

논문 2015-52-7-17

의류품 유통관리용 RFID 태그 품질경쟁력 평가모델 개발

(Development of Quality Competitiveness Assessment Model for RFID Tags in Apparel Retail)

권 중 원*, 양 일 영*, 송 태 승*, 조 원 서*

(Jongwon Kwon[Ⓢ], Ilyoung Yang, Taeseung Song, and Wonseo Cho)

요 약

품질경쟁력지수(QCI)는 전 세계에 유통 중인 제품의 품질을 객관적으로 측정할 수 있고, 정량적으로 비교할 수 있는 지표로 정의된다. 본 논문에서는 국내외 의류품 유통관리 시장에 보급되고 있는 UHF대역 RFID 라벨 태그(전세계 ISO 18000-3C 지원)의 품질경쟁력지수 산출을 위한 평가모델을 제안한다. 품질경쟁력지수 평가모델은 KS표시품 품질우수성 지수(KS-QEI) 모델을 기반으로 하고, 공정능력, 내환경성, 내구성, 설계마진 총 4가지의 평가항목으로 구성된다. 품질경쟁력지수는 가중산술 평균을 통해 평가항목 별 점수와 각 항목별 가중치를 각각 곱한 후 합산하는 방식으로 계산된다. 여기서 가중치는 국내외 산학연 전문가를 대상으로 AHP방식의 설문조사를 통해 결정되었다. 제안된 품질경쟁력지수는 글로벌 경쟁기업 제품과의 품질 비교 결과 뿐만 아니라 이를 통해 우수한 품질의 국내 RFID 라벨 태그 정보를 제공할 수 있다. 또한 신제품을 개발하고자 하는 제조업체의 품질향상을 위해 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

Abstract

The 'Quality Competitiveness Index' (QCI) is defined as an quantitative and disinterested indicator that measures and compares the quality of products across the world. The purpose of this study is to suggest the 'Quality Competitiveness Assessment Model' (QCAM) and calculate QCI of a popular UHF RFID Label tag (Global ISO 18000-3C supported) available these days in a global apparel market. The model was based on KS-QEI(Korean Standard-Quality Excellence Index), and was composed with the following 4 evaluation categories, a process capability test, an environmental reliability test, a durability test and a design margin test. The QCI score can be calculated with the following formula, using the weighted arithmetic mean between a score of each evaluation category (X_1, X_2, X_3, X_4) and each weight(w_1, w_2, w_3, w_4). The actual weights was determined by an result of AHP survey to which was conducted for the related Industry-University-Institute experts. The proposed index shows the results of comparisons with global competitor's products as well as the high-quality domestic RFID label tags. In addition, it will play an important role for manufacturers when developing their future products.

Keywords : RFID 라벨태그, 품질경쟁력지수, 공정능력, 내환경성, 내구성, 설계마진

* 정회원, 한국산업기술시험원
(Korea Testing Laboratory)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: kjw79@ktl.re.kr)

※ 본 연구는 한국산업기술진흥원의 산업융합기반구축 사업에 의하여 Ⓢ추진 중인 『무선인식기술 제품 품질 비교분석 및 산업화 지원 기반구축』 지원사업 (과제번호: N0000406)의 일환으로 연구되었음.

Received ; January 26, 2015 Revised ; June 7, 2015

Accepted ; July 6, 2015

I. 서 론

무선인식(RFID: Radio Frequency Identification)기술은 ICT기술의 진보에 따라 지난 10여 년간 핵심요소 기술로 평가되고 있으며, 유통, 물류, 공정, 의료, 자동차, 교육 등 다양한 산업분야에 적용되고 있다. 그러나 현장에서 발생하는 적용환경조건에 따른 인식률 저하

및 진행성 불량으로 인한 고장 등 현장에로기술로 인해 국내외 시장에서 아직까지 미온적으로 활용되고 있다.^[1] ^[2] 따라서, 국내외 무선인식기술의 안정적인 정착을 위해서는 시중에 출시되고 있는 국내외 태그들을 대상으로 품질비교 분석 및 고장유형 분석을 통해 제품 간의 품질비교 및 국가 간의 기술 경쟁력 분석 등이 반드시 필요한 시점이다.

스마트폰, 가전제품 등 대부분의 전자산업 분야의 제품들은 사용 환경에서 노출될 수 있는 조건들을 반영하여 온도, 열 충격, 기계적 충격, 이상기후, 염수, 전자파 등 예상되는 환경 스트레스 요인에 대한 품질보증시험을 실시하고 있다. 하지만 유독 국내 RFID 산업분야에서는 타 산업분야 보다 열악한 환경에 적용되고 있음에도 불구하고 이에 대한 사전 품질보증절차가 이루어지고 있지 않아 RFID 기술에 대한 불신이 증가하고 있으며, 정부의 ICT 산업융합정책에 대한 청사진을 저해하는 요소로 작용하고 있다.

