

Application of Analytic Hierarchy Process for Relative Importance Determination of Internet of Things Standardization

Hoon-Shik Woo[†]

Department of Technology Management, Daejeon University

사물인터넷 표준화의 상대적 중요도 결정을 위한 계층분석방법 응용

우 훈 식[†]

대전대학교 기술경영공학과

As one of recent issues in the information and communication industry, internet of things has attracted attention to provide intelligent infrastructure services which connect and share data and information between real and virtual world. According to the development of these internet of things technologies, types of machines, telecommunication devices, and terminals are increasing tremendously. In this situation, connectivity and interoperability between internet of things components are important issues to build a hyper connected society. To visualize this society, it is important to set up and develop information and communication technology (ICT) standards among stakeholders. However, under limited budget and human resources, it is essential to rank standardization work items for setting standards with respect to efficiency. The purpose of this study is to provide a method for setting standardization strategies within group decision making. As a multi-criteria group decision making tool, analytic hierarchy process (AHP) is adopted and applied to determine the priorities of setting work items. The proposed method first defines decision making problem with objective, criteria, and alternatives which produces a hierarchy consisting of upper and lower criteria. Then, pairwise comparisons of academy and public sector experts are performed with respect to their relative meaning and importance. Individual surveys of expert groups are collected and summarized to determine relative criteria importance measures. Furthermore, to deliver reliable importance criteria measures, differences between academy and public sector expert groups are compared and tested using Mann-Whitney non-parametric test. The results are illustrated for useful guidelines to practical group decision making in standardization strategy establishments.

Keywords : Internet of Things(IoT), Standard Setting Priority, Analytic Hierarchy Process(AHP), Multi-Criteria Decision Making, Group Decision Making

1. 서 론

최근 정보통신 산업 분야의 화두 중의 하나로 주목받

고 있는 사물인터넷(IoT : Internet of Things)은 인간에게
유익한 서비스를 제공하도록 실세계와 가상 세계의 관계
된 사물을 유무선 네트워크로 연결하여 사람과 사물, 사
물과 사물 간에 정보를 공유하고 상호 소통하는 지능형
서비스 인프라 기술로 정의된다[5, 6, 7, 9]. 이와 같은 사물
인터넷 개념은 1980년대 미국 Zerox사의 Mark Weiser가

Received 22 January 2016; Finally Revised 11 February 2016;
Accepted 12 February 2016

[†] Corresponding Author : hswoo@dju.ac.kr

제시한 인간, 컴퓨터, 네트워크로 구성되는 유비쿼터스 컴퓨팅에서 시작하였으며, 이후, MIT의 Kevin Ashton과 David Brok에 의해 자동차, 냉장고, 시계 등의 사물에 컴퓨팅 및 통신 장치를 부착하여 사물 간의 통신을 제공하는 Auto-ID(Identification), RFID(Radio Frequency Identification)로 구체화되었고, 또한, 기계와 기계간의 직접 통신인 M2M(Machine to Machine) 혹은 장치와 장치 간의 상호 작용인 D2D(Device to Device) 개념으로 진화한 것이다 [22, 24]. 최근에는 인터넷 활성화에 따라 사물은 물론, 현실과 가상 세계의 모든 정보와 함께 상호 작용하는 개념인 만물인터넷(IoE, Internet of Everything)으로 발전하고 있다.

사물인터넷 기술의 발전에 따라 인터넷에 연결된 기계, 통신 장비, 단말 등은 종류와 개수 측면에서 기하급수적인 증가가 예상되며 사람, 사물 및 데이터 등의 모든 개체가 인터넷에 연결되는 이른바 초연결사회(Hyper-Connected Society)로 발전하고 있다. 이러한 사물인터넷 기반의 초연결 사회에서는 모든 개체가 사람의 개입 유무와 관계없이 다양한 칩과 센서를 통해 실시간으로 연결되어 상호 정보를 주고받아야 한다. 하지만 다양한 형태의 개체가 상호간에 관련 정보를 서로 주고받기 위해서는 개체 간의 상호 호환성이 보장되어야 하며, 이를 위한 관련 정보통신 표준화가 필수적으로 요구되고 있다[23].

이와 같은 표준화 필요성 때문에 우리나라에서는 사물인터넷 표준화에 대한 국제적 흐름에 대응하고 국가 이익을 확보하기 위해 관련 활동을 정보통신단체표준화기구인 한국정보통신기술협회를 중심으로 학계, 정부출연연구소, 이동통신회사 및 정보통신기업 등이 참여하여 진행하고 있으며, 특히 한국정보통신기술협회는 산학연 전문가로 구성된 기술표준기획전담반을 구성하여 운영하고 있다. 기획전담반에서는 사물인터넷 분야의 주요 현황 및 이슈, 시장/기술개발 현황 및 전망, 지식재산권/표준화 현황 및 전망 등을 중심으로 국내외 현황을 분석하고 주요 표준화 항목을 도출하는 등 관련 중점기술을 중심으로 표준화 대응 전략을 수립하고 있다[23].

