
청주시의 음식물류폐기물 처리시스템을 위한 무선주파수인식태그의 적용

Application of RFID Tag to Food Wastes Disposal System of Cheongju City

이상화

서원대학교 정보통신공학과

Sang-Wha Lee(swl@seowon.ac.kr)

요약

본 논문에서는 청주시의 음식물류폐기물 처리시스템에 무선주파수인식(RFID:Radio Frequency Identification)태그를 적용하는 것을 제안한다. 청주시에서 운영하던 기존의 시스템은 월정액제로서 배출량이 다름에도 같은 수수료를 지불해야하는 형평성의 문제가 발생하게 된다. 또한 음식물류폐기물의 정확한 규모의 발생과 처리에 관한 현황 파악이 불가능하여 폐기물의 처리를 효율적으로 관리하지 못하게 되어 정책 결정에 반영하기 어렵다. 반면에 RFID 태그를 이용하여 음식물류폐기물의 처리를 종량제로 실시하면 자동으로 자료의 관리 및 분석을 할 수 있고 수거, 운반, 처리로 이어지는 음식물류폐기물의 흐름 및 감독에 매우 용이하다. 또한 태그의 복제 및 도용이 불가능하다. 이러한 시스템을 통하여 결과적으로 음식물류폐기물의 감소를 가져올 수 있고 경제적 효과와 친환경적인 폐기물의 처리를 실행할 수 있다. 더 나아가서 현재 정부에서 추구하고 있는 RFID/USN을 통한 u-city 건설에도 기여할 수 있다.

■ 중심어 : | 음식물류폐기물처리시스템 | 무선주파수인식태그 | 무선주파수인식리더기 | 유비쿼터스 도시 |

Abstract

In this paper, we propose an application of RFID(Radio Frequency Identification) tag to food wastes disposal system of Cheongju city. The existing system of Cheongju city is monthly fixed amount levy system. The weak point of this system must pay a same commission in spite of each other different food wastes quantity. Also the accurate occurrence quantity of the food wastes and present condition grasp of control are impossible. It will not be able to reflect to a policy decision because does not manage the control of the food waste efficiently. On the other hand, when a food wastes measuring system using RFID is executed tag, it will manage and analyze automatically the obtained data. And collecting, transporting and handling of the food wastes come to be very easy. Also the reproduction and embezzlement of the tag are impossible. As a result of this system, it brings the decrement of the food waste. Therefore the economic effect could be come true and the food wastes is controlled environment-friendly. The food wastes disposal system using RFID tag will be able to contribute in u-city constructions with RFID/USN technology which pursues from the government.

■ keyword : | Food Wastes Disposal System | RFID Tag | RFID Reader | u-City |

I. 서론

급격한 우리사회의 변화는 폐기물의 발생에 있어서도 많은 문제를 가져오게 되었다. 특히 음식물류폐기물은 수분함량이 높고 쉽게 부패되기 때문에 저장, 운반 그리고 처리에 많은 노력과 주의가 요구된다. 정부는 1998년 음식물류폐기물 감량·자원화 기본 계획 추진을 2002년까지 진행하였고 2005년 이후 지방자치단체들의 관리하에 음식물류폐기물을 매립이 아닌 자원화 체계를 구축하도록 하고 있다[5]. 2005년부터 특별시·광역시 또는 시지역에서 발생하는 음식물 폐기물을 바로 매립하지 못하도록 하는 폐기물 관리법이 시행되었다. 이러한 음식물류폐기물의 수거·운반·처리는 다양한 시스템과 비용의 소요를 동반하게 된다. 각 지방자치단체는 이러한 음식물류폐기물의 수거·운반·처리와 관련된 체계를 구축하고 소요비용을 지자체 예산으로 부담하거나 일부를 시민들에게 징수하고 있다[4]. 음식물류폐기물의 수수료 징수액의 산정 과정도 수거·운반·처리 비용 산출에 근거하여 산출되어야 하나, 실제로 지자체의 재정자립도가 낮은 여건으로 인하여 각 지자체의 수수료 징수액 산정 및 징수방식이 종량제의 기본원칙인 배출자 부담의 원칙을 반영하지 못하는 문제점이 제기되고 있다.

따라서 음식물류폐기물의 수집·운반·처리에 대한 정확한 진단을 하고 객관적이고 체계적인 분석이 필요하다. 그에 더해 과학적이고 경쟁력 있는 음식물류폐기물 발생량을 최소화 할 수 있는 시스템을 구축할 뿐만 아니라 최적의 음식물수수료 부과, 징수체계를 확립해야 한다. 본 연구의 대상이 되는 청주시 역시 2005년 1월부터 자원화 시설을 가동하여 청주시에서 발생하는 음식물류폐기물을 퇴비화 하고 있으며, 청주시 전 지역을 대상으로 수집·운반하는 시스템을 적용하고 있다. 하지만 청주시 역시 음식물류폐기물의 지속적인 증가로 인하여 많은 비용의 지출을 가져오고 있는 상황이다.

본 연구는 현재 청주시의 음식물류폐기물의 수집·운반·처리와 관련된 시스템을 조사 분석하고 향후 음식물류폐기물의 발생량을 예측하여 무선주파수인식태그(RFID)를 이용한 효율적인 수집·운반·처리 및 수

수로 징수체계 시스템 구축을 제안한다. [그림 1]은 현재(AS-IS) 업무를 분석하여 목표(TO-BE)모델을 정의하고, 구현 방법을 검토한다. 음식물류폐기물의 수거·운반·처리 및 수수료 징수체계에 대한 개선방안을 목표로 하여 구현 가능한 방안을 모색하고 효용가치를 분석하는 연구 흐름을 나타낸다.