본 논문에서는 국내 RFID 기술의 품질 경쟁력 제고를 위한 품질경쟁력 평가모델을 제안한다. II장에서는 의약품 유통관리용 RFID 태그의 품질경쟁력을 정량적으로 평가하기 위한 평가 모델의 개발절차, 평가항목 및 척도 결정, 점수화 방법, 각 평가항목 별 가중치 결정방법에 대해 절차에 따라 기술한다. III장에서는 도출된 평가모델을 활용하여 시중에 가장 많이 유통되고 있는 제품을 선정하여 품질경쟁력 지수를 산출하였다. 마지막으로 IV장 결론에서는 본 논문의 기대효과와 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 품질경쟁력 평가모델

1. 품질경쟁력지수

품질경쟁력지수는 국내에서 제조 또는 판매되는 제품에 대하여 소비자가 사용과정에서 지각하는 물리적 품질결함을 정량적으로 측정하여 제품의 품질 경쟁력을 수치화한 것을 의미한다. 여기서 말하는 품질경쟁력은 단순히 제품의 견고성만을 의미하지 않고, 급변하는 시대적 상황에 따라 해당 제품을 활용하는 고객들이 요구하는 다양한 품질 속성을 만족할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 의류품 유통관리용 RFID 태그의 품질경쟁력 지수 산출에 초점을 두고 기술한다.

2. 품질경쟁력 평가모델 개발

품질경쟁력은 품질을 구성하는 다양한 세부품질 요인에 의해 영향을 받게 되므로 제품이 활용되는 산업 특성을 반영하여 다양한 영향요인을 반영해야 한다.^[3] 본 논문에서는 의류품 유통관리용 RFID 태그의 품질경쟁력지수 평가모델을 (그림 1)과 같이 제안한다. 제안된 품질경쟁력지수 평가모델은 KS표시품 품질우수성 지수(KS-QEI) 모델을 기반으로 하고, 공정능력, 내환경성, 내구성(수명), 설계마진 총 4가지의 평가항목으로 구성된다. 품질경쟁력지수는 가중산술평균을 통해 평가항목 별 점수와 각 항목별 가중치를 각각 곱한 후 합산하는 방식으로 계산된다. 즉, 공정능력, 내환경성, 내구성, 설계마진에 대해 각각 산출 후 점수 X_1, X_2, X_3, X_4 에 개별 가중치 w_1, w_2, w_3, w_4 를 개별적으로 곱한 후 합산하여

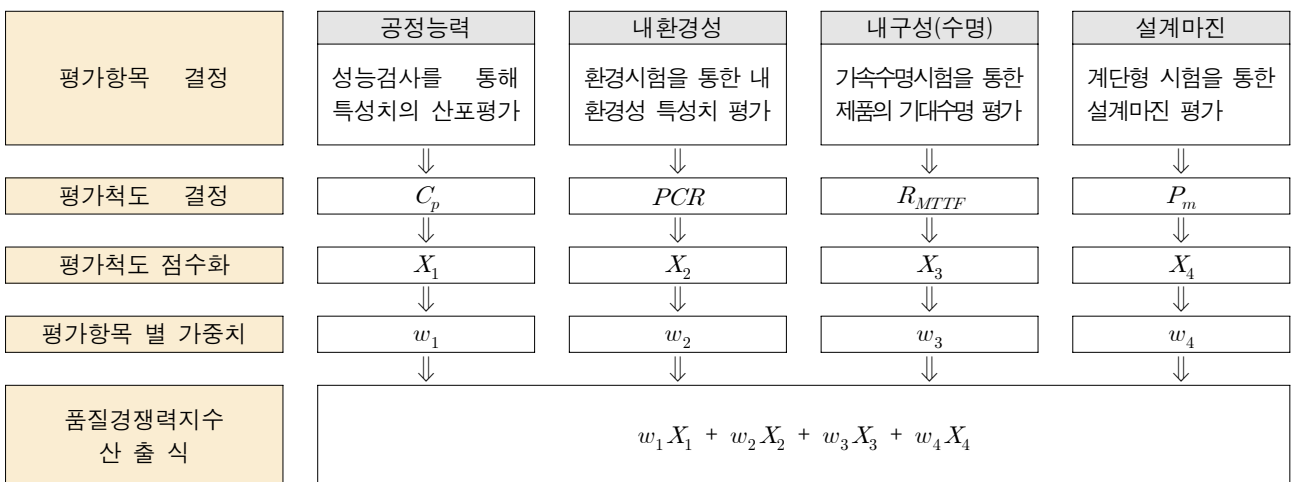


그림 1. RFID 태그의 품질경쟁력 평가모델

Fig. 1. Quality Competitiveness Assessment Model for RFID Tags.

제품에 대한 종합적인 품질경쟁력지수를 산출할 수 있다. 본 논문에서 제안된 RFID 태그의 품질경쟁력 평가 모델은 RFID 태그에 대한 품질경쟁력을 산출할 때 공통으로 활용될 수 있으나, 의약품 관리, 패션 아이템 관리, 주류 관리 등 각 적용 산업 별로 각 평가항목에 적용되는 가중치 값은 환경 특성에 따라 변경되어야 한다.^[2, 4~5]

