처리 및 순환단계의 차이를 나타내게 된다.

가축분뇨 처리단계는 가축분뇨 발생·처리·순환단계 중 가장 중요한 과정이며, 기술적인 관리요소들이 가장 많이 적용되는 단계이다. 처리유형은 일반적으로 퇴비화, 액비화, 정화방류, 기타 방식 등으로 구분되며 본 연구에서는 최근 상당한 비중을 차지하고 이후 더욱 비중이 높아질 것으로 예상되는 위탁 및 공공·공동처리를 구분하였다.

가축분뇨 순환단계에서는 전체 가축에서 발생된 분뇨는 대부분 퇴비·액비로 자원화되고 있으며 연간 약 40,286천 톤으로 자원화 비율이 86.6%를 차지하고 있다. 특히 한·육

Table 1. Classification of treatment and circulation types of livestock manure

항 목	발생단계	처리단계	순환단계	관리단계
구 분	<ul style="list-style-type: none"> - 슬러리 - 스크레파 - 톱밥축사 - 평사 	<ul style="list-style-type: none"> - 퇴비화 - 액비화 - 정화방류 - 에너지화 (바이오가스화) 	<ul style="list-style-type: none"> - 논(벼) - 발작물 - 사료작물 - 시설원예 - 기타 	<ul style="list-style-type: none"> - 개별농가 관리체계 - 지자체 관리체계 - 국가관리체계

우 및 닭, 기타 가축, 젓소 등 돼지를 제외한 대부분 가축의 분뇨는 퇴비로 활용되고 있어 퇴비의 비중이 가장 높다. 가축분뇨 관리는 현행 ‘가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률’을 비롯하여 환경부, 국토해양부, 농촌진흥청 등 다양한 부처 및 기관에서 법률 및 제도로써 시행하고 있다.

2. 처리단계 중 액비화의 주요 관리요소

가축분뇨는 가축이 배설하는 분, 요 및 가축 사육과정에서 사용된 물 등이 분, 요에 섞인 것을 말한다. 액비라 함은 가축분뇨를 액체상으로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질을 말하는데, 액비화는 가축분뇨를 액비로 만드는 과정이다.

기존의 가축분뇨 액비화 과정은 그림 1과 같은 단계를 거쳐서 이루어졌다. 축사에서 발생한 분뇨가 저장조에서 수집되어 호기액

비화조를 통해서 발효되어서 다시 저장조에 저장되었다가 반출되는 단계이다.

3. 액비화 시설의 u-ICT기술 적용 요소

본 연구에서는 최근 대부분 액비 생산에 이용되고 있고 가축분뇨 자원화 표준설계도(농림식품부)에 수록되어 있는 호기성 발효 액비화 시스템을 표준방식으로 선정하고, 이에 대한 u-ICT 적용 검토 관리요소의 위치와 항목을 제시하였다. 유입단계, 고액분리 단계, 폭기단계, 액비단계 4가지 단계로 구분하여 적용 요소를 구분한 것은 다음 표 2와 같다.

액비화 과정에서 관리되던 기존의 관리요소는 BOD, SS, T-N, T-P, 체류시간, 색도였는데, 본 연구에서 유비쿼터스 기술을 적용하면서 관리할 수 있는 관리요소로는 기존의 관리요소 외에 ORP, PH, 산소공급량, 온도, COD, DO가 추가적으로 관리될 수 있는 것

