

사물인터넷 디바이스의 폐기 처리 정보를 활용한 객체 식별자, 모바일 RFID 및 QR 코드 구현

서정욱*

Implementation of Object Identifier, Mobile RFID and QR Code Exploiting End-of-Life Treatment Information of Internet of Things Devices

Jeongwook Seo*

*Associate Professor, Department of Information and Communication Engineering, Namseoul University, Cheonan, 31020, Korea

요약

전 세계적으로 매년 약 5천만 톤의 전기 및 전자 폐기물이 발생하고 있는 상황에서 사물인터넷 디바이스가 2025년 약 750억 개에 달할 것으로 예상하고 있다. 그러나 사물인터넷 디바이스의 폐기 처리에 필요한 식별 기법에 대한 연구는 미미하다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 사물인터넷 디바이스의 재활용 가능률과 재생 가능률, 각 부품의 재활용률 및 재생률 등의 EoLT(End-of-Life Treatment) 정보를 포함한 식별자를 제안하며, 객체 식별자, 모바일 RFID 및 QR 코드로 구현한다. 구현된 객체 식별자와 모바일 RFID는 통신 네트워크를 통해 원격 서버와 연동하여 사용될 수 있고, 구현된 QR 코드는 스마트폰 앱을 통해 간단히 사용될 수 있다.

ABSTRACT

In a situation in which around 50 million metric tons of electrical and electronic products is generated globally per year, the total installed base of Internet of Things (IoT) devices is projected to amount to around 75 billion worldwide by 2025. However, there is very little research on identification schemes for end-of-life treatment (EoLT) of IoT devices. To address this issue, this paper proposes new identifiers including EoLT information such as recyclability rate (Rcyc) and recoverability rate (Rcov) of an IoT device, recycling rate (RCR) and recovery rate (RVR) of each part in the IoT device, etc. and implements them by using object identifier (OID), mobile radio frequency identification (RFID) and quick response (QR) code. The implemented OID and mobile RFID can be used with cooperation of a remote server via communication networks and the implemented QR code can be used simply with a smartphone app.

키워드 : 사물인터넷, 폐기 처리, 객체 식별자, RFID, QR 코드

Keywords : Internet of Things, End-of-Life treatment, Object Identifier, mobile RFID, QR code

Received 24 February 2020, Revised 24 February 2020, Accepted 25 February 2020

* Corresponding Author Jeongwook Seo(E-mail:jwseo@nsu.ac.kr, Tel:+82-41-580-2122)

Associate Professor, Department of Information and Communication Engineering, Namseoul University, Cheonan, 31020, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.3.441>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

전 세계적으로 매년 약 5천만 톤의 전기 및 전자 폐기물이 발생하고 있으며 한국의 경우 3천 5백만대의 전기 및 전자제품이 교체 또는 폐기되고 있다[1-3]. 이에 유럽, 미국 등의 선진국을 중심으로 전기 및 전자제품 폐기물 재활용 규제와 환경보호를 위한 제도를 강화하고 있으며 점차 확대되는 추세이다[3]. 특히 유럽연합(EU)은 전기 및 전자 제품 폐기물 수집 및 처리에 대한 지침인 WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)를 개발하였는데 이 내용에 따르면 유통업자, 지방자치단체 및 회수시설의 관리자 모두 전기 및 전자 제품 폐기물 수집 및 처리에 역할을 담당해야 한다. 전기 및 전자 폐기물을 적절히 처리하기 위해서는 소비자들도 폐기(EoL, End-of-Life) 단계의 전기 및 전자 제품을 수집 시설에 보내주어야 한다. 우리나라는 생산자 책임 재활용 제도(EPR, Extended Producer Responsibility)에서 선진국 수준의 자원순환법으로 강화하였고 첨단 전자제품에 대한 수요 증대와 중국의 자원무기화 움직임 등으로 인해 회수금속에 대한 관심도 매우 높아졌다.