1. 개발절차

(그림 2)는 RFID 태그의 품질경쟁력 평가모델 개발 절차를 보여준다. 먼저 고객들의 요구사항을 반영한 평가항목을 결정한다. 본 논문에서는 공정능력, 내환경성, 내구성, 설계마진 총 4가지의 평가항목을 결정하였다. 다음으로 각 평가항목에 대한 정량화를 위해 평가척도를 결정하고 그에 따른 표준시험방법을 정의한다. 각 평가항목 별 시험분석에 의해 측정된 결과 값을 점수화하는 방법에 대해 수립한 후 마지막으로 각 평가항목 별 중요도를 반영하기 위하여 AHP 방식을 통해 가중치를 결정한다. 모든 과정을 통해 도출된 품질경쟁력지수 산출 공식은 다음 (식 1)과 같이 정의된다.

$$QCI = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3 + w_4X_4 \quad (1)$$



그림 2. RFID 태그의 품질경쟁력 평가모델 개발절차
Fig. 2. Development Procedure of Quality Competitiveness Assessment Model for RFID Tags.

2. 평가항목 및 척도 결정

RFID 태그의 품질경쟁력 평가항목은 공정능력, 내환경성, 내구성 및 설계마진 총 4개 항목으로 구분되며, 각 항목 별 평가척도는 전문가들의 의견에 따라 결정되었다.

가. 공정능력

제품의 공정능력은 일반적으로 공정품질의 변동으로 인하여 발생하는 성능산포로 평가될 수 있으며, 이에 대한 평가척도로 공정능력지수(Process Capability Index, C_p)를 주로 이용한다. 공정능력지수(C_p)는 자연 공차(σ)와 규격의 폭의 비율로 규격에 맞는 제품을 생산할 수 있는 공정의 능력을 의미한다. 따라서 RFID 태그의 성능산포에 대한 시험 항목은 인식거리 균일성으로 결정하였다. RFID 태그의 인식거리 측정은 『EPCglobal의 태그 정적성능시험 규격』을 주로 참고하였으며, 세부 시험방법은 각 모델 별 RFID 태그 150개를 국내 할당된 RFID 주파수 대역을 고려하여 각각 3개의 주파수 대역(917MHz, 920MHz, 924MHz)에 대한 인식거리를 측정 후 표준편차(σ)를 계산하였다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - m)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n x_k^2}{n} - m^2} \quad (2)$$

여기서, m 은 측정 값 $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ 의 평균값

공정능력지수(C_p)를 구하는 공식은 양쪽 규격이 주어진 경우와 한쪽 규격만 주어진 경우 두 가지로 정의될 수 있지만, RFID 태그는 인식거리가 클수록 성능이 좋은 망대 특성을 가지므로 한쪽 규격(규격 하한, LSL)만 주어지는 경우의 공정능력지수 산출 공식을 적용하였다.(식 3)

$$C_p = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \quad (3)$$

여기서, \bar{x} : 측정값의 평균

σ : 측정값의 표준편차

LSL : 인식거리 측정평균의 70% 수준

나. 내환경성

내환경성은 RFID 태그의 저장, 운송, 설치, 운용, 폐기에 이르는 전 수명주기에서 제품의 성능에 영향을 미

칠 수 있는 환경스트레스의 영향 정도를 평가하는 것이다. 내환경성 시험 항목은 제조업체 및 수요업체의 의견을 반영하여 의류 유통관리 분야에 적용될 수 있는 RFID 태그 두 가지 형태로 구분하여 Hang 태그와 Care Label 태그용 시험규격과 Laundry 태그용 시험규격으로 각각 정의하였다. 또한 시험조건은 정보통신산업진흥원 『RFID tag에 대한 신뢰성 평가기준 개발 결과보고서』와 환경시험 국제표준 『IEC 60068 시리즈』 등을 참고하여 합리적인 수준을 고려하여 결정하였다. 각 환경시험을 위한 시료 수는 항목 별 10개로 결정하였다.^[6-8]

내환경성의 평가척도는 초기치 대비 성능변화율(Performance Change Rate: PCR)의 평균으로 적용하였다. 먼저 개별 환경시험 별 PCR은 다음 (식 4)와 같이 정의된다.

$$PCR = \frac{|x_1 - x_0|}{x_0} \quad (4)$$

여기서, x_0 : 환경시험 전 측정된 인식거리

x_1 : 환경시험 후 측정된 인식거리

따라서, 내환경성의 평가척도는 환경시험 후 n 개 시료가 모두 규격을 만족하고, PCR_i , $i=1, 2, \dots, n$ 를 초기치 대비 성능변화율이라 하면 다음 (식 5)와 같이 정의될 수 있다.

$$PCR = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PCR_i, & \text{모든 시료가 합격} \\ 0, & \text{하나 이상의 시료가 불합격 (시험 후 LSL 미만)} \end{cases} \quad (5)$$

다. 내구성

RFID 태그의 내구성은 가속수명시험을 통해 평가될 수 있다. 가속수명시험은 설정된 목표수명을 만족하는지 확인하기 위해 샘플 n 개를 일정기간동안(t_0) 시험하고, 시험 중에 발견된 고장이 c 개 이하면 목표수명을 만족한 것으로 평가된다. 특히, 시험시간 또는 샘플 크기를 최소화하기 위해 $c=0$ 인 무고장시험을 주로 적용한다.^[3] 의류의 경우 대부분 3년이 지난 제품들은 이월 상품으로 소진하기 때문에 재고관리의 의미가 없다. 따라서 RFID 태그의 보증하고자 하는 수명을 3년으로 결정하고, 시험시간 및 시료 수는 양일영 외^[6]에 따라

70°C, 90%R.H.의 시험조건으로 19개의 시료를 500 시간 시험할 경우 MTTF 3년을 신뢰수준 90%로 보증할 수 있는 보증시험 설계 방법에 따라 평가를 실시하였다.