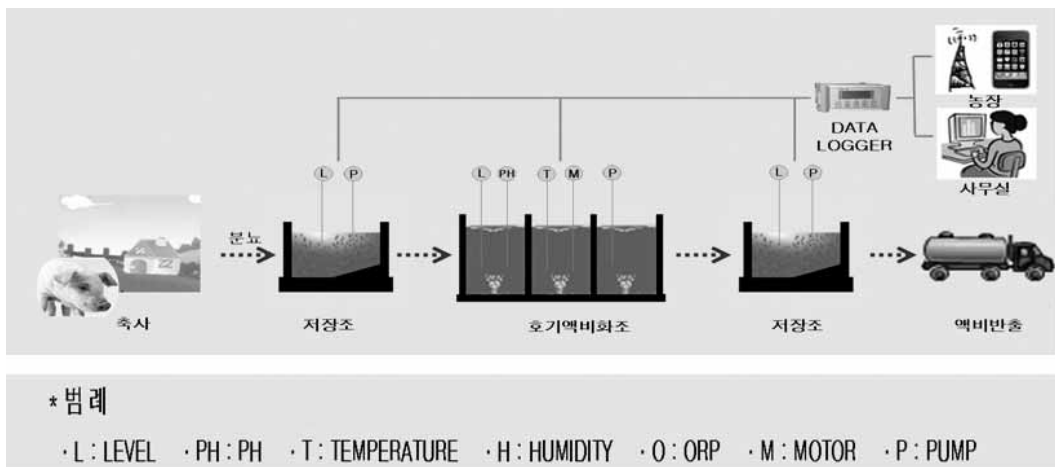


Fig. 1. Treatment stage of liquid fertilization.

Table 2. u-ICT implementation elements by process level of liquid fertilization

구 분	u-ICT 적용 검토 관리요소	비 고
유입단계	유량, BOD, COD, SS, pH, T-N, T-P	7개 요소
고액분리단계	유량, BOD, COD, SS, pH, T-N, T-P	7개 요소
폭기단계	ORP, pH, DO, 온도, 유량(용량), 공기주입량, 체류시간(HRT), 탁도	8개 요소
액비단계	T-N, T-P, ORP, pH, DO, 온도	6개 요소
합 계		총 28개 요소

으로 도출하였다.

4. 가축분뇨 통합관리 시스템 개념도

가축분뇨의 부적정 처리를 방지하고 농지로의 정확한 순환을 유도하기 위해서는 가축분뇨의 처리 및 순환 단계별로 체계적인 모니터링과 관리가 요구되며, 이를 위해서는 가축분뇨의 처리 및 순환단계별로 중점관리요소를 도출하고, 각 중점관리요소를 모니터링 할 수 있는 기술과 모니터링 된 중점관리요소의 정보를 분석, 통합하는 기술을 개발하여, 가축분뇨 처리 및 순환 주체에 대하여 그 정보와 대처방법을 제공함과 동시에 지역

및 국가 단위의 관리망에 정보를 전파하는 시스템의 구축이 필요하다. 가축분뇨를 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 활용하여 통합관리 할 수 있는 시스템의 개념도는 다음 그림 2와 같다.

u-ICT 기술은 언제 어디서나 네트워크에 연결되어 있어 실시간으로 정보를 주고받을 수 있는 기술로서, 이를 농업분야에 적용하여 고품질의 농축산물 생산지원, 농축산물 유통소비 선진화, 편리한 농촌 정보통신환경 조성을 통해 농축산업을 IT 신기술 접목을 통한 자생력 있는 미래 첨단사업화 할 수 있을 것이다.

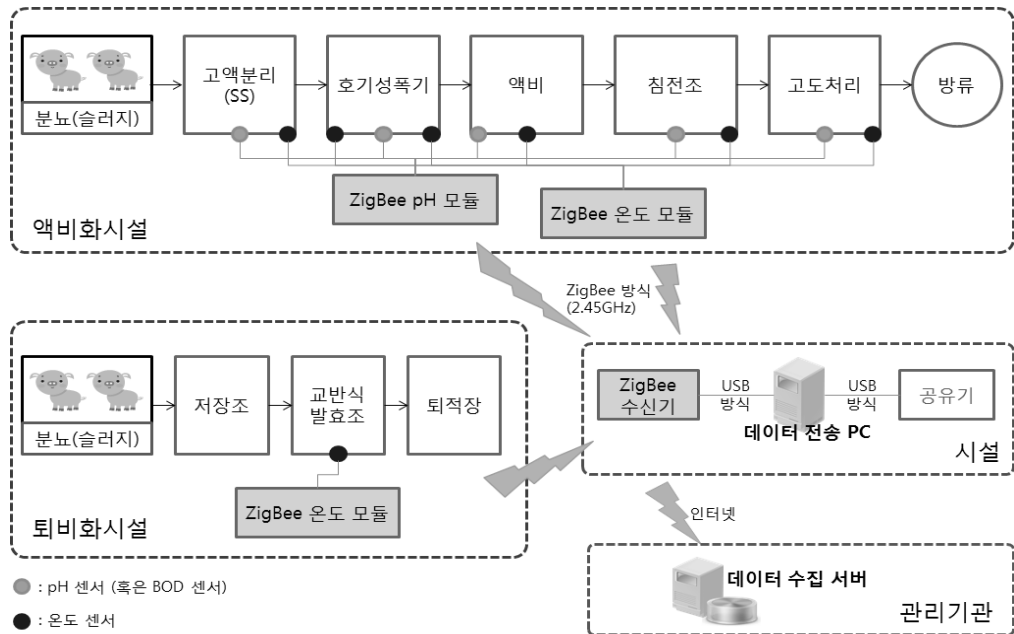


Fig. 2. Concept diagram of system architecture.