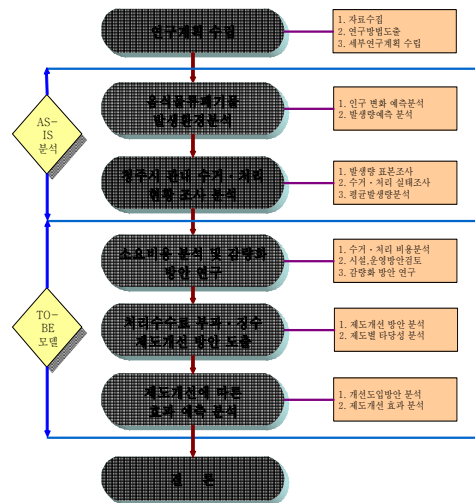


그림 1. 음식물류폐기물 처리시스템 연구흐름도

II. 청주시 음식물류폐기물 발생량 변동추이

1. 인구 변동의 추정

청주시의 인구통계를 분석하여 인구의 변동 추이를 예측하였다. 청주시의 경우 지난 10년간의 인구 변동을 보면 평균 증가율 1.97%로 지속적이고 꾸준한 인구증가 추세를 보이는 것을 볼 수 있다. 근년에 증가세가 약간 둔화되고 있는 것을 볼 수 있는 반면 세대수는 지속적으로 증가하고 있는 것을 볼 수 있는데 세대당 단위 인구수가 1996년 3.3명에서 2005년에는 2.8명으로 줄어들어 세대구성원이 적은 세대가 늘고 있는 사회적 현상이 반영되고 있는 것을 볼 수 있다[7].

본 연구의 인구변동 추정은 이전년도의 인구 변동을 근거로 향후 인구변동의 추이를 분석, 추정하는 연구로서 통계에 의한 추정이므로 기타 사회적 요소의 영향에

따라 추가적인 영향을 받을 수 있다. 이전 10년간의 인구변동을 토대로 향후 10년간의 청주시 인구변동 추이를 분석하였다. 인구의 추이는 일반적인 인구추정방법인 등차급수법과 등비급수법, 최소자승법을 사용하여 추정치를 산정하였으며, 이 방법 중 청주시의 인구증가의 오차를 줄이기 위하여 세 가지 방법을 산출 평균하여 계산하였다.

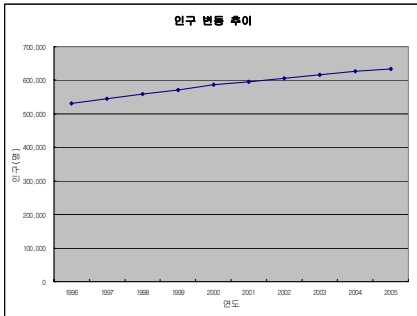


그림 2. 청주시 인구 변동 추이(1996~2005)

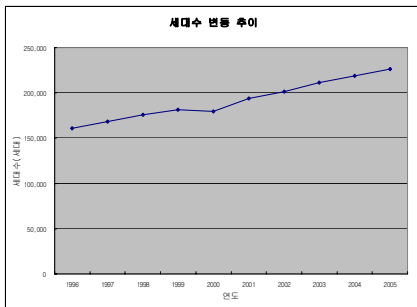


그림 3. 청주시 세대수 변동 추이(1996~2005)

1.1 등차급수법에 의한 추정

등차급수법이란 과거의 증가분을 평균하여 그 증가분만큼 향후 년도에도 동일하게 증가시켜 추정하는 것을 말한다. 이는 과거의 자료가 지속적으로 증가하는 경향이 강한 경우에 사용하는 방법이라고 할 수 있다. 다음은 등차급수법을 이용한 인구를 추정 방법과 증가분 b를 산출하는 방법을 나타낸다.

기본 산식: $Y = a + bX$

(Y : 차기 년도의 인구수, a : 당해연도의 인구수, X : 상수, b : 증가분)

등차급수법에 의한 인구추정에서 산출된 b의 값은 전년도 인구에 비해 증가한 수만큼을 평균하여 계산된다. 이러한 방법으로 매년 11,357명씩 증가하면 2016년의 청주시 예상인구는 758,815명으로 추정되었다.

표 1. 등차급수법에 의한 추정방법

년도	인 구	산 식	b 값	비고
1996	531,677	531,677		
1997	545,069	545,069=531,677+b	13,392	
1998	558,813	558,813=545,069+b	13,744	
1999	570,622	570,622=558,813+b	11,809	
2000	587,069	587,069=570,622+b	16,447	
2001	594,716	594,716=587,069+b	7,647	
2002	606,305	606,305=594,716+b	11,589	
2003	617,254	617,254=606,305+b	10,949	
2004	626,614	626,614=617,254+b	9,360	
2005	633,888	633,888=626,614+b	7,274	
평균			11,357	

1.2 등비급수법에 의한 추정

등비급수법이란 과거의 전년대비 증가율을 평균하여 평균 증가율을 산출한 후 이 증가율을 향후 년도에 동일하게 적용시켜 추정하는 방법이라고 할 수 있다. 다음은 등비급수법에 의한 추정방법과 증가분인 b를 산출하는 방법이다.

기본 산식: $Y = a + bX$

(Y : 차기 년도의 인구수, a : 당해연도의 인구수, X : 상수, b : 증가비율)

표 2. 등비급수법에 의한 추정방법

년 도	인 구	산 식	증가율	비고
1996	531,677	531,677		
1997	545,069	(545,069-531,677)÷531,677	2.52%	
1998	558,813	(558,813-545,069)÷545,069	2.52%	
1999	570,622	(570,622-558,813)÷558,813	2.11%	
2000	587,069	(587,069-570,622)÷570,622	2.88%	
2001	594,716	(594,716-587,069)÷587,069	1.30%	
2002	606,305	(606,305-594,716)÷594,716	1.95%	
2003	617,254	(617,254-606,305)÷606,305	1.81%	
2004	626,614	(626,614-617,254)÷617,254	1.52%	
2005	633,888	(633,888-626,614)÷626,614	1.16%	
b 값			1.97%	

이러한 방법으로 산정한 연평균 인구증가율은 1.97% 이므로 매년 1.97%씩 증가시켜 인구수를 추정하면 2016년도의 청주시 인구는 785,614명으로 추정되었다.