일반적으로 가속수명시험 결과는 목표수명 보증 여부만을 제공하지만 이를 RFID 태그의 내구성에 대한 품질경쟁력 척도로 활용하기 위해 평균수명의 신뢰하한을 계산하여 활용하는 것이 더 적합하다. 따라서, 본 논문에서는 신뢰성 공학^[9]에서 MTTF를 산출하기 위한 수식을 적용하여 수리하여 사용할 수 없는 경우의 평균수명(MTTF)의 $100(1-\alpha)\%$ 신뢰하한(MTTF_l)을 다음 (식 6)과 같이 정의하였다.

$$MTTF_l = \frac{2T}{\chi_\alpha^2(2r+2)} \quad (6)$$

단, r 은 고장개수, T 는 총시험시간, $\chi_\alpha^2(2r+2)$ 는 자유도가 $(2r+2)$ 인 카이제곱분포의 $100(1-\alpha)\%$ 백분위수이다.

한편, 무고장 인증시험 기준을 만족하여 정해진 기간(t_0) 이후에 시험을 중단하였다면 평균수명의 $100(1-\alpha)\%$ 신뢰하한은 $MTTF_0 = 2T/\chi_\alpha^2(2)$ 이다. 따라서 다음과 같이 MTTF_l와 MTTF₀의 비 R_{MTTF} 을 내구성 평가척도로 사용한다. (식 7)을 통해 목표로 하는 MTTF₀와 실제 MTTF_l간의 비율을 제시함으로써 대상 태그 수명이 목표 수준대비 어느 수준인지를 파악할 수 있다.

$$R_{MTTF} = \frac{MTTF_l}{MTTF_0} \quad (7)$$

여기서, R_{MTTF} 은 항상 0보다 크고 1보다 작은 범위의 값을 가지며, R_{MTTF} 값이 1에 가까다는 것은 목표수명을 만족한다는 것을 의미한다.

라. 설계마진

설계마진은 규격을 초과하여 견딜 수 있는 제품의 한계 스트레스를 의미하며, 보통 HALT 또는 계단형 스트레스 시험을 통하여 확인된다. x_1, x_2, \dots, x_n 을 한계 시험을 통해 측정된 한계 데이터, \bar{x} 와 s 를 각각 표본 평균과 표준편차라 하면, 이때, 설계마진에 대한 척도로 P_m (Probability of Design Margin)을 다음 (식 8)과 같이 정의한다. (식 8)은 스트레스와 강도 사이의 관계에 대한 확률을 구할 때 일반적으로 사용하는 방법이다.^[10]

RFID 태그의 설계마진을 확인하기 위한 스트레스 요인으로 정전기를 선정하여 전압을 계단식으로 증가시켜 시험을 하였고, USL은 IEC 61000-4-2의 접촉방전 기준 전압을 참고하여 결정하였다.

$$P_m = P\{X \leq USL\}$$

$$= P\left\{\frac{X-\bar{x}}{s} \leq \frac{USL-\bar{x}}{s}\right\} \approx \Phi\left(\frac{USL-\bar{x}}{s}\right) \quad (8)$$

여기서, \bar{x} : 정전기에 의한 고장전압의 평균
 s : 고장전압의 표준편차
 $USL: 6 kV$

3. 평가척도 점수화

앞서 선정된 평가척도들은 평가항목의 특성에 따라 단위와 진폭이 서로 다르므로 진폭이 큰 항목의 척도에 좌우될 수 있다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 척도 값을 표준화하여 모든 평가항목의 진폭이 평균적으로 같아지도록 조정해야 한다. 이러한 표준화는 평가척도 점수화 과정을 통해 해결하였다.

가. 공정능력

성능산포 평가척도 C_p 는 선형 또는 비선형으로 점수화할 수 있는데, C_p 는 값이 클수록 품질 경쟁력이 높아지는 망대특성이기 때문에 (표 1)에서 제시하고 있는 C_p 값과 공정능력(양품률) 간의 관계 그리고 다구찌 2차 손실함수 개념^[11]을 적용하여 RFID 태그의 공정능력에 대한 점수(X_1)를 다음 (식 9)와 같이 정의하였다.(식 9)는 일반적으로 알려진 공정능력 지수에 따른 공정의 안정도를 점수화 한 방법으로 본 연구에 적합하게 허용 척도(C_p)를 제시한다.

표 1. C_p 와 시그마 수준, PPM, 양품률 간의 관계
Table 1. Relation among C_p , σ , PPM, and Throughput.