사물인터넷은 인터넷을 기반으로 다양한 사물, 공간 및 사람을 유기적으로 연결하고, 상황을 분석·예측·판단하여 지능화된 서비스를 자율적으로 제공하는 제반 인프라 및 융복합 기술로 정의할 수 있으며 2025년 약 750억 개에 달할 것으로 예상하고 있다[4-7]. 이는 달리 말해 엄청난 양의 전기 및 전자 쓰레기를 생산될 수 있음을 의미한다. 따라서 이에 대한 선제적인 대책 마련이 필요한 시점이며 무엇보다도 사물인터넷 디바이스의 폐기 처리 정보를 포함한 식별체계에 대한 연구가 요구된다. 여러 사물인터넷 표준에서 식별체제로 객체 식별자(OID, Object Identifier), EPC(Electronic Product Code), UUID(Universally Unique Identifier), IMEI(International Mobile Equipment Identity) 등을 사용하고 있으나 아직 폐기 처리 정보에 대한 내용은 다루고 있지 않다[8-10].

세계 3대 공적 표준화 기구 ISO/TC 207, ITU/SG 5 및 IEC/TC 111에서는 전기·전자 제품 및 시스템에 대한 환경 표준화 분과를 운영 중에 있는데, 특히 IEC/TC 111에서 발간한 IEC/TR 62635 문서는 전기 및 전자 제품의 폐기 처리 정보에 대해 다루고 있다[11]. 이 기술 문서는 폐기 정보에 대한 용어정의, 처리 절차, 필요한 정보 등

을 설명하고 있으나 제품, 부품, 물질에 대한 정보를 문서 또는 웹사이트를 통해 제공하도록 권고하고 있을 뿐이며, 코드 체계화나 식별자에 대한 내용은 다루고 있지 않기 때문에 폐기 단계의 사물인터넷 디바이스의 수거 과정이나 자동화된 폐기 처리 등에 활용하기 어려운 실정이다.

따라서 본 논문에서는 IEC/TR 62635 문서 분석을 토대로 사물인터넷 디바이스의 폐기 처리(EoLT, End-of-Life Treatment) 정보를 정의하고, 이 폐기 처리 정보를 객체 식별자(OID), 모바일 RFID(Radio Frequency Identifier), QR(Quick Response) 코드 등의 식별자로 구현한다. 이를 통해 사물인터넷 디바이스의 수거 과정과 폐기 처리 과정의 효율성을 제고하고, 생산에서 폐기 과정에 이르는 사물인터넷 디바이스의 전생애 주기 관리 체계 확립에 기여하고자 한다.

II. 사물인터넷 디바이스의 EoLT 정보

IEC/TC 111은 IEC/TR 62635, IEC/TS 62650, IEC 62474, IEC 62430 문서를 발간하였다[11-14]. IEC 62474는 전자 제품에 사용되는 물질에 대해 정의하고 있으며, IEC 62430은 환경을 고려한 전기 및 전자 제품의 디자인에 대해 다루고 있다. IEC/TR 62635는 생산업자와 재활용업자 사이에 필요한 폐기 정보에 대해 가이드라인을 제시하고 있으며 IEC/TS 62650에서도 유사한 문제를 다루고 있다. 본 절에서는 IEC/TR 62635 문서의 폐기 정보를 토대로 사물인터넷 디바이스를 위한 폐기 처리 정보를 제안한다.



Fig. 1 Framework of the main definition covering EoLT [11]

먼저 IEC/TR 62635에 제시된 전기 및 전자 제품의 폐기 처리 원리에 대해 설명한다. 그림 1과 같이 크게 회수(recovery)와 잔류물 폐기(residue disposal)로 나눌 수 있다. 회수는 다시 재활용(recycling)과 에너지 회수(energy recovery)로 구분되고, 재활용은 제품과 부품의 재사용(reuse)과 물질 회수(material recovery)로 구분된다. 그