1.3 최소자승법에 의한 추정

최소자승법이란 추세선을 중심으로 과거의 변동분 만큼 향후 년도에도 같은 수준으로 적용하여 추정하는 방법을 의미한다. 이 방법은 매년 일정 수씩 증가할 때 그 오차의 정도가 적다고(최소자승법은 인구가 거의 일정하게 증가하는 도시에 적용) 할 수 있다. 최소자승법에 의한 추정방법은 다음과 같다.

$$P_n = a + bx$$

$$a = \frac{\sum t^2 \sum Y - \sum t \sum tY}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b = \frac{N \sum tY - \sum t \sum Y}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

여기에서 a는 대입인구의 기준 년도 인구계수이고 b는 매년도 인구 증가분이다. 1996년을 기준 년도로 적용하여 최소자승법에 의한 인구를 추정하면 11,500명으로 산출 되고 2016년도 청주시의 인구는 765,463명으로 추정된다.

1.4 추정인구수 및 증가율의 산정

앞에서 산정한 세 가지 방법에 의한 추정인구수 중 한 추정방법에 의한 추정인구를 채택하는 것은 각 추정 방법에 따른 오차를 줄일 수 없기 때문에 세 방법에 의한 추정인구수를 평균하여 오차를 최소화하는 방법을 적용하였다. 물론 그럼에도 불구하고 기타 사회적으로나 경제적 요소에 의한 변동을 예측에 반영할 수는 없다. 따라서 이러한 분석은 이전 10년 동안의 변화추세의 변화가 향후 10년 동안 지속된다는 전제를 갖고 예측되어진 추정치이다.

표 3. 인구 증가 추정 결과표

년도	등차급수법 (명)	등비급수법 (명)	최소자승법 (명)	평균(명)	증가율	비고
2007	656,602	659,109	661,957	659,222	1.83%	
2008	667,959	672,094	673,457	671,169	1.81%	
2009	679,316	685,334	684,958	683,202	1.79%	
2010	690,673	698,835	696,459	695,322	1.77%	
2011	702,030	712,602	707,960	707,530	1.75%	
2012	713,387	726,640	719,460	719,829	1.73%	
2013	724,744	740,955	730,961	732,220	1.72%	
2014	736,101	755,552	742,462	744,704	1.70%	
2015	747,458	770,436	753,962	757,285	1.68%	
2016	758,815	785,614	765,463	769,963	1.67%	
평균					1.77%	

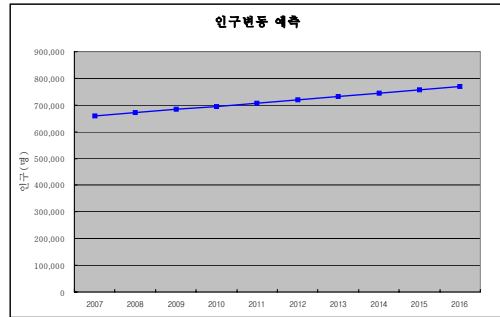


그림 4. 청주시 인구 변동 예측(2007~2016)

세대수의 변동을 보면 연평균 증가율이 3.14%로 2016년에는 30만 세대를 넘게 될 것으로 볼 수 있다.

표 4. 세대수 증가 추정 결과표

년도	등차급수법(세대)	등비급수법(세대)	최소자승법(세대)	평균(세대)	증가율	비고
2006	233,396	234,919	231,584	233,299	3.16%	
2007	240,647	244,034	238,824	241,168	3.37%	
2008	247,898	253,503	246,064	249,154	3.31%	
2009	255,149	263,339	253,304	257,263	3.25%	
2010	262,400	273,556	260,544	265,500	3.20%	
2011	269,651	284,170	267,784	273,868	3.15%	
2012	276,902	295,196	275,024	282,374	3.10%	
2013	284,153	306,650	282,264	291,022	3.06%	
2014	291,404	318,548	289,504	299,818	3.02%	
2015	298,655	330,907	296,744	308,768	2.98%	
2016	305,906	343,747	303,984	317,878	2.95%	
평균					3.14%	

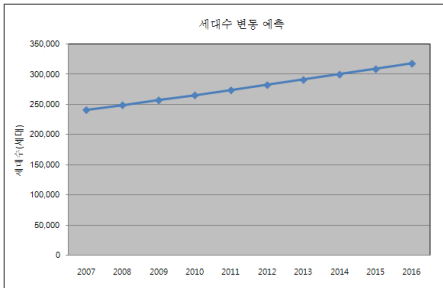


그림 5. 청주시 세대수 변동 예측(2007년~2016년)

세대수의 급격한 변화는 가정이 세분화 되고 1인세대가 늘어나는 등의 사회적 현상으로 당분간 그 추세가 이어질 것으로 예상되고 세대수의 증가세도 지속적으로 이어질 것이라 볼 수 있다. 인구증가는 곧 음식물류폐기물의 배출량이 증가한다는 것을 의미한다. 따라서 청주시 음식물류폐기물의 발생량도 계속적인 증가세를 보이게 될 것이라고 볼 수 있다. 또한 2016년 예상되는 청주시의 세대수는 317,878세대로 세대당 인구수는 약 2.42명이 된다. 세대구성원이 적어지고 세대가 많아진다는 것은 음식물류폐기물의 배출처는 늘어나고 1회당 내지는 한 달간 배출량은 줄어들게 된다는 의미이다.

2. 음식물류폐기물 발생 분석

청주시의 인구변동 예측과 청주시 음식물류폐기물의 발생량 및 증가추이를 적용하여 청주시 음식물류폐기물의 발생량을 예측하여 보면 다음과 같다.

