

전자사진 기술을 사용하는 이미징 장치의 에너지 효율 기준 연구

박준영¹ · 윤원식^{2*}

Energy efficiency standard for imaging equipments using electrophotograph printing

Jun-Young Park¹ · Wonsik Yoon^{2*}

¹Performance Evaluation Center., Korea Testing Certification, Gunpo-city, Gyeonggi-do, Korea

²Department of Electrical and Computer Eng., Ajou University, Suwon 443-749, Korea

요 약

본 논문에서는 전자사진 기술을 이용하는 프린터, 복사기, 팩시밀리, 복합기 등과 같은 이미징 장치의 효율등급기준에 대한 연구를 수행하였다. 대기전력을 관리하고 있는 현 제도의 문제점을 파악하고 효율관리 필요성을 제안하였으며, 이를 위한 효율 기준을 국내 대기전력저감 프로그램에 등록된 실증 데이터를 기반으로 개발하였다. 효율부여 지표를 찾기 위해 상관분석(Correlation Analysis)을 실시하였으며, 인쇄 속도가 가장 큰 상관계수(Correlation Coefficient)를 가짐을 확인하였다. 이를 적용한 복합기, 프린터에 대한 1~5 등급의 효율등급 기준과 에너지 프론티어 기준을 도출하였으며, 정책반영 시 연간 약 650 억 원의 에너지 비용을 절감할 것으로 기대한다.

ABSTRACT

In this paper, an efficiency grade standard for imaging equipments using electrophotograph printing such as a printer, copier, fax, and MFD (Multi Function Device) is studied. By emphasizing domestic standby power reduction program's problem, and proposing the necessity of efficiency management, the efficiency standard is developed by reliable data registered in domestic standby power reducing program. To find an efficiency indication for grade, correlation analysis is used and as a result, printing speed has the biggest correlation coefficient. By applying the efficiency indication for grade, the proposed certification standard is established in 1st to 5th level products and super-high-efficiency product (energy frontier) which is better than 1st to 5th level products. If these efficiency standards are chosen by government policies, it is expected to save 65 billion won reduction of energy cost per year.

키워드 : 이미징 장치, TEC, 효율등급기준, 상관분석, 에너지 절감

Key word : Imaging equipments, TEC, Efficiency grade standard, Correlation analysis, Energy saving

접수일자 : 2014. 06. 29 심사완료일자 : 2014. 07. 22 게재확정일자 : 2014. 08. 16

* **Corresponding Author** Wonsik Yoon (Email:wsyoon@ajou.ac.kr, Tel:+82-31-219-2371)

Department of Electrical and Computer Eng., Ajou University, Suwon 443-749, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.10.2433>

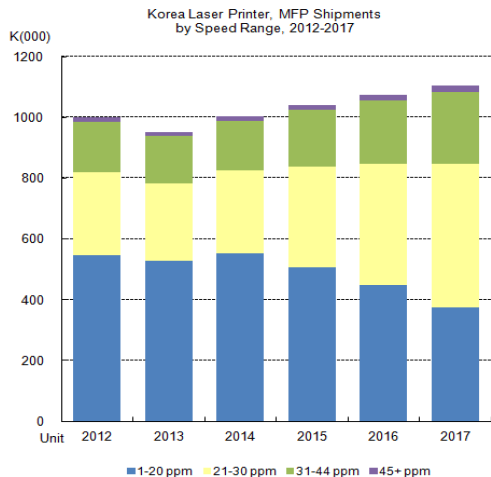
print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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. 서 론

인류가 만물의 영장으로 문명을 만들고 문화를 발전시킬 수 있었던 것은 인쇄기술의 발달에 기인한다. 기원전 4000년 메소포타미아 문명에서 설형문자로 책을 만들던 것을 시작으로 우리나라 흥덕사에서 간행된 직지심체요철(1377년), 구텐베르크의 금속활자(1455년) 등 인쇄 기술은 문화와 함께 번성하였다. 근대의 산업혁명기에 들어서는 ‘오프셋’ 인쇄 방식으로 불리는 아날로그 인쇄로 대량 출판이 가능해졌으며, 디지털 시대에 흐름에 발맞추어 인쇄에도 디지털 기술이 적용되어 맞춤형 소량 출판이 가능한 개인 출판의 시대가 열렸다. 최근에는 모바일 및 스마트 폰 시장이 활성화되면서 출력기기도 이러한 스마트폰 및 모바일 시장의 출력 형태에 따라 진화하고 있으며, 클라우드 프린팅과 와이파이 및 블루투스를 활용한 스마트폰 프린팅과 같은 기술이 개발되고 있다[1].