림 2는 폐기 처리의 일반적인 방법을 나타내고 있으며 사전처리, 물질 분리, 에너지 회수, 폐기의 4가지 단계를 거치게 된다. 첫 번째는 사전처리(pre-treatment)로써 유해물질을 저감시키는 처리와 부분 또는 전체 분리를 수행한다. 이를 통해 재사용가능한 부품을 분리해내고, 선별처리를 위한 부품, 단일 재활용 물질로 만들어진 부품, 처리하기 어려운 부품을 구별하여 추가적인 처리를 수행한 후 재활용되는 물질, 에너지 회수를 위한 쓰레기, 폐기를 위한 잔류물로 분류해낸다. 두 번째는 물질 분리(material separation)이며 기계적 분리, 화학적 분리, 열처리 분리를 수행한다. 이를 통해 폐기를 위한 잔류물, 금속(Fe, Cu, Al 등) 물질, 비금속(PS, ABA, PP 등) 물질로 구별해낸다. 특히 금속과 비금속 물질의 경우 가능한 추가적인 처리를 수행하여 재활용되는 물질, 에너지 회수를 위한 쓰레기, 폐기를 위한 잔류물로 다시 분류해낸다. 세 번째는 에너지 회수이며 사전처리, 물질 분리를 거쳐 남겨진 잔여물을 통해 에너지를 회수한다. 마지막으로 폐기는 적절한 쓰레기 매립지에서 이루어지게 된다.

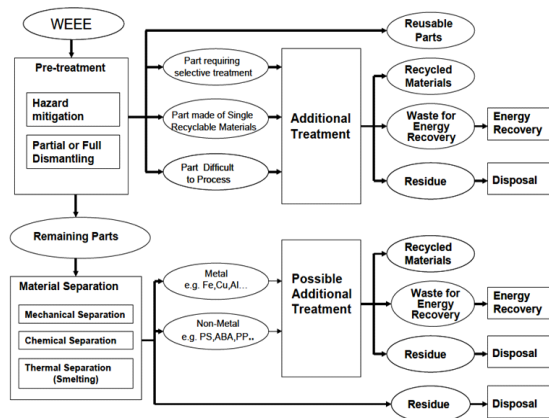


Fig. 2 EoLT generic scheme [11]

이러한 폐기 처리를 위해 전기 및 전자 제품의 생산업자는 제품/부품/물질 식별 정보를 재활용업자에게 제공해야한다. 제품 식별정보(product identification)는 생산자 ID 및 연락처, 제품의 이름, 모델 또는 종류, 전체 제품 질량(mass), 정보 공개일, 물체의 특성 등의 내용을 포함하고 있다. 또한 잠재적 위험물질(배터리, 파워 커패시터, 스프링 등)의 출처를 알 수 있도록 잠재적 위험물질 식별정보(potential hazards identification)를 제공

해야 한다. 분리를 위한 부품 식별정보(parts identification)의 경우, 제거가 요구되는 부품은 재활용업자의 필요에 따라 부품 ID, 분리 목적, 위치, 부품 질량 등의 정보가 필요하며, 나머지 부품은 IEC 62474에 따라 물질 함량 설명이 필요하다. 재사용이 가능한 부품은 재생률(RVR, Recovery Rate) 계산을 토대로 “reusable”이라고 식별할 수 있도록 한다. 제품에서 이러한 부품을 분리해낼 때 부품의 기능적 무결성이 유지되어야 하며, 상업적 재사용 또는 재정비(refurbishment) 시스템이 구축될 필요가 있다. 환경 유해물질을 저감시키기 위해서 선별 처리가 요구되는 부품(배터리, 폴리염화 바이페닐, 냉매 등)의 식별정보도 생산업자가 제공할 필요가 있다. 단일 재활용 물질로 이루어진 부품은 회수 가능률 계산을 토대로 부품의 크기, 물질 성질 등이 경제적인 가치가 있어야 하며 재활용률(RCR, Recycling Rate)이 높은 물질에 대해서는 특정 폐기 처리 채널이 요구된다. 처리가 어려운 부품(금속 부품, 특정 플라스틱 등)은 부품의 물리적 특성이나 물질 분류 처리과정의 불일치 등으로 인해 특별한 처리과정이 필요하다.