표 5. 청주시 음식물류폐기물 발생예측

년도	인구변동예측(명)	연간1인당 발생량(kg)	평균(명)	증가율	비고
2006	647,358	110.54	71,558	15.10%	
2007	659,222	124.60	82,139	14.78%	
2008	671,169	140.44	94,258	14.75%	
2009	683,202	140.44	95,948	1.79%	
2010	695,322	140.44	97,651	1.77%	
2011	707,530	140.44	99,365	1.75%	
2012	719,829	140.44	101,092	1.73%	
2013	732,220	140.44	102,832	1.72%	
2014	744,704	140.44	104,586	1.70%	
2015	757,285	140.44	106,353	1.68%	
2016	769,963	140.44	108,133	1.67%	
평균				5.31%	

음식물류폐기물의 발생량은 폐기물 발생량의 증가추세에 인구의 증가추세가 가중되어 인구증가 속도보다 더 빠른 속도로 증가하게 되는 것을 볼 수 있다. 현재와 같은 패턴의 음식물류폐기물의 발생량 증가를 2006년~2008년까지 3년간을 적용하고 그 이후에 현재와 같은 형태로 음식물류폐기물이 발생될 경우 2012년이 되면 연간 100,000톤의 음식물류폐기물이 발생하게 될 것으로 예측할 수 있다. 연간 10만톤이라는 양은 1일 270톤을 넘는 양으로 현재의 청주시 음식물류자원화 시설의 1일 적정처리용량보다 100톤을 초과하는 양이 된다. 이렇게 발생량이 지속적으로 증가하게 될 경우 청주시는 많은 구축비용이 드는 자원화시설을 증설 또는 추가신설 해야 한다. 음식물류폐기물의 발생량 변동추이를 도식화 하면 [그림 6]과 같다.

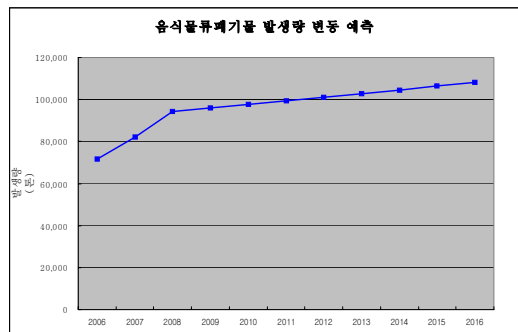


그림 6. 청주시 음식물류폐기물 발생량 변동 예측(2006년~2016년)

III. 청주시 음식물류폐기물 수거운반처리시스템 분석

1. 음식물류폐기물 수거운반처리시스템 현황

음식물류폐기물의 수거·운반은 각각의 구역을 한 대씩의 차량이 순회하여 수거하고 수거된 음식물류폐기물은 즉시 자원화 시설로 반입하는 위탁관리로 처리한다[6]. 수거 대상별 수거 운반 체계를 구분하여 보면 크게 공동주택(아파트)구역과 주택밀집지역(상가지역 포함)으로 나누어 볼 수 있다. 차당 인력 구성은 운전원 1명과 수거원 2명으로 3인이 1조가 되는 형태이다.

2. 수거운반 시스템의 특징 및 문제점

현재 음식물류폐기물의 수거·운반 시스템은 다년간의 시행으로 인하여 체계화되고 각 수거코스에 대한 효율화가 이루어져 있다. 수거운반 시스템에서 아직도 문제가 되고 있는 것은 배출되는 음식물류폐기물을 정확히 구분하지 않고 일반 쓰레기를 같이 배출한다는 것이다. 또한 가정에서 배출하는 폐기물의 경우 아직도 물기가 많은 채로 비닐에 싸서 배출되는 경우들이 많이 있다. 음식물류폐기물에는 재활용이 불가능 하거나 자원화시설에서 문제를 일으키는 옥수수 대와 같은 폐기물들이 자주 섞여 나온다. 이러한 배출 음식물류폐기물의 상태는 수거·운반 작업에 큰 장애가 된다.



그림 7. 청주시의 음식물류폐기물 수거 및 운반

음식물류폐기물 수거에 있어 현행 방식인 월별 납부필증 부착의 경우 수거용기에 부착된 납부필증을 확인하여 수거하는데 번거로울 뿐 아니라, 특히 월초에는 새로운 달의 납부필증확인 및 경고스티커 부착에 많은 시간과 노력이 요구된다. 월초의 경우 수거용기의 약 30%가량이 스티커 미부착 용기이다.



그림 8. 음식물류폐기물 월별 납부필증 및 경고스티커

3. 음식물류폐기물 관련 비용분석

청주시는 월정액 납부필증의 발행을 금융기관에 위탁을 하고 위탁받은 금융기관은 납부필증을 발행하여 판매소에 공급한다. 판매소는 일정 이윤을 제외한 금액

으로 납부필증을 구매하여 시 조례에서 정한 금액에 주민들에게 판매한다. 이러한 수수료 징수 시스템은 음식물류폐기물의 처리비용과는 상관없이 수수료가 징수되어 시에서는 업체들에게 수집·운반에 대한 비용과 처리에 대한 비용을 지급한다. 따라서 수수료의 산정에 있어 처리에 소요되는 비용은 연관되어 있지 않다. 음식물류폐기물 처리비 (5ℓ)수수료 1,000원은 시 조례에 따른 것이다. 현행 수수료 체계는 다음과 같다.

표 6. 청주시 수수료 체계 (단위: 원)

구분	판매 단위	수거용기 종류	공급액	판매 수수료	판매 가격
단독주택용	월간 3개월세트 6개월세트	5ℓ	900	100	1,000
		5ℓ	2,700	300	3,000
		5ℓ	5,400	600	6,000
식품위생사업소	월간	20ℓ	4,500	440	4,940
		60ℓ	13,490	1,330	14,820
		120ℓ	26,980	2,660	29,640

- 주) 1. 식품위생사업소라 함은 감량의무사업장을 제외한 사업장을 말함
 2. 식품위생사업소 판매가격 산정 : 공급가격 = 종량제봉투 판매가격 (20ℓ 기준/1매): 380원, 380원/1매 13회 (월 수거 기준)
 3. 납부필증의 판매 및 공급 등의 사항은 청주시폐기물관리에 관한 조례 제10조, 제11조, 제12조, 제13조, 제14조, 제16조의 규정에 준한다.