프린터, 복사기, 복합기, 팩시밀리 등을 통칭하는 이미징 장치는 인쇄 혁명을 가능하게 만든 장비인으로 컴퓨터와 함께 비즈니스 디지털 기기의 핵심 장비로 자리 잡고 있으며 미래에는 3D 프린팅을 비롯한 소형·경량, 고해상도, 고성능 제품의 수요가 늘어나 가정에서도 손쉽게 사용될 것으로 전망된다.



Source: IDC, 2013

그림 1. 국내 레이저 프린터 및 복합기 시장 전망

Fig. 1 Domestic market forecast for laser printers and multi function devices

그림 1의 최근 이미징 장치의 연간 판매량은 약 100만대로 지속적으로 늘어나고 있으며, 에너지 소비량은 커져가고 있다. 미국 환경청이 실시하는 에너지저감 프로그램인 에너지 스타의 이미징 장치에 대한 전력소비 현황을 소개하는 자료를 보면 미국 빌딩에는 1억 7천만 개의 이미징 장치가 있으며 연간 30억 kWh의 에너지를 소비한다. kWh 당 160원으로 환산하면 연간 4800억 원에 해당하는 에너지 비용이 발생하는 것이다. 하지만 2014년도에 개정된 인증 기준에 부합한 이미징 장치 구매 시 40~55%의 에너지를 절감할 수 있어 효율 관리의 필요성을 강조하고 있다[2].

반면, 우리나라는 2008년 이래로 대기전력 1W 이하를 위해 경고라벨 표시제도 정책을 펴왔다[3]. 하지만 이미징 장치의 성능 향상과 사용자 편의 기능을 다양하게 요구하는 현 시장 상황을 볼 때, 기준을 강화하여 에너지를 절감하는 기존 방식은 에너지 절감이라는 근본 목적을 벗어나 ‘규제’로 인식하고 있다. 최근 규제 개혁을 지향하는 산업부의 ‘법정 인증제도 개선’을 위한 규제 청문회 결과를 보면 “컴퓨터, 모니터 등 사무용 기기의 대기전력 저감을 목적으로 하는 대기전력 저감제도를 효율관리기자재 지정 제도에 통합하고, 대상품목도 프린터·유무선 공유기 등 대기전력저감 필요성이 높은 품목을 중심으로 대폭 줄이는 정책 방향”이 발표되었다[4]. 이러한 정책 동향을 반영하여 그림 2와 같이 이미징 장치를 위한 대기전력에서 효율 관리로의 이행이 필요하다.



그림 2. 이미징 장치의 효율관리 제안

Fig. 2 Efficiency management proposition for imaging equipments

본 논문은 이러한 대내외 정책변화에 능동적으로 대응하기 위해 시장에 가장 많이 보급되어 있는 전자사진 이미징 장치의 소비전력에 영향을 미치는 주요 인자를 명확하게 규명하고 그 수준을 파악하여 효율기준을 제시하고자 한다.

II. 소비전력 측정 및 결과

2.1. TEC (Typical Energy Consumption) 측정

전자사진 기술을 이용하는 이미징 장치의 동작 모드에서 소비하는 전력을 측정하기 위해 TEC 측정 방법이 널리 사용되고 있다. TEC 측정 방법은 그림 3과 같이 일반 사무환경에 소비전력 패턴을 조사하고 이를 주 단위로 모델링하여 주간소비전력을 측정하는 방법이다. 2005년 미 환경청에서 개발되었으며, 독일의 환경마크인 Blue-Angel, 중국의 China Energy Label, 우리나라 대기전력저감 프로그램에서도 이 방법을 사용하고 있다.



그림 3. TEC 측정 모델
Fig. 3 TEC measurement model

TEC는 (1)과 같은 산출식에 의해 구해지는데 앞의 항은 주중의 소비전력량을 의미하고 뒤의 항은 주말에 소비하는 전력량을 의미한다. 따라서 단위는 kWh/week 로 표현되며 국내에서는 주간소비전력량이라고 정의하고 있다.

$$TEC = 5 \times \left[E_{JOB-DAILY} + (2 \times E_{FINAL}) + 48 \times \frac{E_{SLEEP}}{t_{SLEEP}} + \left[(24 - (N_{JOBS} \times 0.25)) - (2 \times t_{FINAL}) \right] \times \frac{E_{SLEEP}}{t_{SLEEP}} \right] \quad (1)$$

여기서 $E_{JOB-DAILY}$ 는 1일 작업소비전력량, E_{FINAL} 은 최종소비전력량, N_{JOBS} 는 1일 작업수, t_{FINAL} 는 최종시간, E_{SLEEP} 은 슬립모드소비전력량, t_{SLEEP} 은 슬립모드 시간을 의미한다.