요약 및 결론

본 연구는 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 활용하여 가축분뇨를 효율적으로 관리하기 위한 통합관리시스템 개발을 목적으로 한다. 이를 위하여 국내외 연구사례를 분석하여 가축분뇨 관련 시스템 개발의 적용가능성을 분석하였으며, 기존의 가축분뇨의 처리과정을 살펴보고 이 중에서 액비화 단계의 관리요소를 도출하여 유비쿼터스 기술을 적용하여 관리할 수 있는 요소들을 제시하고 전체적인 통합시스템의 개념도를 제시하였다. 본 연구개발과제를 통하여 u-ICT를 이용한 가축분뇨의 통합관리 기술체계가 완성되면 지역 및 국가단위의 가축분뇨 통합관리 시스템에 적용함으로써 가축분뇨의 부정적 처리를 방지하고 자원순환을 촉진시킬 수 있을 뿐만 아니라 우수한 국내 IT기술의 접목으로 국외 기술주도권을 확보하여 관련기술의 해외시장 진출도 기대할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907118)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

인 용 문 헌

1. Ketprom, U., C. Mitrpant and P. Lowjun. 2007. Closing Digital Gap on RFID Usage for Better Farm Management. Management of Engineering and Technology. 2007 Conference of Portland International Center, Proceedings of PICMET.2007.4349500. 1748-1755.
2. Knospe, H. and H. Pohl. 2004. RFID security, Information Security Technical Report. 9(4):39-50.
3. Xin, H., Y. Liang, A. Tanaka, R. S. Gates, E. F. Wheeler, K. D. Casey, A. J. Heber, J. Q. Ni, and H. Li. 2003. Ammonia Emissions from U.S. Poultry

Houses: Part I-Measurement System and Techniques, the American Society of Agricultural and Biological Engineers, Proceedings of 2003 Conference, Air Pollution from Agricultural Operations III. 106-115.

4. Zhekun, L., R. Gadh and B. S. Prabhu. 2004. Applications of RFID Technology and Smart Parts in Manufacturing, ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Proceedings of DETC'04.1-7.
5. 김영식, 조태경, 박병수. 2004. RFID 기술 동향 및 농업에의 적용. 상명대학교 산업과학연구소 산업과학연구. 15:1-11.
6. 김창길, 김태영, 이상진. 2007. 제3차 기후변화협약대책 농림분야 평가 및 제4차 종합대책 추진방안. 한국농촌경제연구원 C2007-25.
7. 김충근, 신현근. 2012. 하수처리장 연계처리를 위한 가축분뇨 최적 처리공정 선정에 관한 연구. 유기물자원화. 20(3):52-59.
8. 농림수산식품부. 2006. 가축분뇨 관리 및 이용등에 관한 법률.
9. 부경민, 배현, 서현용, 심문용, 전병희, 우혜진, 김성신, 김창원. 2003. 질소 제거를 위한 SBR에서 ORP와 DO를 이용한 호기 시간 제어와 원격 모니터링 시스템. 대한환경공학회 2003 춘계학술연구발표회 논문집. 1535-1541.
10. 유철호, 정민근. 1996. 가축분뇨의 자원화 촉진방안. 농촌경제. 19(3):171-176.
11. 이재근. 2009. 가축분뇨관리 기본계획 수립. 대전발전연구원 정책연구보고서.
12. 전황수, 조원진. 2004. 유비쿼터스 시대의 새로운 서비스 모델 창출방안 연구. 전자통신동향분석. 19(6):169-180.
13. 최동혁, 정수, 김동혁. 2008. 소유역 내 축사오염물질 관리를 위한 시범 GIS 구축. 한국폐기물학회지. 25(6):576-582.
14. 인터넷 주소(URL): <http://envi.nias.go.kr/>
15. YTN뉴스. 2010. 12. 5일자. 보도제목: 「농·축산분야도 스마트 시대!」