※청주시음식물류폐기물수집운반및재활용촉진을 위한 조례(청주시 조례 제2339호 2004.10. 8]

5ℓ의 수수료 징수액은 이전의 징수금액을 기준으로 동일하게 적용하였고, 나머지 규격에 대해서는 조례에서 설명하고 있는 것처럼 쓰레기 종량제 봉투 금액을 기준으로 산출하였다. 무엇보다 중요한 것은 현재의 월정액제로는 배출되는 양에 비해 얼마나 되는 금액을 시민들이 부담하고 있는지 알 수 있는 방법이 없다. 또 정액제 징수방식은 시민들은 최대한의 음식물류폐기물을 발생시켜 배출하도록 하는 방식으로 적은 비용만 받고 많은 양을 처리해 주게 되는 현상이 발생 한다. 월정액 스티커의 경우 1달이 지나면 더 이상 사용할 수가 없게 되어 판매되지 않은 수량은 전량 회수. 폐기해야만 한다. 현재의 종량제를 유지하는 한 이러한 납부필증의 과다 인쇄 및 폐기는 지속되어야한다. 현재의 시스템은 징수율이 낮고 수수료징수와 음식물류폐기물의 발생 배출이 서로 연관성을 갖지 못하는 구조이다.

IV. 음식물류폐기물 감량화 방안 및 수수료징수 체계의 문제점 분석

1. 음식물류폐기물 감량화 방안

청주시의 음식물류폐기물의 발생량을 줄이기 위해서 우선 크게 두 가지 방안을 가질 수 있다. 한 가지는 시민들이 발생, 배출하는 음식물류폐기물의 양을 줄이도록 물리적인 영향을 주는 것과 감량에 대한 인식이 생길도록 하는 것이다. 즉, 배출량을 줄이도록 하는 조치는 종량제의 시행이다. 다른 한 가지는 음식물류폐기물의 발생과 관련한 주체인 음식물의 소비자들에 대한 감량화 방안으로 적극적인 홍보 및 음식물류폐기물 발생 억제 캠페인을 들 수 있다.

2. 수수료징수체계의 문제점 분석

현재 청주시에서 운영하고 있는 월정액제 수수료 징수시스템은 다음과 같은 문제점을 안고 있다.

- (1) 월정액제이므로 용기에 가득차지 않은 경우도 음식물류폐기물을 배출하여 발생량의 증가를 가져온다.
- (2) 음식물류폐기물의 경우 현재 징수되는 비용으로 재원을 충당하는 것이 아니고 청주시에서 지원하여 비용을 지급하는 형태이기 때문에 음식물류폐기물의 발생 증가는 시 재정에 그대로 부담이 된다. 또한 청주시 음식물류폐기물 자원화 시설의 용량이 현재 거의 포화 상태에 있으므로 시설의 증설, 신설과 같은 문제들이 동시에 발생하여 많은 비용을 지불해야만 한다.
- (3) 배출량이 다름에도 불구하고 같은 수수료를 지불하는 형평성문제가 발생한다.
- (4) 판매되지 못한 지난 월납부필증의 회수과기에 따른 손실이 발생한다. 매월 발행되는 납부필증의 수는 항상 여유를 두고 생산해야하며, 현재의 통계로 보면 약40%만이 판매되고 나머지 약 60%는 회수 및 과기 된다.
- (5) 월납부필증으로 인한 민원이 발생한다. 월초에 당일 납부필증 미부착 또는 부착한 월 납부필증을 분실하는 등의 민원이 자주 발생 할 수 있다. 그리고 지난 납부필증을 여기저기 붙이므로 식별에 혼란을 가져오는 경우도 많다. 또한 시민들이 매월 초 날짜

에 맞추어 납부필증을 구매하여야 하는 불편함을 겪게 된다.

- (6) 정확한 음식물류폐기물의 발생 및 처리현황 파악이 불가능하다. 현재의 시스템은 어디에서 얼마만큼의 음식물류폐기물이 발생하여 수거·운반·처리되는 조사가 어렵다. 따라서 지속적으로 변동되는 음식물류폐기물의 처리를 효율적으로 관리하지 못하게 되어 정책 결정에 반영하기 어렵다.

V. RFID를 이용한 종량제 시스템 구축

1. RFID를 이용한 시스템

월정액제 수수료 징수제도의 문제점들을 해결하기 위해서 요금제를 종량제로 전환해야한다. 이러한 종량제 시스템 구축에 무선주파수인식태그를 사용하면 더욱 효율적으로 관리 할 수 있어서 많은 기대효과를 거두게 될 것이다. RFID는 “Radio Frequency Identification”의 약자로서 주파수를 이용하여 무선으로 자동인식을 하는 기술을 의미한다[1][2]. [그림 9]는 음식물류폐기물 수거 및 감소를 위한 시스템을 나타내고 이를 구축하기위하여 RFID 및 무선 장치단말을 통하여 실시간 위치데이터, 수거형태 데이터, 날짜 및 시간 데이터, 수거 적합 데이터 검증, 수거량 정보 등이 전송된다. 이렇게 하여 음식물류폐기물 수거 현황 실시간 감시가 이루어지고 수집된 정보를 이용하여 정보화 작업이 이루어진다.

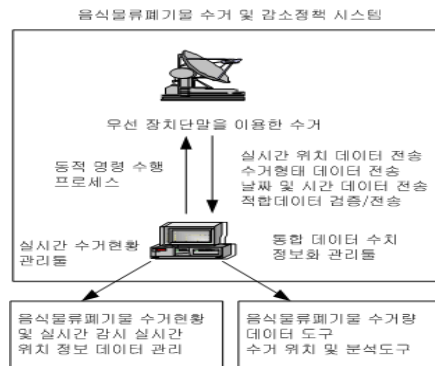


그림 9. RFID를 이용한 음식물류폐기물 수거 및 감소정책을 위한 시스템

무선주파수인식태그시스템은 태그와 리더 그리고 호스트 컴퓨터로 구성되어 접수된 전산데이터를 서버로 전송하고 수령하여 자료를 처리하는 시스템 구성을 가진다. 이러한 구성은 휴대성 및 이동성을 갖게 하고 간단한 무선주파수인식태그를 통해서 여러 곳의 정보를 리더기로 취합하여 즉시 전산화가 가능하다는 것이다 [3]. 시스템의 동작원리는 다음과 같다.