C_p	시그마(σ)수준	PPM	양품률(%)
0.33	2.5	158655	84.13
0.50	3.0	66807	93.32
0.67	3.5	22750	97.72
0.83	4.0	6210	99.38
1.00	4.5	1350	99.86
1.17	5.0	233	99.977
1.33	5.5	32	99.9968
1.50	6.0	3.4	99.99966

$$X_1 = f_1(C_p) = \begin{cases} 0 & C_p \leq 0.83 \\ 100 \times \left(\frac{C_p - 0.83}{1.5 - 0.83}\right)^2 & 0.83 \leq C_p < 1.5 \\ 100 & C_p \geq 1.5 \end{cases} \quad (9)$$

나. 내환경성

각 환경시험 별 평가척도 \overline{PCR} 은 그 값이 작을수록 품질경쟁력이 높아지는 망소특성이기 때문에 다구찌 2차 손실함수 개념을 적용하여 다음 (식 10)과 같이 \overline{PCR} 에 대한 점수화 공식을 정의하였다. 즉, 다구찌 2차 손실 함수 개념을 적용하여 환경시험 후 성능저하가 크게 발생 할수록 점수가 멱함수 형태로 감소되도록 정의하였다.

$$f_2(\overline{PCR}) = \begin{cases} 100 \times (1 - \overline{PCR})^2, & \text{모든 시료가 환경시험에서 합격} \\ 0, & \text{그밖의 경우} \end{cases} \quad (10)$$

따라서, RFID 태그의 내환경성에 대한 점수(X_2)를 계산하기 위해서는 다음 (식 11)과 같이 고온저장, 저온저장 등 각 내환경성 시험항목 별 시료 10개에 대한 평균점수(Y'_{2j})를 산출한다. 이후 기후적, 기계적, 화학적, 전기적 등 내환경성 시험 중분류 별 평균점수(Y_{2j})를 계산 한 후 이 결과들의 평균 값을 계산하여 내환경성 최종점수(X_2)로 산출한다.

$$X_2 = \frac{Y_{21} + Y_{22} + \dots + Y_{2i}}{i_{\max}}, i = 1, 2, \dots, i \quad (11)$$

여기서, $Y_{2j} = \frac{Y'_{21} + Y'_{22} + \dots + Y'_{2j}}{j_{\max}}, j = 1, 2, \dots$

$$Y'_{2j} = f_2(\overline{PCR}_{2jk}), k = 1, 2, \dots, 10$$

j : 내환경성시험 종류번호, k : 시료번호

i : 내환경성시험 중분류 번호

다. 내구성

내구성 평가척도인 R_{MTTF} 는 항상 0 ~ 1 사이 값을 가지며, 1에 가까울수록 품질경쟁력이 높은 것을 의미하기 때문에 내구성 평가점수(X_3)는 망대특성에 대한 다구찌 2차 손실함수 개념을 적용하여 다음 (식 12)와 같이 정의한다.

$$X_3 = f_3(R_{MTTF}) = 100 \times R_{MTTF}^2 \quad (12)$$

라. 설계마진

설계마진 평가척도 P_m 은 확률 개념이므로 항상 0 ~ 1 사이의 값을 가지며, 0에 가까울수록 품질경쟁력이 높은 것을 의미하기 때문에 설계마진 평가점수(X_4)는 망소특성에 대한 다구찌 2차 손실함수 개념을 적용하여 다음 (식 13)과 같이 정의한다.

$$X_4 = f_4(P_m) = 100 \times (1 - P_m)^2 \quad (13)$$

4. 평가항목 별 가중치 결정

각 평가항목 별 가중치는 RFID 관련 공급기업, 수요기업, 정부출연연구소, 대학 등 산학연 전문가를 대상으로 다음 (표 2)와 같은 설문조사를 통해 결정되었다.

의류 관리용 RFID 태그를 위한 품질경쟁력지수 모델은 크게 두 가지로 구분되어 정의되어야 한다. 그 이유는 의류 관리용 태그가 크게 세 가지로 구분되는데, 각각의 형태에 따라 노출될 수 있는 적용환경이 다르기 때문이다. 예를 들어, 라벨 형태로 의류에 직접 부착되는 행 태그와 케어라벨의 경우 고객에게 판매 이후 시점부터는 더 이상의 기능을 하지 않아도 되지만, 세탁 태그의 경우 50번 이상의 세탁 이후에도 그 기능을 잃지 않아야 한다.

먼저 행 태그 및 케어라벨 태그의 평가항목 가중치에 대한 설문조사 결과는 (그림 3)과 같이 내환경성 (31.1%), 수명(29.4%), 성능산포 (20.9%), 설계마진 (19%) 순으로 조사되었다.

다음으로 세탁 태그의 평가항목 가중치에 대한 설문

표 2. 가중치 결정을 위한 설문조사 개요
Table 2 Overview of Survey for determining Weights.