$$R_{cyc} = \frac{\sum_{i=1}^N (m_i \times RCR_i)}{m_{EEE}} \times 100\% \quad (1)$$

$$R_{cov} = \frac{\sum_{i=1}^N (m_i \times RVR_i)}{m_{EEE}} \times 100\% \quad (2)$$

위의 두 식은 폐기 처리 과정에서 판단의 근거가 되는 재활용 가능률과 재생 가능률을 나타내며 각 심볼에 대한 정의는 표 1과 같다.

Table. 1 Masses - Symbols and definition [11]

Symbol	Definition
m_i	Mass of ith part (gram)
RCR_i	Recycling rate of the ith part in the corresponding EoLT scenario (percentage)
RVR_i	Recovery rate of the ith part in the corresponding EoLT scenario (percentage)
R_{cyc}	Recyclability rate (percentage)
R_{cov}	Recoverability rate (percentage)
m_{EEE}	Total product mass (gram)

제품의 재활용 가능성은 각 부품의 무게와 그 부품의 재활용률의 곱을 모두 더한 것을 제품의 무게로 나눈 비율을 나타내고, 제품의 재생 가능성은 각 부품의 무게와 그 부품의 재생률의 곱을 모두 더한 것을 제품의 무게로 나눈 비율을 나타낸다.

사물인터넷 디바이스에서 고려하는 일반적인 생산자 정보는 표 2와 같이 생산자, 제품모델, 시리얼 번호, 연락처 등으로 구성되어 있으며 폐기 처리 정보를 담고 있지 않다.

Table. 2 Identification information of IoT devices

a. Manufacturer	NSU-CSLab (100)
b. Model name	IoT Device (3030)
c. Serial number	10011
d. Certification authority	KATS, Korea
e. Certification number	2015-0001
f. Revision	1 December 2015

이에 앞서 다루었던 폐기 처리에 대한 내용을 추가하기 위해 그림 3과 같이 사물인터넷 디바이스의 각 부품에 대한 24비트의 폐기 처리 기본 정보를 제안한다. 이것은 4가지 부품타입(ST: Selective Treatment, SR: Single Recyclable, DP: Difficult Process, SP: Separation Process)에 따라 각 부품을 구별할 수 있도록 하였으며 각 부품의 재활용률(RCR), 재생률(RVR) 데이터를 담을 수 있도록 하였다. 또한 이를 토대로 식 (1)과 식 (2)에 정의된 제품의 재활용 가능성과 재생 가능성을 계산하여 폐기 처리 정보에 추가할 수 있다. 만약 그림 3의 각 부품에 대한 폐기 처리 기본 정보를 모두 저장할 수 없는 경우, 간단히 제품에 대한 재활용 가능성과 재생 가능성만을 저장하여 활용할 수도 있다.

EoLT Type	Part or Material	RCR	RVR
4bit	6bit	7bit	7bit
0000	Reserved		
0001	ST	-	-
0010	SR	-	-
0011	DP	-	-
0100	SP	-	-
0101 ~ 1111	Reserved		