이렇게 수립된 표준화 대응전략의 도출된 모든 표준화 항목에 대해 동일한 수준으로 표준화 활동을 수행하는 것은 현실적으로 어려우며 바람직하지도 않다. 특히, 인력 예산 시간 등 제한적 자원이 적용되는 경우에는 한정된 표준화 항목 분야의 표준화 활동을 우선적으로 추진할 수 밖에 없으며, 이는 항목간 중요도 설정을 통해 구체화될 수 있다.

본 연구에서는 한국정보통신기술협회의 ICT표준화전략맵에서 도출된 사물인터넷 분야의 표준화 항목을 검토하고, 검토된 항목에 대해 계층 분석방법을 이용하여 중요도를 설정함으로써 보다 효율적인 표준화 추진전략을 제시하고자 한다. 또한, 집단의사결정을 구성하는 직군간 중요도 측정치에 대한 유의성 검증을 실시하여 중요도의 신뢰

성을 향상하는 방법을 제시하였다. 이렇게 신뢰성이 향상된 중요도 기반의 사물인터넷 표준화 항목선정을 실시함으로써 한정된 자원 및 노력의 효율적인 배치가 가능해지고 이에 따라 보다 효과적인 표준화를 기대할 수 있게 된다.

2. 대기준 집단 의사결정

정성적 의사결정 문제를 대상으로 참여자간 관찰과 측정을 통해 결론을 도출하는 것은 전통적으로 오래된 연구 영역이다[14, 18]. 이러한 의사결정문제를 대상으로 Saaty [15, 16]는 의사결정에 참여하는 측정자의 상대적인 호감 혹은 느낌에 의한 정성적 측정치를 계량화하여 의사결정을 추진하는 계층 분석 방법을 제안하였다.

이와 같은 정성적 문제에 대한 의사결정 방법은 다수 존재한다. 다만, 기존의 방법은 대부분 측정자의 판단적 방법에 관한 것으로 측정자의 단순 직관에 의한 의사결정이 대부분이다. 따라서, 해당 의사결정이 특정 측정자의 주관에 의해 지나치게 편향되는 단점이 존재한다. 계층 분석 방법에서는 이러한 단점을 극복하기 위해, 의사결정 문제를 다수의 주기준과 부기준을 이용하여 모형 체계를 제공함으로써 보다 체계적이고 개관적인 의사결정을 지원하고 있다[1]. 즉, 의사결정에 영향을 주는 다수 요인을 계층 구조로 모형화한 후 각 요인에 대한 가중치를 결정함으로써 요인간 가중치를 고려하는 보다 합리적이고 체계적인 의사결정을 지원한다.

이와 같이 계층 분석 방법 기반의 의사결정 체계는 정량 데이터가 미흡한 경우에 매우 유용하며, 특히 정량화된 결과를 제공하는 구조화된 방법을 제시함으로써 보다 구체적인 의사결정을 지원한다는 장점이 있다.

한편, 단 한 명의 측정자만 개입하여 의사결정하는 개인적 결정문제도 있겠지만, 보다 현실적인 문제에서는 위원회 등 한 명 이상의 측정자가 참여하는 집단의사결정 [13]이 보다 일반적인 형태라 할 수 있다. 이와 같은 집단의사결정에서는 참여하는 측정자의 수가 다수이므로 참여자간 소통이 원활하다는 가정하에서 보다 폭넓은 의견의 제시 및 수립이 가능해 지므로 보다 효과적인 의사결정이 도출될 수 있다.

계층 분석 방법은 집단 의사결정을 위한 효과적인 방법 중의 하나[2]로 외교 국방 등의 정치 군사 문제[4], 재무 금융 등의 경영문제[21], 개인정보보호 문제[20], 제조물 책임[19], 전사적 자원관리[12] 및 공급체인관리 문제 [10]등에서 전략 계획 및 실행 계획 수립에 응용되었다.

또한, 표준화 전략수립 분야에서도 계층분석방법을 이용한 연구[11, 25]가 있었다. 하지만, 기존의 연구에서는 관련 측정자의 전문성, 업무연관성 등에 대한 분석이 미

흡하게 제시되어 결정된 의사결정에 대한 신뢰성이 약화되는 한계가 있었다. 따라서, 본 연구에서는 의사결정에 참여하는 측정자를 직군에 따라 구분하고 관련 중요도를 측정된 후, 통계적 검정을 통해 측정자 집단 간 의사결정에 대한 통계적 유의성을 검정하여 보다 신뢰성이 향상된 방법을 제시하고자 한다.

3. 연구방법 및 분석

3.1 연구모형 및 절차

본 연구의 수행과정은 다음과 같은 여섯 가지 단계로 구분할 수 있다. 첫 번째 단계는 의사결정 문제를 목표(goal), 기준(criteria) 및 대안(alternatives)으로 구분하는 문제정의 단계이다. 이와 같은 문제정의 단계에서는 계층구조의 설정이 필수적이며, 계층 구조는 목표, 기준, 대안의 계층적 구성에 관한 것으로 목표는 표준화 항목의 중요도 결정이며, 기준은 주기준(upper criteria)과 부기준(lower criteria)의 2단계 기준을 사용한다. 또한, 본 연구에서의 대안은 가중치 평가 대상인 표준화 항목이다.