구 분	내 용
조사 대상	품질경쟁력지수 관련 전문가
조사 방법	델파이(Delphi) 기법
중요도 산출 분석 방법	AHP 기법
표본 수	1차 조사 총 46명, 2차 조사 총 42명
조사 기간	2014년 06월 20일 ~ 2014년 07월 30일
조사 기관	(주)인더스트리솔루션

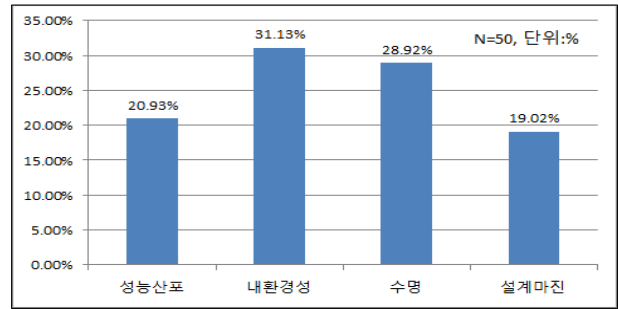


그림 3. 행 태그 및 케어라벨 태그의 평가항목 별 가중치
Fig. 3. The Weight of Each Evaluation Item for Hang Label Tags and Care Label Tags.

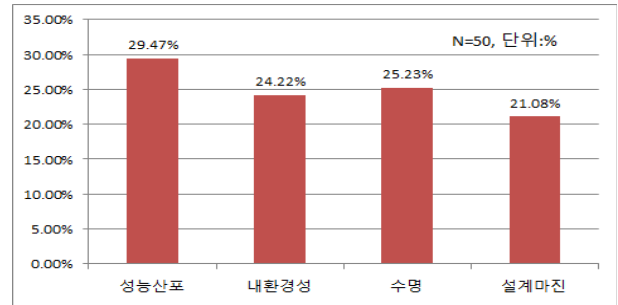


그림 4. 세탁 태그의 평가항목 별 가중치
Fig. 4. The Weight of Each Evaluation Item for Laundry Tags.

조사결과는 (그림 4)와 같이 성능산포(29.4%), 수명 (25.2%), 내환경성(24.2%), 설계마진(19%) 순으로 조사되었다.

5. 품질경쟁력 평가모델 및 지수 산출식

의류 유통관리용 RFID 태그에 대한 품질경쟁력 지수는 공정능력, 내환경성, 내구성, 설계마진 총 4가지의 시험평가 결과를 각각 점수화하여 개별 가중치를 곱한 후 모두 합산함으로써 계산할 수 있다. 이를 통해 행 태그 및 케어라벨 태그에 대한 품질경쟁력지수 산출식과 세탁 태그에 대한 산출식을 각각 다음 (표 3)과 같이 도출하였다.

표 3. 품질경쟁력 지수 산출공식
Table 3. Formula for Quality Competitiveness Index.

구 분	산출식
행 태그 및 케어라벨 태그	$20.93X_1 + 31.13X_2 + 28.92X_3 + 19.01X_4$
세탁 태그	$29.47X_1 + 24.22X_2 + 25.23X_3 + 21.08X_4$

III. 품질경쟁력지수 산출결과

본 III장에서는 주요 국가에서 의류 유통관리를 위해 활용되고 있는 대표적인 수동형 UHF RFID 라벨 태그를 선정하여 제안된 품질경쟁력 평가모델을 활용하여



그림 5. RFID Wet 인레이 (AD-232iL)
Fig. 5. RFID Wet Inlay (AD-232iL).

표 4. RFID 태그 사양
Table 4. Specification of RFID Label Tag.

구분	내용
제조사	Avery Dennison (미국)
모델명	AD-232iL
응용분야	의류 및 유통, 공급사슬, 재고 및 물류 등
태그 IC	NXP G2iL
EPC 메모리	128 bit
동작주파수	Global (860 - 960MHz)
RF 프로토콜	ISO-18000-6C, EPC Class 1 Gen 2
크기	70 × 14.5 mm

표 5. 공정능력 점수 산출방법
Table 5. Calculation Method for Process Capability Score.

	917MHz	920MHz	924MHz	C_p 총 평균	C_p 점수화
평균	5.873	5.838	5.777	1.264	42.037
표준편차	0.491	0.465	0.431		
고장관정 기준	4.111	4.087	4.044		
C_p	1.195	1.256	1.342		

표 6. 내환경성 점수 산출방법
Table 6. Calculation Method for Environmental Reliability Score.

내환경성 시험항목		주파수 대별 평균 PCR지수				PCR지수의 점수화				중분류 항목평균
		917MHz	920MHz	924MHz	평균	917MHz	920MHz	924MHz	평균	
기후적	고온저장	0.120	0.125	0.117	0.120	0.00	0.00	0.00	0.00	48.36
	저온저장	0.087	0.085	0.075	0.082	95.54	95.67	96.16	95.79	
	열충격	0.044	0.051	0.045	0.046	97.78	97.42	97.73	97.65	
	고온고습	0.117	0.119	0.114	0.117	0.00	0.00	0.00	0.00	
기계적	비틀림	0.027	0.035	0.041	0.034	98.65	98.23	97.93	98.27	97.48
	굽힘	0.061	0.069	0.065	0.065	96.90	96.47	96.69	96.69	
전기적	정전기 방전	0.010	0.012	0.012	0.011	99.50	99.40	99.40	99.43	49.72
	간섭내성	0.409	0.440	0.465	0.438	0.00	0.00	0.00	0.00	
전체평균		0.109	0.117	0.117	0.114	61.05	60.90	60.99	60.98	65.18

품질경쟁력지수를 계산하였다. (그림 5)는 본 논문에서 평가대상으로 선정된 RFID 라벨 태그의 Wet Inlay 안테나 모양이다. (표 4)에서 볼 수 있듯이 본 제품은 다이폴 안테나 형태를 가지고 있으며, EPCglobal Class-1 Gen-2 프로토콜을 지원하고 NXP G2iL 태그 IC가 적용된 제품이다. 안테나 사이즈는 가로 70mm, 세로 14.5mm인 제품으로 미국에서 생산되며, American Apparel, Wall-Mart 등에 주로 사용되고 있다.