Fig. 3 Proposed EoLT basic information of parts in an IoT device

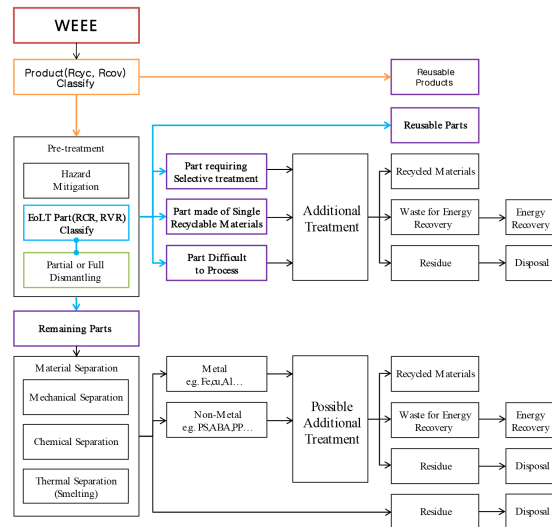


Fig. 4 Proposed EoLT scheme

그림 4는 제안한 폐기 처리 정보를 사용하여 그림 2의 일반적인 폐기 처리 방법을 변경한 것으로 제품의 재활용 가능성과 재생 가능성에 대한 Product(Rcyc, Rcov) 분류 단계를 추가하여 재사용 가능한 제품을 사전에 구별해낼 수 있도록 하였다. 또한 사전처리 과정에 EoLT Part(RCR,RVR) 분류 단계를 추가하여 재사용 가능한 부품, 선별처리를 위한 부품, 재활용 가능한 단일 소재로 만들어진 부품, 처리하기 어려운 부품, 소재 분리 처리가 요구되는 부품을 쉽게 분리할 수 있도록 하였다.

III. EoLT 정보를 활용한 식별자 구현

3.1. 객체 식별자 구현

본 절에서는 제안한 폐기 처리 정보를 객체 식별자(OID, Object Identifier)로 구현한다. 객체 식별자는 객체 대해서 전 세계적으로 중복되지 않고 유일한 고유번호를 할당 및 등록하기 위해 트리 형태의 계층구조를 사용하고 있으며, 루트 이름은 없고 최상위 영역은 0, 1, 2 총 3개 아크(arc)만 사용하고 각 영역은 국제 표준화기구에서 개별 또는 공동으로 영역을 관리하고 있다[10]. 객체 식별자를 위해 주로 사용되는 인코딩 방법으로 BER(Basic Encoding Rule) 방식이 있으며 이는 기본적으로 TLV(Type-Length-Value) 형태로 인코딩을 한다.

즉 각 데이터의 타입, 데이터의 길이 및 실제 데이터로 구성되게 된다.

사물인터넷의 대표적인 전 세계 표준인 oneM2M에서는 애플리케이션이 구동되는 oneM2M 노드를 식별하기 위해 M2M-Node-ID를 사용하고 있는데, 이를 위해 IMEI(International Mobile Equipment Identity) 넘버, 객체 식별자 등의 여러 식별 기법을 모두 허용하고 있다. oneM2M 표준의 부록에 제시된 OID-based M2M device ID에 제안한 폐기 처리 정보를 포함하여 구현할 경우 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

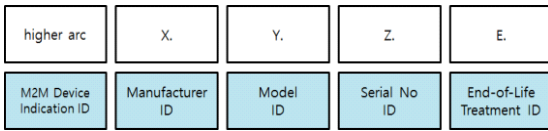


Fig. 5 Modified OID-based M2M device ID including EoLT information

그림 5에서 상위 아크, M2M Device Indication ID는 M2M 디바이스 즉 사물인터넷 디바이스의 전 세계적으로 유일한 식별자를 나타내며 ITU-T 또는 ISO에 의해 할당되고 관리된다. 첫 번째 X 아크, Manufacture ID는 사물인터넷 디바이스를 제조 및 생산하는 회사 또는 개인을 식별하기 위해 사용된다. 두 번째 Y 아크, Model ID는 생산자 X에 의해 생산된 사물인터넷 디바이스 모델을 식별하기 위해 사용된다. 세 번째 Z 아크, Serial Number ID는 사물인터넷 디바이스 모델 Y의 시리얼번호를 식별하기 위해 사용된다. 마지막으로 E 아크, 폐기 처리 정보(EoLT) ID는 시리얼번호가 Z인 사물인터넷 디바이스의 폐기 처리 정보를 식별하기 위해 사용된다. 구체적인 예시로써 사물인터넷 디바이스의 폐기 처리 정보를 포함한 객체 식별자 { 0 2 481 1 100 3030 10011 7640 }를 구현하면 표 3과 같다. 여기서 폐기 처리 정보 7640은 재활용 가능률 59%, 재생 가능률 88%를 가정한 상태에서 10진수 숫자 정보를 각각 2진수로 변환하고 두 개의 2진수를 더하여 14비트를 만든 후 다시 10진수로 변환하여 얻은 값을 나타낸다. 재활용 가능률, 재생 가능률의 10진수 숫자 정보를 그대로 BER 인코딩하는 것보다 위와 같이 처리하는 것이 비트 수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 사물인터넷 디바이스 재활용업자는 이러한 간단한 폐기 처리 정보만으로도 폐기 처리 여부를 사전에 판단할 수 있다.