1일 작업소비량 $E_{JOB-DAILY}$ 는 식 (2)로부터 구해진다.

$$E_{JOB-DAILY} = (2 \times E_{JOB1}) + \left((N_{JOBS} - 2) \times \frac{E_{JOB2} + E_{JOB3} + E_{JOB4}}{3} \right) \quad (2)$$

여기서 E_{JOBn} 는 n 번째 측정된 작업소비전력량을 의미하며 1일 작업소비전력량을 계산하기 위해서 4번의 작업에 대한 소비전력을 측정한다[5].

2.2. 시험구성

TEC 측정을 위한 회로도를 살펴보면 그림 4와 같다. 전원 소스로 부터 표 1의 조건을 만족하는 안정된 전원이 들어와 시험 시료에 공급된다. 시험 시료는 공장 출하 당시에 초기조건에서 시험하게 되어 있으며, 만약 출하 당시에 네트워크 기능이 활성화되어 있다면 해당 네트워크를 연결하여 시험을 실시하여야 한다.

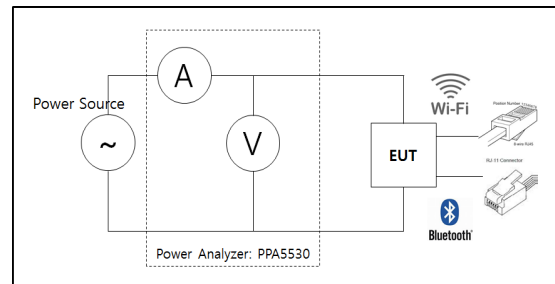


그림 4. TEC 측정회로도
Fig. 4 Circuit of TEC measurement

시험을 위해 준비된 시료는 그림 5의 프린터 기능이 있는 전자사진 기술의 복합기 제품으로 메모리는 32 MB이며 인터페이스로는 USB, Ethernet, WiFi-Direct를 제공한다. WiFi-Direct 기능은 출하 시 오프된 상태였으므로 시험 진행시 오프로 하였으며, Ethernet과 FAX 모뎀 기능은 활성화하였다. 흑백 인쇄 속도는 A4 용지 기준 30 ipm으로 분당 30장을 출력하는지 확인 후 작업표

에 따라 작업 당 화상수를 15 장으로 하여 작업 모드 소비전력을 측정하였다.

표 1. TEC 시험조건

Table. 1 TEC test condition

시험조건	요구 사항
입력전압	220 V ± 1 %
입력주파수	60 Hz ± 1 %
주위온도	23 ± 5 °C
입력전압의 왜율	2% 이내
상대습도	10 ~ 80% (복사기, 복합기 해당)
벽과의 거리	60cm 이상 (복사기, 복합기 해당)
소비전력계 요구사항	① 최소 주파수 응답: 3.0 kHz ② 해상도 - 10 W 이하의 측정 시 0.01 W 이하 - 10 W ~ 100 W 측정 시 0.1 W 이하 - 100 W ~ 1.5 kW 측정 시 1 W 이하 - 1.5 kW 초과 측정 시 10 W 이하 ③ 불확도 - 신뢰도가 95%에서 불확도는 2% 이하 - 0.5 W 미만인 전력량을 측정할 때 신뢰도가 95 %에서 불확도는 0.02 W 이하



그림 5. 시험시료와 계측기
Fig. 5 Photograph of filed test

2.3. 시험결과

이미징 장치의 전력 상태를 보면 그림 6과 같이 0.03에서 최대 1100 W까지 넓게 분포한 소비전력 그래프가 측정된다.

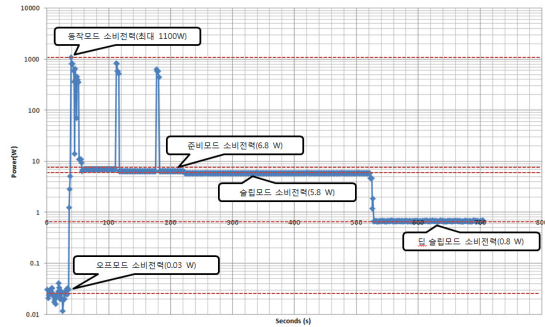


그림 6. TEC 시험 데이터
Fig. 6 TEC test data

위의 전력 분포를 복합기의 표시화면과 비교하여 살펴보면 표 2와 같이 5가지의 전력 레벨을 가지고 있다.

첫째, 동작모드로서 현상기의 열을 가하고 급지와 배지 모터를 구동 시키므로 가장 많은 에너지를 소비한다.