두 번째 단계는 계층구조를 설문지 형태로 표현하는 설문 작성에 관한 것이다. 작성된 설문은 설문자 기준별 중요도를 판단하도록 기존 연구에서 사용된 9등급 척도 기반의 쌍대비교를 이용하였으며, 측정자의 직군, 경력 등 전문성 판단을 위한 설문을 포함한다.

세 번째 단계는 집단 의사결정을 위한 전문가 집단을 선정하고 설문을 실시하는 것으로 이메일 등을 이용하여 실시한다. 본 연구에서는 가중치에 대한 집단 간 유의성 측정 및 검증을 위해 학계와 공공부문을 대상으로 실시하였다.

네 번째 단계는 접수된 설문지 대한 설문자 별 분석 단계로 응답의 일관성을 측정하기 위한 일관성비율(CR, consistency ratio)를 계산하고 검증하는 것이다. 일관성 결여로 재설문이 필요한 경우는 재설문을 실시한다.

다섯 번째 단계는 각 설문자의 중요도를 기반으로 직군별 중요도 분석을 실시하는 것이다. 또한, 각 설문자가 속한 직군에 따라 평가 기준에 대한 의견차이가 있는지를 통계적으로 검정한다. 직군별 차이점이 있는 경우 이를 해석하고 관련 분석을 실시한다. 검정 방법으로는 설문자별 가중치의 정규성 여부에 따라 모수 또는 미모수 검정을 선택하여 실시한다.

여섯 번째 단계는 직군별 유의성이 발견되지 않을 경우, 모든 설문자의 결과를 취합하여 표준화 항목별 중요도를 계산한다. 이때, 기존 연구에서 다수 사용된 기하평균[26]을 이용하여 중요도를 집계하고 관련 우선순위를 산정한다.

3.2 표준화 항목

정보통신 융합 관점의 사물 인터넷 구현을 위해서는 구성 요소간 정보통신 상호호환성 및 관련 융합 기술에 대한 표준화가 기본적인 요소라고 할 수 있다. 이러한 정보통신 표준화의 필요성 때문에, 국내외 표준 제개정을 위한 전략으로 한국정보통신기술협회는 ICT표준화전략맵[23]을 통하여 사물인터넷 표준화 활동이 필요한 표준화 항목을 <Table 1>과 같이 도출하였다. 도출된 사물인터넷 표준화 항목은 사물인터넷 서비스, 사물인터넷 플랫폼, 사물인터넷 네트워크, 사물인터넷 디바이스, 사물인터넷 보안 등으로 구성된다.

제시된 표준화 항목 중 사물인터넷 서비스 표준화는 사물의 인식과 주변 정보 수집을 이용하여 지능형 서비스를 제공하는 것으로 다품종 제품의 맞춤형 생산 및 제조 서비스를 위한 요구사항 및 관련 참조모형 표준화를 위한 맞춤형 제조 서비스 시나리오 및 요구사항과 교통사고 사망자 감소를 위해 긴급상황 발생시 사고 자동 감지 및 인명구조 및 사고 조치를 위한 e-Call 서비스 표준화를 포함한다. 또한, 사물인터넷 플랫폼 표준화는 서로 다른 데이터 포맷을 사용하는 국제 IoT 표준 간의 상호연동 기술표준화를 의미한다.

사물인터넷 네트워크 기술 표준화는 서비스에 관계되는 사람 및 사물을 인터넷을 이용하여 상호 연결 및 소통하는 기술 표준화에 관한 것으로, 저전력 데이터 전달 및 통신 제어기술, 서비스 지향 네트워크 기술, 디바이스 간 직간접 통신인 무인프라(Infraless)환경 통신기술, 이기종 LPWA 단말연동기술, 착용형 스마트 IoT 기기 연동 및 제어 기술 표준화를 포함한다. 또한, 디바이스 기술

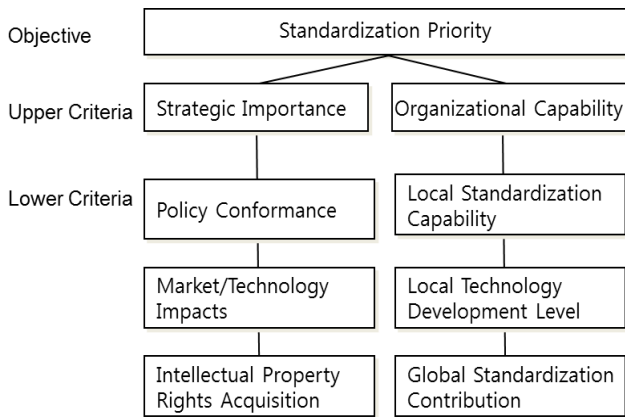
<Table 1> IoT Standardization Work Items[23]

Group	Work Items
IoT Service (G1)	Customized manufacturing service scenario and Requirements(w1)
	e-Call service(w2)
IoT Platform(G2)	Heterogeneous service interoperability(w3)
IoT Network (G3)	Low energy IoT data transmission and communication control(w4)
	IoT service oriented network(w5)
	IoT communication technology under infra-less environments(w6)
	Heterogeneous LPWA terminal interoperability(w7)
	Wearable smart IoT Device interoperable and control technology(w8)
IoT Device(G4)	Open DIY IoT HW/SW service(w9)
IoT Security (G6)	IoT device mutual certification technology(w10)
	IoT big data privacy protection technology(w11)