(표 5)부터 (표 8)까지는 품질경쟁력지수 계산을 위한 각각의 평가항목별 점수 산출 방법에 대해 설명한다. 공정능력 측면에서는 인식거리 평균이 각 주파수 별로 약 5.8m를 보이고 있으며, 표준편차가 크게 발생하여 공정능력에 대한 전체적인 점수가 낮게 평가되었다. 다음으로 내환경성의 경우, 본 제품은 기계적 환경 요인에 의한 영향을 적게 받는 것을 알 수 있으며, 기후적 환경과 전기적 환경에 취약함을 보이고 있다. 특히 기후적 환경에서 고온저장 및 고온고습에서 고장이 발생하여 해당 항목에 대한 점수는 0점 처리되었으며, 간섭 내성의 경우도 마찬가지로 900 MHz 대역을 사용하는 LTE통신 신호에 의해 직접적인 간섭을 받아 인식이 되지 않았기 때문에 0점 처리되었다. 내구성 평가의 경

표 7. 내구성 점수 산출방법

Table 7. Calculation Method for Durability Score.

시험시간	100시간	200시간	300시간	400시간	500시간	500시간 이상	고장 여부	동작 시간
보증시간	5,360	10,770	16,200	21,600	26,280			
1	○	○	○	○	○	○	○	500
2	○	○	○	○	○	○	○	500
3	○	○	○	○	○	○	○	500
4	○	○	○	○	○	○	○	500
5	○	○	○	○	○	○	○	500
6	○	○	○	○	○	○	○	500
7	○	○	○	○	○	○	○	500
8	○	○	○	○	○	○	○	500
9	○	○	○	○	○	○	○	500
10	○	○	○	○	○	○	○	500
11	○	○	○	○	○	○	○	500
12	○	○	○	○	○	○	○	500
13	○	○	○	○	○	○	○	500
14	○	○	○	○	○	○	○	500
15	○	○	○	○	○	○	○	500
16	○	○	○	○	○	○	○	500
17	○	○	○	○	○	○	○	500
18	○	○	○	○	○	○	○	500
19	○	○	○	○	○	○	○	500
합계							0	9,500
※ MTTF 기준, 신뢰수준 90% ※ 정상동작: ○, 고장 : × ※ 최종점수는 소수 셋째자리에서 반올림함.								
$MTTF_i$		$MTTF_0$			R_{MTTF}		점수화	
4125.798		4125.798			1		99.99636(확인필요)	

표 8. 설계마진 점수 산출방법

Table 8. Calculation Method for Design Margin Score.

시료번호	정전기방전 내성 시험전압 (kV)												고장전압 (kV)
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
1	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	18
2	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	20
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	26
4	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	22
5	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	24
6	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	20
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	30
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	30
9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	26
※ 정상동작: ○, 고장 : ×													
평균 고장전압		고장전압 표준편차			USL (kV)		설계마진지수		점수화				
24		4.358899			6		1.82E-05		99.99636				

우, 19개의 모든 시료에서 500시간 동안 고장이 발생한 시료가 하나도 없기 때문에 100점 처리되었다. 마지막으로 설계마진 평가 역시 고장확률이 0에 가까워 100점 처리되었다. 결과적으로 공정능력에 대한 점수는 42.04점,

내환경성에 대한 점수는 65.18점, 내구성에 대한 점수는 100점, 설계마진에 대한 점수는 100점으로 최종 산출되었다.

마지막으로 본 제품은 행 태그 형태이므로 (표 3)의

표 9. 품질경쟁력지수 최종산출

Table 9. Final Calculation of Quality Competitiveness Index.

구분	성능산포	내환경성	내구성	설계마진	품질경쟁력지수
가 중 치	20.93	31.13	28.92	19.02	75.72
점 수	42.04	60.98	100	100	
최종점수	8.79	20.27	28.90	19.00	

품질경쟁력 산출 공식 중 상단의 “행 태그 및 케어라벨 태그”에 (표 9)와 같이 적용한 결과, 최종 산출된 품질 경쟁력 지수는 75.72점으로 평가되었다.

V. 결 론

각 산업군 별로 RFID의 도입이 확산되고 활성화되면서 제품의 신뢰성, 내구성, 상호운용성의 필요성이 지속적으로 대두되고 있으며 이에 대한 종합적인 대책 마련이 중요하게 부각되고 있다. 특히 지금까지 RFID 제품에 대한 성능 향상을 위한 안테나 및 칩 설계 방법에 대한 연구는 상당수 진행되고 있으나 적용 환경을 고려한 성능, 내환경성 등 종합적인 품질 비교를 위한 연구는 진행된바 없다. 본 논문에서는 이를 정량적으로 비교하기 위한 품질경쟁력 지수 평가모델 및 지수 산출식을 제안하였고, 특히 RFID 태그의 품질 측정을 위한 각각의 평가항목에 대해 신뢰성 규격으로 구체화하였다.