둘째, 준비모드로서 인쇄를 하지 않는 동작 상태에 있으며 어떠한 슬립모드에도 들어가지 않고 최소의 이행 시간으로 온 모드에 들어갈 수 있는 상태이다.

셋째, 슬립모드로서 일정시간 동작이 이루어지지 않은 후 자동적으로 전환되어 실현되는 저 전력 상태이다. 때때로 이 슬립모드는 제조사에 따라 더 낮은 전력레벨로 구현되는데 이것을 딥 슬립모드라고 한다.

마지막은 오프모드로서 전원 스위치를 내려 기기를 사용하지 않도록 하는 상태로 가장 낮은 대기전력을 가지게 된다.

표 2. 동작 모드별 표시 화면

Table. 2 Display according to operation mode

동작 모드	표시 화면	전력 레벨
인쇄 모드	Printing	300 ~ 1100 W
인쇄 대기모드	Please wait	300 ~ 1100 W
준비 모드	Ready	5 ~ 30 W
슬립 모드	Sleep	0.5 ~ 20 W
딥슬립 모드	Deep Sleep	1 W 이하
오프 모드	-	약 0 W

이미징 장치는 동작 모드별 소비전력 수준이 다르기 때문에 효율 기준 수립이 어려운 기기이나 TEC 모델에 따라 주간 소비전력량을 측정하면 기기의 소비전력을 대변하는 대표 값을 얻을 수 있다. 표 3은 TEC 측정결

과를 나타낸다.

표 3. TEC 시험 결과
Table. 3 TEC test result

시험항목	단위	시험결과
인쇄속도	ipm	30
오프모드	W	0.03
1일 작업수	jobs	30
작업당화상수	images	15
슬립모드이행시간	hours	5분
슬립모드소비전력	kWh	0.791
작업소비전력1	kWh	0.0137
작업소비전력2	kWh	0.0132
작업소비전력3	kWh	0.0133
작업소비전력4	kWh	0.0132
최종시간	hours	0
최종소비전력량	kWh	0
자동오프소비전력량	kWh	해당없음
자동오프시간	hours	해당없음
1일 슬립모드 소비전력량	kWh	0.013
1일 작업 소비전력량	kWh	0.399
주간 소비 전력량(TEC)	kWh/week	2.096
에너지 스타 v 2.0 인증기준	kWh/week	2.15

TEC 측정결과의 측정값은 2.096 kWh/week로 에너지 스타 인증 기준인 2.15 kWh/week보다 낮아 인증에 부합됨을 확인할 수 있다.

III. 상관 분석 및 효율부여지표제안

3.1. 데이터 수집방법

기준개발 시 가장 좋은 방법은 샘플링을 통한 개발이 아닌 모 집단에 대한 분석을 통한 결과이다. 이는 효율 등급기준개발을 위한 기초데이터로 단순히 몇 개의 제품의 샘플링이 아닌 전체 데이터가 필요하다. 하지만 표 4에서 확인할 수 있듯이 2013년 한해에만 399개의 제품이 출시되고 등록된다[6]. 따라서 이 많은 제품들을

일일이 구매하여 측정하여 기준을 개발하는 방법으로는 시간적, 금전적 한계가 있다. 다행히도 국내 대기전력저감 프로그램에 따라 의무적으로 출시 전 제품의 TEC를 측정해야하고 에너지관리공단 홈페이지에 시험 결과를 등록하도록 되어있다.

표 4. 연간 신고 실적
Table. 4 Annual registration data

제품명	2010	2011	2012	2013	2014	총계
프린터	119	139	70	154	44	526
복합기	108	191	160	239	78	776
복사기	9	3	0	6	0	18
팩시밀리	0	1	9	0	0	10
총계	236	334	239	399	122	1330

따라서 본 연구에서는 에너지관리공단에 등록된 최근 5개년도의 시험 데이터를 토대로 기준을 개발하였다. 이러한 방법을 통해 최근 출시한 제품을 반영할 수 있으며, 샘플링을 통한 기준개발이 아닌 모집단에 대한 기준 개발을 수행하였다.

3.2. 소비효율등급 부여지표

소비효율등급 부여지표란 각기 다른 성능의 제품에 효율등급을 공정하게 부여하기 위해 개발되는 상대 값으로 제품의 효율을 대변한다. 본 절에서는 TV의 효율 등급부여지표를 예로 들면서 이미징 장치의 효율등급 부여지표 개발을 위해 어떠한 성능 지표가 필요한지 알아본다.