표준화는 사람 및 사물 등이 상호 소통하도록 사물을 지능화하는 장치 관련 기술 표준화에 관한 것으로, 개방형 Do-It-Yourself IOT 하드웨어 및 소프트웨어 서비스 기술 표준화가 포함된다. 특히, 사물인터넷 보안 기술은 프라이버시 보호와 안전한 시스템 운영 제공을 위한 기술 표준화로 디바이스 상호인증 기술 및 빅데이터 프라이버시 보호기술 표준화 등을 포함하고 있다.

3.3 계층 구조

본 연구에서 사용된 계층분석방법의 계층구조는 <Figure 1>과 같다.



<Figure 1> Hierarchy Architecture

이때, 계층구조의 의사결정 목표는 사물인터넷 표준화에서 설정된 표준화 항목간 중요도를 결정하는 것이며, 주기준 및 부기준은 ICT표준화전략맵[22]에서 제시한 기준을 <Table 2>와 같이 사용한다.

<Table 2> Criteria Description[23]

Upper Criteria	Lower Criteria
Strategic Importance(U1)	Organization policy conformance(L11)
	Market/technology impacts(L12)
	Intellectual property rights acquisition(L13)
Organization Capability(U2)	Local standardization capability(L21)
	Local technology development level(L22)
	Global standardization contributions(L23)

평가기준에서 주기준은 전략적 중요성과 한국역량으로 구성된다. 전략적 중요도는 표준 개발 및 국제 표준화를 위해 정책, 시장, 기술, 지식재산권 등의 전략적 변수에 대한 판단에 관한 것이며, 한국역량은 해당 표준 기술 영역에 대한 표준화 관련 역량에 관한 것이다.

전략적 중요도 기준집합은 3개의 부기준으로 구성되며 각각은 정책부합성, 시장/기술적 파급효과, 지식재산권 확보가능성이다. 정책부합성 요소는 사물인터넷 표준기술의 관련 산업과의 연관성, 중점 육성 분야 관련성 등에 관한 것이며, 시장/기술적 파급효과 요소는 시장 및 기술 파급효과, 산업적 파급효과 등을 의미한다. 또한 지식재산권 확보가능성 요소는 사물인터넷 표준기술의 지식재산권, 표준특허 등 관련 권리의 확보 가능성에 관한 것이다.

주기준중 한국역량은 국내표준화역량, 국내기술 개발수준, 국제표준화 기여도로 구성된다. 국내표준화역량 요소는 국외 대비 한국의 표준화역량으로 인력 및 자원 측면의 국내표준화 자원의 수준을 의미한다. 또한, 국내기술 개발수준 부기준은 사물인터넷 분야에 대한 관련 기술의 국외대비 수준에 관한 것이며, 국제표준화 기여도 요소는 공식/사실 국제표준화에 대한 표준화 기여도를 의미한다.

3.4 쌍대비교 설문

본 연구의 다음 단계로 주기준 및 부기준간 중요도에 대한 비교 측정을 위해 설문을 작성하였다. 작성된 설문은 기준간 쌍대비교에 관한 것으로 질문은 아래 예시와 같다. (예시) 기준 1과 기준 2를 비교했을 때, 상대적으로 어느 기준이 얼마나 중요하다고 생각하십니까?

이러한 쌍대비교에서는 상대적 중요성을 표현하는 평가 척도가 중요하며, 본 연구에서는 Saaty[15]가 제안한 <Table 3>의 9등급 평가 척도를 사용하였다.

<Table 3> Saaty's Pairwise Comparison Scales[15]

Intensity of Importance	Explanation
1	Equally important to the objective
3	Moderate important(slightly important)
5	Strong important
7	Very strong important
9	Extremely important

설문이 작성된 후, 다음 단계로 집단 의사결정을 위한 전문가 집단의 선정 및 설문을 실시하였다. 전문가 집단의 선정은 ICT표준화전략맵 관련자를 중심으로 학계 및 공공부문을 대상으로 실시하였다.

설문 실시 결과, 각기 접수된 응답자의 응답 일관성을 확인하기 위해 일관성비율을 사용하였다. 일관성비율은 쌍대비교 결과에 대한 논리적 일관성 측정을 위한 것으로 해당 비율은 아래 (1)과 같으며 0.15 이상인 경우에 설문의 일관성이 유의하다고 판단한다[18].

$$CR = CI/RI \quad (1)$$

단,

- CI = 일관성 지수(Consistency Index)
 $= (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$
- RI = 난수지수(Random Index)
- λ_{\max} = 최대 고유치
- n = 평가기준수

이때, 난수지수는 Satty[17]가 제안한 <Table 4>의 평가 기준수에 따른 난수지수값을 이용하였다.