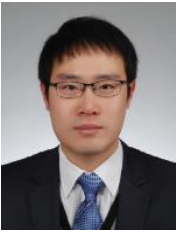
본 논문에서 제안하고 있는 태그의 품질경쟁력 지수는 현재 시중에 유통되고 있는 RFID 태그에 대한 품질 수준을 확인할 수 있을 뿐만 아니라, 평가항목 및 방법에 대한 유효성 검증, 정량화된 품질 비교 및 고장 유형 분석이 가능하다. 특히 공급기업들은 타사 경쟁제품과의 정량화된 품질비교를 통해 자사 제품의 신뢰성, 내구성 등 현장 애로기술 문제해결을 위한 발판으로 활용 가능할 것으로 예상된다. 향후 본 모델을 활용하여 국내외 대표적인 제품을 선정하여 시험분석하고 각 제품에 대한 품질경쟁력 지수를 도출하여 제품 간 비교 및 국가 간 품질비교를 수행할 계획이다.

REFERENCES

[1] 권종원 외 3인, “환경 스트레스 요인에 따른 수동형 UHF대역 RFID Tag의 성능변화 분석”, 대한전자공학회, 정보 및 제어심포지엄, 2014.04
[2] Saarinen, Kirsi Frisk, Laura, “Effects of different

temperature cycling test profiles on the reliability of UHF RFID tags,” Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC), Vol., No., pp.1-4, 17-20, 2012.10.
[3] 임병훈 외 1인, “가전제품의 주요 국가 간 제품품질 경쟁력 비교에 관한 연구”, 한국기업경영학회, 제19권 제3호, pp.131-15, 2012.06.
[4] Saarinen, K. Frisk, L., “Reliability Analysis of UHF RFID Tags Under a Combination of Environmental Stresses,” Device and Materials Reliability, IEEE Transactions on , Vol.13, No.1, pp.119-125, 2013.03.
[5] Saarinen, K. Frisk, L., “Reliability of UHF RFID Tags in Humid Environments,” Electronics Packaging Technology Conference (EPTC), IEEE 14th , Vol., No., pp.180-184, 2012.12.
[6] 양일영 외 2인, “의류 유통관리용으로 사용되는 UHF대역 RFID 태그의 신뢰성 평가기준 개발”, 대한전자공학회 하계종합학술대회, 2014.06.
[7] RFID/USN센터, “RFID 태그에 대한 신뢰성 평가 기준개발 결과보고서”, 2009.
[8] KS규격, “KS C 0210, 환경 시험 방법(전기, 전자) 통칙”, 2013.
[9] 정원, 김준홍, “신뢰성공학”, 청문각, 2007.
[10] Gregg K. Hobbs., “Accelerated Reliability Engineering: HALT and HASS”, John Wiley & Sons Press., 2000.04
[11] Genichi Taguchi, “Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes Paperback”, Asian Productivity Organization, 1986.10.

저 자 소 개



권 종 원(정회원)
 2005년 서울과학기술대학교 전자
 정보공학과 (공학사)
 2008년 서울시립대학교 전자전기
 컴퓨터공학부 (공학석사)
 2012년 서울시립대학교 전자전기
 컴퓨터공학부 (공학박사)

2012년 10월 ~ 현재 한국산업기술시험원
 스마트기반기술 선임연구원
 <주관심분야 : RFID, DLNA, M2M/IoT, 스마트
 공장>



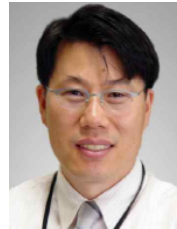
송 태 승(정회원)
 1997년 충남대학교 전자공학과
 (공학사)
 1999년 충남대학교 전자공학과
 (공학석사)
 2009년 충남대학교 전자공학과
 (공학박사)

2012년 1월 ~ 현재 한양대학교 학연산클러스터
 겸임교수
 2005년 1월 ~ 현재 기술표준원 자동차 EMC/전기
 자동차/반도체분야 표준전문위원회 위원
 2000년 5월 ~ 현재 한국산업기술시험원 스마트기
 반기술 센터장/책임연구원
 <주관심분야 : EMI/EMC, EMP, 전기자동차>



양 일 영(정회원)
 2009년 수원대학교 산업정보
 공학과 (공학사)
 2012년 한양대학교 산업공학과
 (공학석사)
 2009년 3월 ~ 현재 한국산업기술
 시험원 시스템융합본부
 시스템사업센터 연구원

<주관심분야 : 신뢰성 공학>



조 원 서(정회원)
 2000년 8월 중앙대학교
 전자공학과(공학박사)
 1991년 8월 ~ 현재 한국산업기술
 시험원, 수석연구원,
 디지털산업본부장
 2004년 9월 ~ 현재 IEC CISPR/F,
 CISPR/H Project
 Leader/Expert

2008년 4월 ~ 현재 ISO TC104/SC4 Ad hoc
 Group Leader
 <주관심분야 : EMI/EMC 및 RFID 국제 표준화,
 근거리 통신 기술>