TV의 효율등급부여지표 산출식을 살펴보면 식 (3)과 같다[7]. TV의 소비효율등급 부여지표 R을 살펴보면 동작모드 소비전력을 화면면적의 제곱근으로 나누었는데 이는 TV의 소비전력과 관련된 주 성능 지표가 화면면적이라는 점에 기인한다. 화면을 구성하는 LCD 패널과 BLU(Back Light Unit)은 전력을 가장 많이 소비하는 부품으로 이는 화면면적이 커질수록 비례하여 소비전력이 커지는 경향이 있기 때문이다.

$$R = \frac{\text{동작모드 소비전력}[W]}{\text{화면면적의 제곱근}[\sqrt{m^2}]} \quad (3)$$

이미징 장치 역시 TV의 화면면적 제공급과 같은 성능지표를 찾아낼 필요성이 있다. 다음 절에서는 상관분석 기법을 통해 이미징 장치의 주요성능지표를 찾는다.

3.3. 상관 분석(Correlation Analysis)

상관분석은 변수들 간에 존재하는 선형관련성의 정도를 측정하여 분석하는 방법이다[8]. 이때 선형관련성의 정도를 측정하는 척도로는 상관계수(Correlation Coefficient)를 사용한다. 상관계수는 Pearson의 적률상관계수(γ)가 가장 보편적으로 사용되는데 모집단으로부터 추출한 크기 n 인 표본의 자료를 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 이라고 하면 표본상관계수(γ_{xy})는 식 (4)과 같이 정의된다.

$$\gamma_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

여기서 \bar{x}, \bar{y} 는 각 표본의 평균을 나타내고, 상관계수(γ_{xy})은 변수 관계의 정도와 방향을 나타낸다. 상관계수는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① γ_{xy} 는 -1.0에서 +1.0 사이의 값을 가진다. -1.0 또는 1.0에 가까울수록 밀접한 상관이 있다.
- ② 변수와의 방향은 (-)와 (+)로 표현하며, 양의 상관관계일 경우에는 (+)값이 나타나고, 음의 상관관계의 경우에는 (-)값이 나타난다.
- ③ γ_{xy} 값이 0에 가까울수록 변수간의 관련성이 없는 것으로 해석한다.

또한 상관계수의 통계적 유의성 검정을 실시하기 위해 아래와 같은 가설을 정의한다.

귀무가설(H_0) : 두 변수 간에는 상관관계가 존재하지 않는다. $H_0 : r = 0$

대립가설(H_1) : 두 변수 간에는 상관관계가 존재한다. $H_1 : r \neq 0$

그리고 귀무가설(H_0)이 진실일 확률을 유의확률(p-값)이라 하고, 유의수준(α) 이하이면 귀무가설(H_0)을 기각하고 두 변수 간에는 상관관계가 존재($r \neq 0$)한다는

대립가설(H_1)을 채택한다. 유의수준(α)은 0.01로 설정하여 상관분석을 실시하였다.

3.4. 상관 분석 결과

분석에 앞서 신뢰성 있는 데이터를 확보하기 표 4의 신고된 776 개의 데이터 중 신고 시 기입을 잘못 하거나 기입되어 있지 않은 다음과 같은 불량 데이터를 제외한 총 301개의 복합기 데이터들이 사용되었다.

- ① 정격소비전력: 200 W 이하의 데이터
- ② RAM: 0으로 기입되어 있는 데이터
- ③ 해상도: 0으로 기입되어 있는 데이터

분석 프로그램은 IBM사의 SPSS Statistics Version 21을 사용하였다. 이 프로그램은 주로 사회과학의 자료 분석을 위해서 만들어진 통계 프로그램 패키지로 본 논문에서 필요한 상관분석을 할 수 있는 툴을 포함하고 있다[9].

표 5와 6의 기술통계량과 주요 인자별 상관관계를 살펴보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 흑백속도, 해상도, 정격 소비전력은 유의확률보다 작기 때문에 상관관계가 존재한다고 볼 수 있다. 특히 흑백 인쇄 속도는 Pearson 상관계수가 0.643으로 양의 관계를 가지며, 가장 큰 상관관계를 지니는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 TEC 측정 동안 인쇄 속도가 얼마나 큰 영향을 미치는지 수치적으로 보여주는 결과이다.

표 5. 기술통계량

Table. 5 Descriptive statistics quantity

	평균	표준편차	N(샘플수)
흑백속도	38.58	16.000	301
해상도	1208.64	1111.662	301
RAM	1203.28	1153.442	301
정격	1424.68	715.791	301
TEC	4.551	3.4989	301

3.5. 효율부여지표제안

앞 절의 통계 분석을 통해 흑백 속도가 가장 큰 상관관계를 가지며, 상관분석이 선형관련성의 정도를 측정하는 척도이므로 식 (5)와 같이 TEC 소비전력량을 흑백속도로 나누는 소비효율 등급 부여지표 R을 제안하였다.