<Table 4> Random Index[17]

n	3	4	5	6
RI	0.58	0.9	1.12	1.24
n	7	8	9	10
RI	1.32	1.41	1.45	1.49

유의한 일관성을 보인 설문과 문항에 대해서는 재설문을 통해 보완하는 방법을 사용하였으며 이를 통해 일관성 비율을 0.15이내로 확보하였다. 최종적으로 접수된 응답자의 직군 및 경력은 각각 <Table 5>, <Table 6>과 같다.

<Table 5> Expert Occupational Group

	Frequency	Ratio(%)
Public Sector	10	50.0
Academy	10	50.0
Total	20	100.0

<Table 6> Expert Work Experience

	Frequency	Ratio(%)
Less Than 5 Years	3	15.0
Less Than 10 Years	1	5.0
Less Than 15 Years	3	15.0
Less Than 20 Years	6	30.0
More Than 20 Years	7	35.0
Total	20	100

3.5 직군별 가중치

학계 설문자 직군의 평가기준에 대한 가중치는 <Table 7>과 같다. 먼저, 학계 전문가는 주기준에서 전략적 중요도의 가중치(0.6997)를 한국 역량 가중치(0.3003)보다 높게

부여하였다. 또한, 전략적 중요도의 부기준에서는 시장/기술적 파급효과(0.589), 지식재산권 확보가능성(0.213), 정책부합성(0.198)의 순서로 중요도를 결정하였으며, 한국 역량 주기준의 부기준에서는 국내 기술개발수준(0.436), 국제표준화 기여도(0.418), 국내표준화 역량(0.147)의 순으로 중요도를 결정하였다.

<Table 7> Criteria Weights-Academy

Upper Criteria	Lower Criteria	Academy			
		Upper Weight	Lower Weight	Total Weight	Rank
U1	L11	0.6997	0.198	0.1385	3
	L12		0.589	0.4120	1
	L13		0.213	0.1490	2
U2	L21	0.3003	0.147	0.0441	6
	L22		0.436	0.1309	4
	L23		0.418	0.1255	5

또한, 주기준과 부기준의 가중치를 함께 고려한 중요도에서는 시장/기술적 파급효과의 가중치를 (0.4120)으로 가장 높게 판단하였으며, 국내 표준화 역량 부기준의 가중치를 (0.0441)로 가장 낮게 판단하였다. 이러한, 학계의 중요도 가중치 판단은 전략적으로는 시장 및 기술적 파급효과가 크고 한국 역량 측면에서는 국제적으로 경쟁력 있고 국내 기술개발수준이 높은 표준화 항목에 대한 선호를 나타낸 것으로 볼 수 있다.

공공부문 설문자 직군의 평가기준에 대한 가중치 판단은 <Table 8>과 같다. 공공부문의 전문가는 주기준에서 전략적 중요도의 가중치(0.7471)를 한국 역량 가중치(0.2529)보다 학계 가중치 부여 대비 월등히 높게 부여하였다. 또한, 전략적 중요도의 부기준에서는 시장/기술적 파급효과 (0.486), 지식재산권 확보가능성(0.410), 정책부합성(0.104)의 순으로 중요도를 결정하였으며, 한국 역량 주기준의 부기준에서는 국내 기술개발수준(0.418), 국제표준화 기여도 (0.374), 국내표준화 역량(0.208)의 순으로 학계의 결정과 동일한 중요도 순서를 제시하였다.

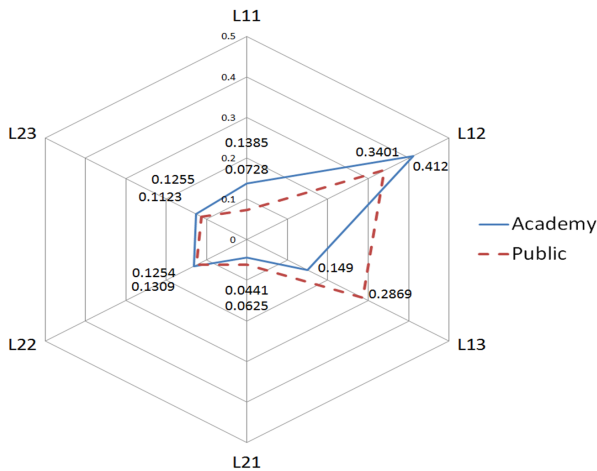
주기준과 부기준의 가중치를 함께 고려한 중요도에서는 시장/기술적 파급효과의 가중치를 (0.3401)으로 가장 높게 판단하였으며, 국내 표준화 역량 부기준의 가중치를 (0.0625)로 가장 낮게 판단하였다. 이렇게 주기준 및 부기준의 순서에 있어서 공공부문의 의사결정은 학계의 의사결정과 동일하지만, 각 가중치의 차이로 기준별 중요도는 다소 차이가 있었다. 즉, 학계 직군에서 비교적 높게 설정한 정책부합성 기준의 중요도(0.1385)가 공공 직군에서는 비교적 낮은 중요도(0.0728)을 보였으며, 공공부문 직군에서 비교적 높게 설정한 지식재산권 확보가능성의 중요도(0.2869)가

학계 직군에서는 비교적 낮은 중요도(0.149)를 보여 전체 순위에 약간의 변동이 관찰되었다.