Table. 3 Proposed OID with EoLT information

OID								Meaning
higher arc			X.	Y.	Z.	E.		
0								Managing organization ITU-T
0	2							Administration
0	2	481						The data country code for Korea
0	2	481	1					An M2M device
0	2	481	1	100				The device manufacturer
0	2	481	1	100	3030			The device model
0	2	481	1	100	3030	10011		the device serial number
0	2	481	1	100	3030	10011	7640	Recyclability rate : 59% Recoverability rate : 88%

3.2. 모바일 RFID 구현

RFID는 무선주파수를 이용해 먼 거리에서 ID를 식별하는 시스템으로 본 절에서는 사물인터넷 디바이스에서 사용될 수 있는 모바일 RFID 식별자를 대상으로 폐기 처리 정보를 구현한다. 모바일 RFID 식별자 종류는 그림 6과 같이 mCode, micro-mCode, mini-mCode 등이 있다[15]. mCode는 48비트에서 128비트까지 길이를 가질 수 있는데 현재는 96비트까지의 대상으로 체계가 정해져 있고 128비트 길이의 코드체계는 향후를 위해 예약되어 있다. 12 비트의 TLC(Top Level Code)는 모바일 RFID 관련 최상위 기관에 의해 할당된다. 다음으로 001H ~ EFFH까지 정의되어 있는데 000H과 F00H ~ FFFH는 특수 목적 및 확장을 위해 예약된 영역이다. 4 비트의 Class는 TLC를 할당 받은 최상위 기관이 하부 기관에 코드를 할당 할 때 하부 기관의 규모 및 콘텐츠의 수를 고려하여 여러 구조의 코드를 할당하기 위해 사용한다. micro-mCode는 32비트의 길이를 갖으며 2차원 바코드를 필요로 하는 서비스나 망사업자를 위한 용도로 사용 가능하다. TLC는 최상위 기관에게 할당 되며, TLC를 할당 받은 최상위 기관이 독자적으로 서비스를 제공하기 위해 29 비트의 코드를 직접 할당하여 사용한다. 마지막으로 mini-mCode는 작은 태그 메모리 적용을 위하여 설계된 코드이다.

TLC (12bits)	Class (4bits)	CC+ICC+IC+SC						Length (bits)	Class Type
		16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits		
000 _n		Reserved						N/A	-
001 _n EFF _n	0 _n	IC						48	A
	1 _n	CC	IC					64	B
	2 _n -3 _n							64	C
	4 _n	CC	IC	SC				96	D
	5 _n	CC	IC	SC				96	E
	6 _n	CC	ICC	IC				96	G
	7 _n -E _n	Reserved						N/A	-
F _n	Reserved for class extension						N/A	-	
F00 _n ~ FFF _n	Reserved for other code structure						N/A	-	

(a) mCode

TCL (3 bits)	IC (29 bits)
000 ₂	Reserved
001 ₂ ~ 110 ₂	IC
111 ₂	Reserved

(b) micro-mCode

0-7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	Class Type
TCL	Class																								
00 _n	Reserved																								-
01 _n ~ EF _n	00 _n	CC	ICC				IC				SC				A										
	01 _n	CC	ICC				IC				SC				B										
	10 _n	ICC				IC				SC				C											
	11 _n	L1					SC								D										
F0 _n ~ FF _n	Reserved																								-

(c) mini-mCode

Fig. 6 Mobile RFID: mCode, micro-mCode, mini-mCode

제안한 폐기 처리 정보를 활용하여 구현된 모바일 RFID 코드는 그림 7과 같다. mCode, micro-mCode, mini-mCode 모두 재활용 가능률 59%, 재생 가능률 88% 각각 10진수 숫자 정보를 16진수로 변환하여 삽입하였다.