표 6. TEC와 주요 인자 사이의 상관관계

Table. 6 Correlation between TEC and main index

		흑백속도	해상도	RAM	정격	TEC
흑백속도	Pearson 상관계수	1	0.063	0.387**	0.533**	0.643**
	유의확률 (양쪽)	-	0.273	0.000	0.000	0.000
해상도	Pearson 상관계수	0.063	1	-0.136*	-0.158**	0.185**
	유의확률 (양쪽)	0.273	-	0.018	0.006	0.001
RAM	Pearson 상관계수	0.387**	-0.136*	1	0.690**	0.001
	유의확률 (양쪽)	0.000	0.018	-	0.000	0.989
정격	Pearson 상관계수	0.533**	-0.158**	.690**	1	0.172**
	유의확률 (양쪽)	0.000	.006	.000	-	0.003
TEC	Pearson 상관계수	0.643**	0.185**	0.001	0.172**	1
	유의확률 (양쪽)	0.000	0.001	0.989	0.003	-

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다. N=301

$$R = \frac{\text{TEC 소비전력량[kWh/week]}}{\text{흑백속도[ipm]}} \times 1000 \quad (5)$$

여기서, 소숫점 자리에서 정수자리로 등급 부여에 용이하도록 할 수 있도록 상수 1000을 곱하였다. 제안된 효율부여지표를 신고된 데이터를 토대로 가로축의 인쇄 속도, 세로축의 R 값으로 하여 그림 7의 분포표로 나타내었다. 분포된 값을 살펴보면 효율부여지표 R은 이제 주요 성능인자였던 인쇄 속도의 영향을 크게 받지 않아 인쇄 속도가 다른 기기기간의 효율 등급의 차이가 발생하지 않음을 볼 수 있다.

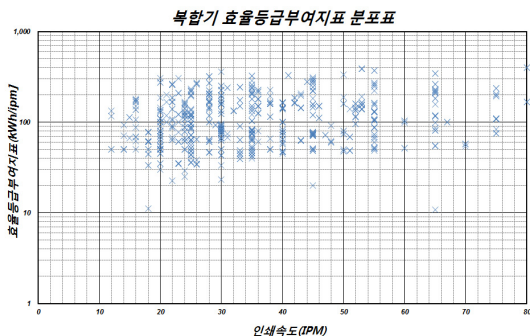


그림 7. 복합기 효율등급 분포도
Fig. 7 Distribution chart for MFD's efficiency grade

이는 TV의 효율등급 부여지표에서 화면면적에 따라 효율 등급이 나뉘는 현상을 방지할 수 있도록 한 것으로 TV의 화면면적과 같은 성능지표가 이미징 장치에서는 인쇄 속도와 같음을 의미한다.

IV. 효율관리 기준안 도출

4.1. 등급별 비율 제안

에너지 소비효율 등급 표시제도에 따라 1 ~ 5등급을 구분하고 1등급 보다 더 효율이 좋은 초고효율 제품의 개발 의지를 고취시키고자 에너지 프론티어 등급을 신설한 각 등급별 비율을 표 7에 도시하였다.

표 7. 등급별 비율 제안

Table. 7 Proposition for efficiency grade rate

등급	소비효율등급 부여지표(R)
에너지 프론티어	0 %
1	상위 20 %
2	20 ~ 40 %
3	40 ~ 60 %
4	60 ~ 80 %
5	80 ~ 100 %

이러한 소비효율등급의 비율은 정부의 정책방향, 기술 수준에 대한 종합적 검토를 통해 결정하는 것이 바람직할 것으로 사료되며 이 과정에서 본 논문에서 제시한 각 등급별 비율 제안이 적절히 활용될 것으로 기대한다.

4.2. 효율등급 기준(안) 및 기대효과

프린터, 복사기, 복합기, 팩시밀리는 각 제품별 특징 및 동작이 다르므로 개별 제품군에 대한 등급기준이 필요하다. 하지만 표 4에서 살펴 본 것과 같이 복사기, 팩시밀리는 최근 5년 동안 각 18건, 10건으로 신제품 출시가 줄어들고 있는 추세이다. 따라서 본 논문에서는 복사기와 팩시밀리를 제외한 복합기, 프린터의 효율등급 기준만을 제시한다.

표 8은 복합기 제품의 등급별 비율에 따른 소비효율 등급부여지표이다. 표 7에서 목표하는 각 등급별 20%의 비율을 유지하고 있음을 볼 수 있다.