- ① 안테나로 구성된 태그와 정보가 입력되어 있는 칩을 해당 제품에 부착
- ② 휴대용 리더기에서 발사된 주파수가 칩에 접촉
- ③ 칩은 주파수에 반응하여 입력된 데이터를 리더기로 전송
- ④ 리더기는 데이터를 해독하여 CDMA 전송방식을 이용, 호스트 컴퓨터로 전달

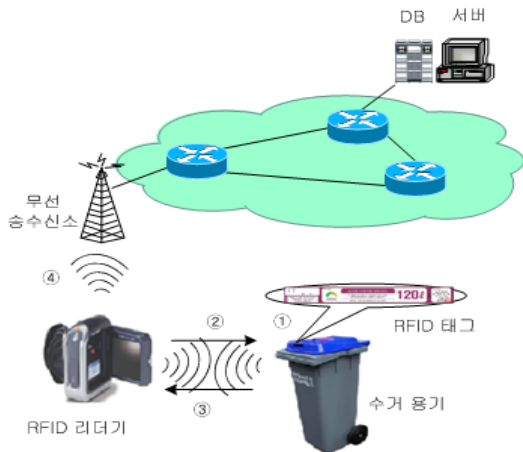


그림 10. RFID 시스템 구성도

[그림 11]은 RFID 시스템을 구성하는 전자필증을 보여주고 [그림 12]는 용량에 따른 여러 종류의 전자필증을 나타내며 [그림 13]은 전자필증의 부착 요령을 보여준다.

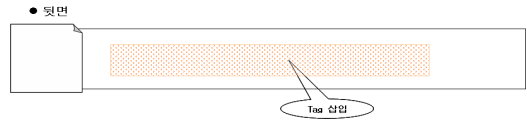


그림 11. RFID 시스템 전자 필증



그림 12. 전자필증의 종류



그림 13. 전자필증의 부착요령

시스템에서 사용하는 전자태그는 915MHz 대역의 초고주파를 사용하므로 저가이며 성능이 우수하다. 인식 거리는 10m 내외이며 인식률은 99.9%이고 수동형 태그이다. RFID 시스템은 주변 환경이나 태그에 부착되는 사물 일부에 금속과 액체가 있는 경우에 전파간섭요인에 취약하다. 음식물류폐기물 수거용기는 플라스틱으로 만들어져서 금속물질이 없고 또한 [그림 13]과 같이 부착하기 때문에 태그 주위의 액체로부터 자유로워서 주파수 간섭은 일어나지 않는다.

현재 무선주파수인식태그는 u-KOREA, u-city 등 유틸리티 환경구축과 관련하여 주목을 받고 있다. 정부에서도 공공분야에 무선주파수인식태그 도입을 의무화하고 있다[3].

2. RFID를 이용한 수수료징수 시스템의 장점

무선주파수인식태그시스템을 음식물류폐기물 수수

료징수 시스템에 도입하면 다음과 같은 효과를 가져 올 수 있다.

- (1) 음식물류폐기물의 감소
단지 종량제 실시만으로도 부산시 금정구는 34%, 양산시 19%가량의 음식물류폐기물 감소 효과를 거두었다.
- (2) 복제 및 도용불가능
부산시 금정구, 양산시 모두 바코드 방식을 사용하여 제작비용은 적게 들었지만 수거작업의 불편함과 복제가 가능하다는 단점을 안고 있는 반면에 무선주파수인식태그시스템의 경우에는 복제가 불가능하다.
- (3) 수거·운반·처리로 이어지는 음식물류폐기물의 흐름 감독에 용이
- (4) 자료관리 및 분석을 통한 활용가능
전산으로 입력되는 자료는 서버로 전송되고, 전송된 자료는 즉시 데이터로 처리되어 자료의 통계, 분석, 정리가 용이해지고, 음식물류폐기물과 관련된 정책결정이나 상태확인을 위한 자료의 추출이 용이해진다.

VI. 무선주파수인식태그를 적용한 종량제 시스템의 경제성 평가

무선주파수인식태그 하나를 제작하는데 단가는 현재 약 160원 가량으로 앞으로 더 하락할 것으로 기대된다. 무선주파수인식태그시스템의 태그 비용을 산출하여 보면 다음과 같다.

표 7. 태그의 발행 비용 비교 (단위: 원)

규격	발행 비용	처리비용	부담률	부담금액	계	취급수수료(2%+7%)	산출금액	산정금액
5ℓ	160	94.24	25%	118	278	25	303	300
20ℓ	160	94.24	40%	754	914	82	996	1,000
60ℓ	160	94.24	40%	2,262	2,422	217	2,639	2,600
120ℓ	160	94.24	40%	4,524	4,684	421	5,105	5,100

- 주) 1. 발행비용은 RFID태그 발행비용이다.
 2. 처리비용은 2007년 음식물류폐기물처리비 소요비용을 ℓ 단위로 환산한 값이다.
 3. 부담률은 주민들의 체감 물가를 고려하여 적용하였다.

본 수수료 산정은 쓰레기수수료 종량제 시행지침의 쓰레기봉투 가격산정 기준을 준용하여 산출하였다. 우선 발행비용은 무선주파수인식태그의 발행비용을 말하고, 처리비용은 2007년 음식물류폐기물 처리에 소요되었던 비용(수거운반비, 처리비 포함)을 kg단위로 환산하고 이에 비중을 1.27을 곱해서 산출된 음식물류폐기물 리터당 처리비용이다. 부담률은 처리 비중으로써 얼마나 시민들이 감당할 것인지에 대한 부분으로 초기단계에서는 그 비율을 적게 잡았다. 5ℓ의 경우 다른 용량과 같은 비율로 적용하면 지나치게 많이 상승되어 비율을 15% 감하여 적용하였다. 부담금액은 규격 × 처리비용 × 부담률을 계산한 값으로 시민들이 처리 비중으로 부담하게 되는 금액이다. 이 부담금액에 발행수수료를 더한 값에 취급수수료 9%(새마을금고 2%, 판매수수료 7%)를 더하면 산정금액이 된다. 여기에서 금융권수수료와 판매수수료는 부산시 금정구의 사례를 참고하여 적용하였다.