TLC (12bits)	Class (4bits)	CC+ICC+IC+SC						Length (bits)	Class Type	
		16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits			
001 _n	0 _n	3 _n	B _n	5 _n	8 _n	Reserved			16bit	A

(a) mCode

TCL (3 bits)	IC (29 bits)
001 ₂	0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0

(b) micro-mCode

0-7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	Class Type
TCL	Class																								
01 _n	00 _n	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	Reserved						-	

(c) mini-mCode

Fig. 7 Proposed Mobile RFID with EoLT information

3.3. QR 코드 구현

본 절에서는 객체 식별자나 모바일 RFID와 같이 원 거리에 위치한 서버와의 통신을 통해 식별하는 기법이 불가능할 경우를 대비하여, 사물인터넷 디바이스의 재활용 가능률, 재생 가능률은 물론 부품에 대한 자세한 폐기 처리 정보를 저장할 수 있는 QR 코드를 구현한다. QR 코드는 2차원 코드이며, 기존의 바코드는 한 방향으로만 정보를 저장하는 반면, QR 코드는 가로와 세로 두 방향으로 정보를 저장하기 때문에 기존 바코드에 비해 더 많은 정보를 담을 수 있다는 장점이 있다[16]. 또한 숫자, 영어, 한자, 한글, 기호, 바이너리 코드 등을 처리할 수 있으며 7,089문자(숫자), 영문자 400자까지 1개의 코드로 표현이 가능하다. 제안한 QR 코드는 코드를 생성해주는 무료 사이트(<http://www.qrstuff.com/> 등)에서 자세한 폐기 처리 정보를 입력하여 그림 8과 같이 쉽게 구현할 수 있고 스마트폰을 애플리케이션으로 QR 코드를 인식하여 폐기 처리 정보를 다시 확인할 수 있다.

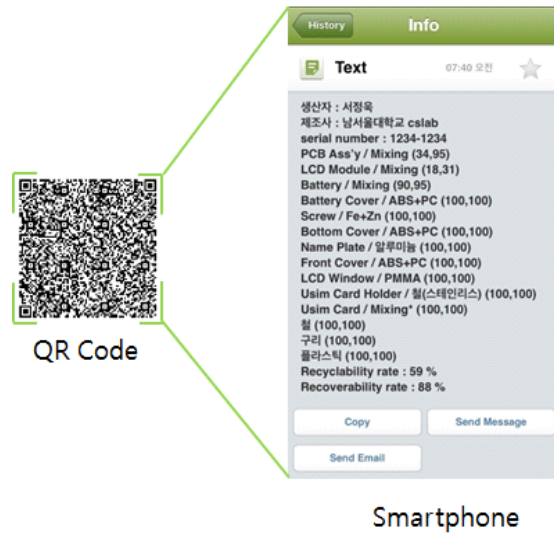


Fig. 8 Proposed QR code with EoLT information

IV. 결론

본 논문에서는 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 사물인터넷 디바이스들이 엄청난 양의 전기 및 전자 쓰레기를 양산할 수 있다는 문제를 제기하였다. 또한 이에 대한 대책의 일환으로 IEC/TR 62635 문서를 토대로 사

물인터넷 디바이스의 재활용 가능성과 재생 가능성, 각 부품의 재활용률 및 재생률 등을 포함한 폐기 처리 정보를 제안하였고 객체 식별자, 모바일 RFID, QR 코드 등의 식별자로 구현한 예를 제시하였다. 객체 식별자와 모바일 RFID는 통신 네트워크를 통해 원격 서버와 연동하여 사용될 수 있고, QR코드는 통신 네트워크나 서버 없이도 스마트폰 앱을 통해 간단히 사용될 수 있다. 이러한 식별자를 활용할 경우, 용도나 수명을 다한 사물인터넷 디바이스의 수거 과정이나 재활용 및 재생 등을 포함한 폐기 처리 과정을 자동화하여 효율성을 높이고, 생산에서 폐기 과정에 이르는 사물인터넷 디바이스의 전생애 주기 관리 체계를 보다 실효적으로 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENT

Funding for this paper was provided by Namseoul University.