표 8. 복합기의 효율 등급 기준(안)
Table. 8 Efficiency grade standard for MFD

구분 (등급)	소비효율등급 부여지표(R)	등급별 모델	실제비율 (%)
에너지 프론티어	$R \leq 10$	0	0
1	$10 < R \leq 55$	184	20.0
2	$55 < R \leq 76$	182	19.7
3	$76 < R \leq 116$	187	20.3
4	$116 < R \leq 164$	175	19.0
5	$164 < R \leq 402$	194	21.0

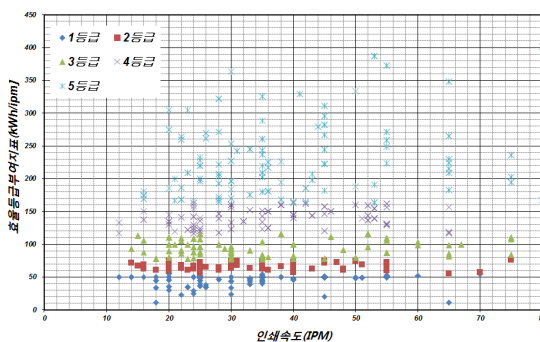


그림 8. 복합기의 1 ~ 5 등급 분포그래프
Fig. 8 Distribution chart of MFD's 1st to 5th grade

에너지 프론티어의 경우 제조업체의 에너지효율 향상 기술개발을 촉진을 고취시키고자 0 %로 설정하였다. 그림 8은 대기전력저감 프로그램에 등록된 복합기 제품에 기준안을 반영한 결과로 인쇄 속도에 관계없이 효율 등급이 고르게 분포한다.

표 9는 프린터 제품의 등급별 비율에 따른 소비효율 등급부여지표이다. 1등급을 제외하고 표 7에서 목표하는 각 등급별 20%의 비율을 유지하고 있음을 볼 수 있다. 프린터의 경우 복합기에 비해 12 ~ 261의 다소 좁은 범위의 소비효율등급부여지표를 가지므로 복합기와 별도로 관리를 해야 하는 필요성을 나타낸다.

표 9. 프린터의 효율 등급 기준(안)
Table. 9 Efficiency grade standard for printers

구분 (등급)	소비효율등급 부여지표(R)	등급별 모델	실제 비율 (%)
에너지 프론티어	$R \leq 12$	0	0
1	$12 < R \leq 49$	140	17.5
2	$49 < R \leq 68$	172	21.5
3	$68 < R \leq 102$	165	20.6
4	$102 < R \leq 130$	161	20.1
5	$130 < R \leq 261$	163	20.3

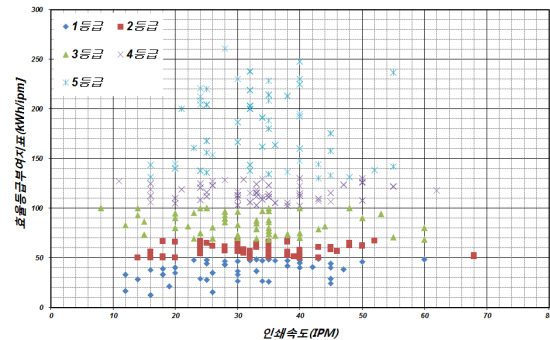


그림 9. 프린터의 1 ~ 5 등급 분포그래프
Fig. 9 Distribution chart of printer's 1st to 5th grade

그림 9는 대기전력저감 프로그램에 등록된 프린터 제품에 기준안을 반영한 결과로 효율 등급이 인쇄 속도에 관계없이 등급별 분포가 고르게 분포한다. 이러한 분포도는 향후 산업통상자원부와 에너지관리공단의 정책 결정에 따라 등급 별 비율과 그에 따른 소비효율등

급 부여지표 범위를 재설정하는데 있어 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

4.3. 정책반영 시 기대효과

프린터, 복합기의 기기 한 대당 TEC 평균은 3.82 kWh로 연간 약 2 억 kWh의 엄청난 전기를 소모한다. 이에 대한 산출결과를 표 10에 나타내었다. 이는 미국의 1/15에 해당하는 전기량으로 kWh 당 160원 계산 시 연간 320억에 해당하는 에너지 비용이다. 효율 등급제를 실시하게 되면 구매자에게 소비전력에 관하여 직접적인 정보제공을 할 수 있어 제조업체간 기술개발의 경쟁을 유도할 수 있을 뿐만 아니라 초고효율 제품의 인센티브를 부여하는 정책을 통해 기술 개발 의지를 고취시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 성과를 통해 미국의 Energy Star와 같이 50 % 의 에너지를 절감할 수 있다고 한다면 연간 약 160억에 해당하는 비용을 절감할 수 있을 것이다. 이러한 고효율 기기의 보급이 늘어나 2013년 가구당 프린터, 팩스, 복합기 보급대수인 414만 대의 이미징 장치가 고효율 제품으로 대체된다면 약 4년 후 연간 약 650억 원의 에너지 비용을 지속적으로 절감 가능할 것으로 기대한다[10].