<Table 8> Criteria Weights-Public Sector

Upper Criteria	Lower Criteria	Public Sector			
		Upper Weight	Lower Weight	Total Weight	Rank
U1	L11	0.7471	0.104	0.0728	5
	L12		0.486	0.3401	1
	L13		0.410	0.2869	2
U2	L21	0.2529	0.208	0.0625	6
	L22		0.418	0.1254	3
	L23		0.374	0.1123	4

<Figure 2>는 주기준 가중치가 고려된 부기준의 중요도를 직군별로 비교하여 보여주고 있다. 이러한 비교 차트에 의하면, 직군별로 대부분 유사한 중요도를 보여주고 있으나, 전략적 중요도 주기준의 정책부합성, 시장/기술적 파급효과, 지식재산권 확보가능성의 가중치는 다소 직군별로 차이가 있는 것을 육안으로 알 수 있다.



<Figure 2> Comparison of Criteria Weights

3.6 직군간 가중치 검증

설문 결과 도출된 기준의 직군별 중요도 가중치에서 <Table 9>와 같이 최소값 및 최대값 측면의 차이가 관찰되었다. 즉, 정책부합성 부기준 가중치의 경우, 학계의 최소값(0.028)과 최대값(0.430)이 공공부문의 최소값(0.008)과 최대값(0.117) 보다 비교적 높은 수준을 보였으며, 국제표준화 부기준 가중치의 경우에도, 학계의 최소값(0.038)과 최대값(0.253)이 공공부문의 최소값(0.018)과 최대값(0.143) 보다 비교적 높은 수준을 보였다.

이렇게 직군별 중요도 가중치의 차이가 관찰되는 경우에, 전체 전문가 의견이 모두 고려되는 집단 의사결정의 신뢰도 증진을 위해서는 전문가 직군간 가중치에 의견 차이가 있는지에 대한 유의성 검증이 요구된다.

이와 같은 유의성 검증은 모수와 비모수적 검증이 존재하며 이러한 구분은 각 전문가의 가중치에 대한 정규성 검증에 따라 정해진다[3]. 본 연구에서는 측정치에 대한 테스트 결과 모든 측정치에서 정규성을 만족하지 못하는 것으로 결론되었다. 따라서, 정규성에 기반한 모수적 검증에 비해 결과 해석 및 정보가 제한적인 비모수 검증의 사용이 불가피하며 본 연구에서는 Mann-Whitney 검증[3, 8]을 적용하여 실시하였다.

본 연구에서 사용한 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.

$$\text{귀무가설 } H_0 : M_A = M_B \quad (2)$$

$$\text{대립가설 } H_1 : M_A \neq M_B \quad (3)$$

단, M_A 는 학계 직군의 측정치 중앙값,
 M_B 는 공공부문 직군의 측정치 중앙값

검정을 위한 유의수준은 $p = 0.05$ 로 적용하였으며, 각 기준별 검증 결과 p-value는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Mann-Whitney Test Results

Decision Elements	Academy		Public Sector		P-Value
	Min	Max	Min	Max	
L11	0.028	0.430	0.008	0.117	0.4270
L12	0.105	0.652	0.078	0.563	0.8798
L13	0.013	0.450	0.039	0.506	0.0587
L21	0.010	0.083	0.008	0.143	0.9097
L22	0.035	0.506	0.023	0.652	0.6229
L23	0.038	0.253	0.018	0.143	0.3442

이와 같은 비모수 검증 결과, 유의수준이 0.05 이하일 경우 귀무가설이 기각되므로, 계산된 p-value를 기준으로 두 직군간 중앙값이 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없었다.

3.7 표준화 항목별 우선순위

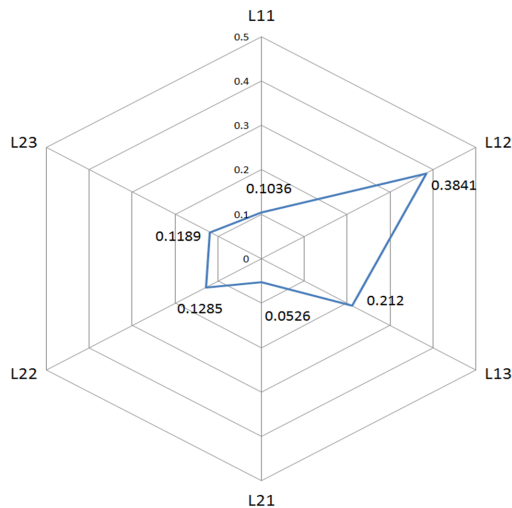
전체 설문자를 고려한 평가기준 가중치는 <Table 10>과 같다. 집단 의사결정에서 설문자는 주기준에서 전략적 중요도의 가중치(0.7241)를 한국 역량 가중치(0.2759)보다 높게 부여하였으며, 전략적 중요도의 부기준에서는 시장/기술적 파급효과(0.549), 지식재산권 확보가능성(0.303), 정책부합성(0.148)의 순서로 중요도를 결정하였다. 또한, 한

국 역량 주기준의 부기준에서는 국내기술 개발수준(0.428), 국제표준화 기여도(0.396), 국내표준화 역량(0.175)의 순으로 중요도를 결정하였다.