REFERENCES

- [1] K. Parajuly, R. Kuehr, A. K. Awasthi, C. Fitzpatrick, J. Lepawsky, E. Smith, R. Widmer, and X. Zeng, "Future e-waste scenarios," *StEP Initiative, UNU VIE-SCYCLE and UNEP IETC*, 2019.
- [2] International Labour Organization, "Decent work in the management of electrical and electronic waste (e-waste)," *Global Dialogue Forum on Decent Work in the Management of Electrical and Electronic Waste (E-waste)*, Apr. 2019.
- [3] H. Do, "Electronics industry and environmental standardization", *KATS Technical Report*, Aug. 2014.
- [4] J. Seo, and H. Kim, "Requirements of Total Life-Cycle Management of Internet-of-Things devices," *The Magazine of KIICE*, vol. 15, no. 2, pp. 24-29, 2014.
- [5] J.-H. Lee, "A Literature Review on Security for Internet of Things in Korea based on IoT S-P-N-D-Se Ecosystem Model," *Journal of Security Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 397-414, Aug. 2015.
- [6] S. Chung, J. Choi, and J. Park, "Design of Software Quality Evaluation Model for IoT," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 7, pp. 1342-1354, Jul. 2016.
- [7] Statista, "Internet of Things - number of connected devices worldwide 2015-2025," *Statista Research Department*, Nov. 2019.
- [8] S. Husain, A. Prasad, A. Kunz, A. Papageorgiou, and J. Song, "Recent Trends in Standards Related to the Internet of Things and Machine-to-Machine Communications," *Journal of information and communication convergence engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 228-236, Dec. 2014.
- [9] J. Koo, S.-R. Oh, and Y.-G. Kim, "Device Identification Interoperability in Heterogeneous IoT Platforms," *Sensors*, vol. 19, no. 6, pp. 1-16, Mar. 2019.
- [10] H. Aftab, K. Gilani, J. Lee, L. Nkenyereye, S. Jeong, and J. Song, "Analysis of identifiers on IoT platforms," *Digital Communications and Networks*, May. 2019.
- [11] IEC/TR 62635, "Guidelines for end-of-life information provided by manufacturers and recyclers and for recyclability rate calculation of electrical and electronic equipment," Oct. 2012.
- [12] IEC/TS 62650, "End of Life information exchange for electrotechnical equipment between manufacturers and recyclers," Sep. 2010.
- [13] IEC 62474, "Material declaration for products of and for the electrotechnical industry," Jul. 2015.
- [14] IEC 62430, "Environmentally conscious design for electrical and electronic products," Feb. 2009.
- [15] Y. Park, and J. Seo, "An Identification System Using RFID Codes for Production and Disposal Information of Internet of Things Devices," in *Proceedings of Proceedings of the Korean Society for Internet Information Conference*, vol. 18, no. 1, pp. 217-218, Apr. 2017.
- [16] J.-H. Lim, and J. Seo, "An Identification System Using QR Codes for Production and Disposal Information of Internet of Things Devices," in *Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference*, vol. 15, no. 4, pp. 664-665, May. 2016.



서정욱(Jeongwook Seo)

2014년 3월 - 현재 남서울대학교 정보통신공학과 부교수
 2001년 1월 - 2014년 2월 KETI 스마트네트워크 연구센터 책임연구원
 2010년 8월 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
 ※관심분야 : 사물인터넷, 머신러닝/딥러닝, 행위 및 감정인식