표 8. 수수료 산정 금액 (단위: 원)

규격	수수료징수금액	2%	7%	발행비용	청주시세수
5ℓ	300	6	20	160	114
20ℓ	1,000	20	70	160	750
60ℓ	2,600	52	180	160	2,208
120ℓ	5,100	102	350	160	4,488

이러한 예정금액은 ℓ 당 평균 49원의 징수금액으로 산정 되었다.

표 9. 종량제 지자체별 ℓ 당 수수료

지자체	청주시	금정구	양산시	비고
ℓ 당 금액	평균 49원	46원	40원	

바코드를 이용하여 종량제를 실시한 금정구와 양산 시에서 약 26.5%가량의 음식물류폐기물이 감량되었기 때문에 이를 기준으로 한다면 2007년에 청주에서 음식물류폐기물의 수거·운반·처리를 위해 소요된 7,440,426,300원의 비용 중 1,971,712,970원이 절감된다 고 볼 수 있다.

표 10. 종량제 실시로 얻은 지자체별 감량화율

구 분	부산시 금정구	양산시	평균
감량화율	34%	19%	26.5%

처리 비용의 절감 뿐만 아니라 종량제는 세수의 증가도 가져올 수 있는데 이를 예측하여 보면 [표 11]과 같다.

표 11. 종량제를 통한 세수 예측

구 분	단독	음식점			공동	합계	
	5ℓ	20ℓ	60ℓ	120ℓ	120ℓ		
총부피대비비율	11.58%	4.03%	6.68%	12.75%	64.96%	100.00%	
배출량	종량(톤)	7,199	2,505	4,153	7,926	40,383	62,166
	부피(㎥)	9,142	3,181	5,274	10,066	51,286	78,949
2007년 배출통수(톤)	1,828,400	159,050	87,900	83,883	427,383	2,586,616	
구 분	부산시 금정구	양산시			평균		
감량화율	34%	19%			26.5%		

연간 배출통수는 2006년을 근거로 2007년의 증가분을 예상하여 2008년분의 태그 발행 매수 및 소요비용 등을 예측하면 [표 12]와 같다.

표 12. 태그 발행 매수 및 소요비용의 예측

구 분	단독	음식점			공동	합계
	5ℓ	20ℓ	60ℓ	120ℓ	120ℓ	
2006년 기준배출통수(톤)	1,828,400	159,050	87,900	83,883	427,383	2,586,616
2007년도 증가율(%)	12.72%	12.72%	12.72%	12.72%	12.72%	
종량제 예상 감량비율(%)	26.50%	26.50%	26.50%	26.50%	26.50%	
2008년 예상배출통수(톤)	1,576,446	137,132	75,787	72,323	368,489	2,230,177
연간 징수 금액(원)	472,933,800	137,132,000	197,046,200	368,847,300	1,879,293,900	3,055,253,200
연간 청주시 세수(원)	179,714,844	102,849,000	167,337,696	324,585,624	1,653,778,632	2,428,265,796

종량제 예상 감량 비율을 부산시 금정구와 경남 양산시의 감량실적을 기준으로 적용하여 예측을 해보면 2008년 연간 총 징수금액은 3,055백만원이고 그 중에서 취급수수료, 판매수수료, 태그발행비용을 제외한 순수

청주시 세수는 2,428백만원 정도 될 것으로 예측된다. 청주시는 2006년에 비해 약 618,692,646원 가량을 더 세수로 확보되게 된다. 이러한 예상비용을 2006년의 수수료 징수금액과 비교하여 보면 다음과 같다.

표 13. 종량제를 통한 세수 예측 (단위: 원)

구 분		음식점				공동	합계
		5ℓ	20ℓ	60ℓ	120ℓ	120ℓ	
2006년	징수 금액	508,310,000	39,067,000	16,933,000	5,329,000	1,354,626,000	1,924,265,000
	청주시세수	442,229,700	33,988,290	14,731,710	4,636,230	1,313,987,220	1,809,573,150
2008년 예상	징수 금액	472,933,800	137,132,000	197,046,200	368,847,300	1,879,293,900	3,055,253,200
	청주시세수	179,714,844	102,849,000	167,337,696	324,585,624	1,653,778,632	2,428,265,796
차액	징수 금액	-35,376,200	98,065,000	180,113,200	363,518,300	524,667,900	1,130,988,200
	청주시세수	-262,514,856	68,860,710	152,605,986	319,949,394	339,791,412	618,692,646

- 2006년도 청주시 세수는 취급수수료 3%와 판매수수료 10%를 공제한 값이며, 공동주택의 경우에는 취급수수료 3%만 공제하였다.
- 2008년도 청주시세수는 판매금액에서 모든 비용(발행비용, 취급수수료, 판매수수료)을 제외한 금액이다.