주기준과 부기준의 가중치를 함께 고려한 중요도는 <Figure 3>과 같이 시장/기술적 파급효과의 가중치를 0.3841로 가장 높게 판단하였으며, 국내 표준화 역량 부기준의 가중치를 0.0526으로 가장 낮게 판단하였다. 또한, 지식재산권 확보 가능성(0.2120), 국내기술 개발수준(0.1285), 국제표준화 기여도(0.1189), 정책 부합성(0.1036)의 순으로 중요도를 부여하여 순서 측면에서 공공부문 직공의 의사결정과 동일하였다. 이러한, 중요도 가중치 판단은 전략적으로는 시장 및 기술적 파급효과가 크고 지식재산권을 확보할 수 있으며, 한국 역량 측면에서는 국내기술 개발수준이 높은 표준화 항목에 대한 선호를 나타낸 것으로 볼 수 있다.

<Table 10> Criteria Weights

Upper Criteria	Lower Criteria	Upper Weight	Lower Weight	Total Weight	Rank
U1	L11	0.7241	0.148	0.1036	5
	L12		0.549	0.3841	1
	L13		0.303	0.2120	2
U2	L21	0.2759	0.175	0.0526	6
	L22		0.428	0.1285	3
	L23		0.396	0.1189	4



<Figure 3> Weights of Criteria

이렇게 결정된 기준 가중치를 기반으로 표준화 항목별 우선순위를 산출하기 위해서는 각 기준별로 표준화 항목의 수준점수를 결정하여야 한다. ICT표준화전략맵 [23]에서는 5수준 스케일을 이용하여 관련 의견을 수렴하여 <Table 11>과 같이 제시하고 있다.

<Table 11> Work Item Scores

Work Item	U1			U2		
	L11	L12	L13	L21	L22	L23
W1	4	4	4	3	2	2
W2	4	4	3	3	3	3
W3	4	4	4	3	3	3
W4	3	4	3	3	3	3
W5	4	4	4	3	3	3
W6	4	4	4	4	3	3
W7	4	4	3	3	3	3
W8	4	4	4	4	4	4
W9	4	4	3	3	3	3
W10	4	4	3	3	3	3
W11	4	4	3	2	2	2

<Table 11>의 항목 수준점수 부분과 <Table 10>의 기준별 가중치를 각각 곱하고 합산하면 <Table 12>의 항목 가중치와 같이 표준화 항목의 우선순위를 결정할 수 있다. <Table 11>의 계산 결과에 의하면, 표준화 항목 “착용형 스마트 IoT 기기 연동 및 제어 기술(w8)”이 가중치 3.999로 가장 우선적으로 표준화가 추진되어야 할 항목으로 선정되었으며, 표준화 항목 “IoT 빅데이터 프라이버시 보호기술(W11)”은 3.306으로 표준화 추진 우선순위가 비교적 낮게 평가되었다.

<Table 12> Grouping of Work Items

Work Items	Work Item Priorities	Rank
Wearable smart IoT Device interoperable and control technology(w8)	3.999	1
IoT communication technology under infra-less environments(w6)	3.870	2
IoT service oriented network(w5)	3.818	3
Heterogeneous service interoperability(w3)	3.818	3
IoT device mutual certification technology (w10)	3.606	5
Open DIY IoT HW/SW service(w9)	3.487	6
Customized manufacturing service scenario and Requirements(w1)	3.451	7
Low energy IoT data transmission and communication control(w4)	3.383	8
Heterogeneous LPWA terminal nteroperability(w7)	3.368	9
e-Call service(w2)	3.368	9
IoT big data privacy protection technology (w11)	3.303	11

4. 결론

사물인터넷 시대의 도래에 따라 세계 각국의 시장 및 기술 선점을 위한 노력이 진행되고 있으며 글로벌 제품 및 서비스 제공을 위한 상호 호환성 보장 측면에서 표준화가 필수불가결한 요소로 인식되고 있다. 이러한 표준화 필요성에 대한 대응으로 관련 공식 및 사실 표준화기구를 중심으로 표준화 활동이 활발히 진행되고 있으며 우리나라는 관련 학계 연구계 및 업계를 중심으로 관련 전략을 수립하고 표준화 항목을 도출하여 추진하고 있다.

이와 같은 표준화 활동에서 시간, 인력 및 예산 등 한정적 자원이 제공되는 경우에는 동일한 비중으로 모든 표준화 활동을 수행하는 것은 바람직하지 않으며, 전략적 중요도 및 수행능력 등의 다수 기준을 바탕으로 항목별 추진 우선순위를 수립하는 것이 보다 바람직하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 다기준 의사결정 방법의 하나인 계층분석방법을 이용하여 사물인터넷 표준화 활동 추진의 우선순위를 결정하는 방법을 제안하였다. 제안 방법에서는 평가 기준 중심의 계층구조를 개발하고, 관련 전문가를 대상으로 쌍대비교를 실시하여 각 기준의 중요도를 도출하였으며, 중요도의 신뢰도 향상을 위해 직군간 중요도 측정치에 대한 유의성 검정을 실시하였다.