표 10. 효율제도 시행 후 절감효과

Table. 10 Reduction effect after applying the proposed certification standard

현재 이미징 장치 TEC 평균: 3.82 kWh	전력량	에너지 비용	CO2 절감량
	198,640,000 (kWh)	317.8억 원	84,223 (ton)
효율제도 시행 후 TEC 기대: 1.91 kWh	전력량	에너지 비용	CO2 절감량
	99,320,000 (kWh)	158.9억 원	42,111 (ton)

비고 :

- 3.82 kWh는 2014년 6월 9일까지 공단에 등록된 프린터, 복합기 1732개 제품의 TEC 측정 평균
- kWh 당 평균 전기료(에너지관리공단 TV 기준): 160 원
- 1 kWh 전력 소비시 0.424 kg 의 CO2 발생이라고 가정함.
- 본 절감액은 누진세를 반영하지 않음.
- 절감량 및 절감액은 가정에 의한 산출 값이며, 실제 개별 절감액은 기기마다 다를 수 있음.

V. 결 론

본 논문에서는 전자사진 기술을 이용하는 프린터, 복사기, 팩시밀리, 복합기 등과 같은 이미징 장치의 효율 등급기준에 대한 연구를 수행하였다. 이미징 장치의 소비전력 특성을 규명하고 이를 하나의 대표값으로 표현하는 TEC를 도입하였으며, 국내 대기전력저감 프로그램에 등록된 실증된 TEC 데이터를 활용하였다. 합리적이고 공정한 효율 부여지표 설정을 위해 상관분석이라는 통계적 기법을 활용하였으며, 인쇄 속도가 가장 큰 상관계수(Correlation Coefficient)를 가짐을 확인하였다. 이를 적용한 복합기, 프린터에 대한 1~5 등급의 효율등급 기준과 에너지 프론티어 기준을 도출하였으며, 가구 당 총 보급대수의 통계 자료를 적용하여 정책반영 시 연간 약 650 억 원의 에너지 비용을 절감할 것으로 기대한다. 앞으로 정부의 미래 정책방향이 환경과 에너지를 중시하고 있기 때문에 이미징 장치의 효율 등급화는 조만간 이루어질 것으로 사려되며, 본 논문은 이미징 장치의 효율 등급 기준 연구에 의의가 있다.

REFERENCES

- [1] H. S. Kim, "Domestic printing market trend and forecast", *The Optics Journal*, pp. 14-17, July 2009.
- [2] Energy Star, Imaging Equipment for Consumers home page. Available: http://www.energystar.gov/certified-products/detail/imaging_equipment.
- [3] Korea Energy Management Corporation, "Regulation on Standby Power Reduction Program", Ministry of Trade, Industry and Energy Notification No. 2014-36.
- [4] Korea Electric Times, "Ministry of Trade, Industry and Energy, Establish direction of policy about regulatory Reform in certification field", No. 2991-4.
- [5] U.S. Environmental Protection Agency, "ENERGY STAR Program Requirements for Imaging Equipment - Eligibility Criteria", Revised Edition Jun 2013.
- [6] Korea Energy Management Corporation, Standby Power Reduction Program registration data, Available: http://bpms.kemco.or.kr/efficiency_system/product/pd0040.aspx
- [7] Korea Energy Management Corporation, "Regulation on Energy Efficiency Labeling and Standards", Ministry of Knowledge Economy Notification No. 2012-320.

[8] Y. S. Lee, *Statistics*, Se-Jong books, 2012.

[10] Korea Power Exchange, “Household appliance penetration

[9] J. J. Song, *SPSS AMOS statistical analysis methods*, the twenty-first century company, 2009.

rate and power consumption behavior survey”, 2014.



박준영(Jun-Young Park)

2010년 인하대학교 전자공학과(공학사)
2014년 아주대학교 IT융합대학원 (공학석사)
2010년 ~ 현재 한국기계전기전자시험연구원 주임연구원
※ 관심분야: 대기전력, 에너지효율



윤원식(Wonsik Yoon)

1984년 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1994년 ~ 현재 아주대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야: 무선통신 및 무선네트워크