즉 종량제의 도입으로 징수세수는 약 6억원 가량이 증가하게 될 것이고 그에 더하여 음식물류폐기물의 처리량 역시 줄어들게 된다. 청주시의 세수로 예상되는 2,428,265,796원 가량의 수익은 2008년 예상되는 처리비용 6,250,702,135원(2006년 수거·운반·처리 비용 중 16% 절감된 금액)의 38.85%에 달하는 금액으로써 이는 음식물류폐기물 처리 관련 시민 부담률이 38.85%에 이르게 되는 것을 의미한다. 현재의 정액제에서 수거통의 약 16%정도 빈 상태로 음식물류폐기물 수거가 이루어지기 때문에 종량제를 실시하면 최소한 16%가량이 감소할 것을 예측한다. 따라서 최소한의 처리량의 감소는 2006년 음식물류폐기물의 수집·운반·처리에 소요되는 비용의 16%에 해당하는 1,189,724,165원 가량이 절감 될 것으로 예상된다. 이러한 예측을 종합하여 보면 2008년 음식물류폐기물의 무선주파수인식태그 시스템을 활용한 종량제의 도입을 통하여 연간 18억 8백만원 정도의 비용절감 및 추가세수확보를 할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

음식물류폐기물 처리징수시스템 구축에 필요한 비용으로 시스템의 도입비용과 수수료 및 태그 발행비용이 있을 수 있고 그에 따른 편익으로써 제도의 시행에 따라 얻게 되는 경제적, 사회적 이익을 생각해 볼 수 있는데 현재 RFID를 이용한 음식물류폐기물 종량제 시스템을 통한 사회적 이익은 계량화하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 비용적 수익의 편익 가치만을 비용과 비교하였다. 제도시행에 따른 경제적 수익은 수수료의 징수액 그리고 처리비(수거·운반·처리)의 절감을 들 수 있을 것이다. 이러한 요소들을 계산하여 비용과 편익을 예상하여 보면 [표 14]와 같다.

표 14. 시스템 구성비용과 편익의 비교 평가

구분	금액(원)	비고
◎ 비용		
태그발행비용 및 수수료	626,987,404	당해 태그비용, 취급판매수수료
시스템 개발비	395,000,000	무선주파수인식(RFID)태그 시스템 도입비용
계	1,021,987,404	
◎ 편익		
징수금액	3,055,253,200	2008년 예상 징수수수료
처리비절감액	1,189,724,165	
계	4,244,977,365	
편익-비용	3,222,989,961	

음식물류폐기물의 무선주파수인식태그 시스템을 도입하여 종량제를 시행하게 될 경우 결론적으로 약 32억 원의 편익에 따른 수익이 발생할 것으로 예상된다. 물론 음식물류폐기물의 발생량 억제, 음식물류폐기물 수거·운반·처리와 관련된 정확한 자료 확보, 시민들의 음식물류폐기물 관련 의식고취 등의 편익도 추가로 얻을 수 있다. 또한 곧 포화 상태에 도달할 고가의 자원화 시설의 확충도 필요 없게 됨은 물론 음식물류폐기물을 친환경적으로 처리할 수 있게 된다.

VII. 결론 및 향후 과제

청주시의 음식물류폐기물 처리징수시스템을 현재의

월정액제에서 RFID 기술을 이용한 종량제로 바꾸면 배출량에 따른 공평한 수수료 징수를 통해서 폐기물의 양을 줄일 수 있다. 또한 모든 정보를 데이터화하여 정책에 반영할 수 있고 경제성 평가를 통해서 청주시의 새로운 예산 편성 없이 RFID를 이용한 음식물류폐기물 처리징수시스템을 구축할 수 있음을 보였다. 이러한 RFID 적용 시스템은 가까운 미래에 건설 될 환경친화적인 유비쿼터스 시티 구축을 통한 과급 효과를 창출하고 수입대체, 수출기대, 비용절감 등의 경제적 효과도 가져올 수 있다. 향후 지방자치 단계에서 RFID를 이용한 음식물류폐기물처리시스템을 도입하게 될 경우에 데이터를 서로 공유하여 정책에 반영 할 수 있도록 시스템을 구축하고 현재 정부가 추진하고 있는 u-city 구축 사업과도 연계한 RFID 표준화 관련 연구도 필요하다.

참고 문헌

- [1] 전자부품연구원, *RFID/USN 관련 국내외 기술 및 시장의 최근 동향 분석*, 전자부품연구원 IT 리포트, 2004.
- [2] 표철식, 채종석, "RFID 기술 및 표준화 동향", TTA Journal, 2004(9).
- [3] 정보통신부, *u-센서 네트워크 구축 기본계획*, 정보통신부 정책보고서, 2004(2).
- [4] 청주시, *청주시 폐기물 관리에 관한 조례*, 청주시 음식물류폐기물 수집·운반 및 재활용 촉진을 위한 조례, 청주시 자치 법규 제6편, 복지환경 제4장, 청소행정, 2007.
- [5] 청주시, *청주시 폐기물 설치 촉진 및 주변지역 지원 등에 관한 조례*, 청주시 자치 법규 제6편, 복지환경 제4장, 청소행정, 2005.
- [6] 청주시, *청주시 청주광역시권 소각시설 관리 및 운영 등에 관한 조례*, 청주시 자치 법규 제6편, 복지환경 제4장, 청소행정, 2008(9).
- [7] 청주시, *청주시 통계 연보*, http://stat.cjcity.net/stat_data/index06_3.html

- [8] Nobuo Tanaka, 황중성, *RFID 기술 도입에 따른 도전과 혜택-독일 사례 분석*, 정보통신 신기술 및 애플리케이션에 관한 OECD 프로젝트 연구 보고서, 한국정보사회진흥원, 2008.
- [9] H. Bhargava, "Expert Views-Give RFID Systems an Analytical Edge", RFID journal.
- [10] K. Finkenzeller, *RFID Handbuch: Grundlagen und praktischen Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten*, 4th edition, Munich, 2006.
- [11] R. Phelps, "The Convergence of Near Field Communication(NFC), RFID, and Wireless Technologies: Providing an intuitive link between consumer devices, Control Engineering".
- [12] RFID Journal, "A Summary of RFID Standards", RFID Journal.
- [13] S. Sarma and D. Engels, *On the Future of RFID Tags and Protocols*, Technical Report, Auto-ID Center Massachusetts Institute of Technology, 2003.

저 자 소 개

이 상 화 (Sang-Wha Lee)

정회원



- 1985년 10월 ~ 1998년 11월 : 도르트문트대학교 컴퓨터공학과 (공학사, 공학석사, 공학박사)
- 2002년 9월 ~ 현재 : 서원대학교 정보통신공학과 부교수
- 2008년 7월 ~ 현재 : 한국전자

통신연구원(ETRI) 초빙연구원

<관심분야> : 인공지능, 지능형 시스템, RFID/USN