이렇게 계층분석방법을 사용하여 표준화 항목별로 중요도에 따른 표준화 추진전략이 제시되고, 제안된 표준화 추진 우선순위에 의해 표준화가 진행된다면 자원의 효율적인 분배가 가능해짐에 따라 보다 효과적인 표준화 활동의 추진이 기대된다.

Acknowledgement

This research was supported by the Daejeon University research fund (2014).

References

- [1] Belton, V. and Goodwin, P., Remarks on the Application of the Analytic Hierarchy Process to Judgmental Forecasting, *International Journal of Forecasting*, 1996, Vol. 12, No. 1, pp. 155-161.
- [2] Dyer, R. and Forman, E., Group Decision Support with the Analytical Hierarchy Process, *Decision Support Systems*, 1992, Vol. 8, pp. 99-124.
- [3] Gibbons, J. and Chakraborti, S., Non Parametric Statistical Inference, 5th Edition, Chapman and Hill/CRC, 2010.
- [4] Hamalainen, R.P., A Decision Aid in the Public Debate on Nuclear Power, *European Journal of Operational Research*, 1990, Vol. 48, No. 1, pp. 66-76.
- [5] Institute for Information and Communication Technology Promotion, IoT Status and Key Issues, 2014.
- [6] Kim, B., Machine To Machine Promotion Policy Direction, *TTA Journal*, 2011, No. 134, pp. 34-41.
- [7] Kim, H., Machine To Machine, *TTA Journal*, 2011, No. 134, pp. 24-29.
- [8] Mann, H. and Whitney, D., On a Test of Whether One of Two Random Variable is Stochastically Larger Than the Other, *Ann. Math. Statist*, 1949, Vol. 18, pp. 50-60.
- [9] Min, K., Internet of Things, Net Term, Korea Internet and Security Agency, 2012.
- [10] Palma-Mendoza, J., Analytical Hierarchy Process and SCOR Model to Support Supply Chain Re-design, *International Journal of Information Management*, 2014, Vol. 34, pp. 634-638.
- [11] Park, K., Koo, K., Lim, C., and Suh, E., The Method of Setting Priorities for Telecommunications Standardization Work Areas-An Analysis of Pilot Test, *Korean Management Science Review*, 1994, Vol. 11, No. 3, pp. 129-151.
- [12] Parthasarathy, S. and Sharma, S., Determining ERP Customization Choices Using Nominal Group. Technique and Analytical Hierarchy Process, *Computers in Industry*, 2014, Vol. 65, pp. 1009-1017.
- [13] Peniwati, K., Criteria for Evaluating Group Decision-Making Methods, *Mathematical and Computer Modelling*, 2007, Vol. 46, pp. 935-947.
- [14] Saaty, R.W., The Analytic Hierarchy Process-What It Is and It Is Used, *Mathematical Modelling*, 1987, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176.
- [15] Satty, T.L., Decision Making for Leaders, Pittsburgh, RWS Publication, 1982.
- [16] Saaty, T.L., How To Make a Decision : The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 1990, Vol. 48, No. 1, pp. 9-26.
- [17] Saaty, T.L., Relative Measurement and its Generalization in Decision Making : Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors-The Analytic Hierarchy/Network Process, *Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Series A : Mathematics(RACSAM)*, 2008, Vol. 102, No. 2, pp. 251-318.
- [18] Saaty, T.L., Theory and Applications of the Analytic Network : Decision Making with Benefits, Opportuni-

- ties, Costs and Risks, RWS Publication, PA USA, 2005.
- [19] Seo, H., Ko, B., and Bae, S., Extracting priorities of strategic components of product liability response system using AHP, *J Korean Soc Qual Manag*, 2014, Vol. 42, No. 2, pp. 235-252.
- [20] Shin, Y., Jeong, H., and Kang, W., A Study of Priority for Policy Implement of Personal Information Security in Public Sector, *Journal of Korea Institute of Information Security and Cryptography*, 2012, Vol. 22, No. 2, pp. 379-390.
- [21] Steenge, A., Bulten, A., and Peters, F., The Decentralization of a Sales Support Department in a Medium-Large Company : A Quantitative Assessment Based on Ideas of Thomas L. Saaty and Stafford Beer, *European Journal of Operational Research*, 1990, Vol. 48, No. 1, pp. 120-127.
- [22] Swapnadepp, N., Han, H., and Park, H., The Internet of Things(IoT Technology Development Trend), KEIT PD Issue Report, 2015, Vol. 15-6.
- [23] Telecommunications Technology Association, ICT Standardization Strategy Mapp, Ver. 2016.
- [24] Weiser, M., The Computer for the Twenty-First Century, *Scientific American*, 1991, Vol. 265, No. 3, pp. 94-104.
- [25] Woo, H., Setting Priorities on Standardization Work Items of IPv6 Multi-Networking Using Analytical Hierarchy Process, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2011, Vol. 34, No. 1, pp. 25-32.
- [26] Xu, Z., On Consistency of the Weighted Geometric Mean Complex Judgement Matric in AHP, *European Journal of Operational Research*, 2000, Vol. 126, No. 3, pp. 683-687.

ORCID

Hoon-Shik Woo | <http://orcid.org/0000-0002-0336-0680>