

국내 IPv6 사용도 실측 지표 개선안

김 하 영*, 박 성 규*, 유지 영**, 김 태 성°, 양 원 석***

Improved Measurement Indices for IPv6 Usage in South Korea

Ha-Young Kim*, Sung-Kyu Park*, Ji-Young Ryu**, Tae-Sung Kim°, Won-Seok Yang***

요 약

인터넷 주소의 수요가 급증하고 있지만 기존 IPv4 주소는 사실상 고갈상태이다. 따라서 IPv6로의 전환이 지속적으로 이루어지고 있는 가운데, IPv6의 실측 지표를 통해 IPv6 도입에 대한 체계적인 실태 파악의 필요성이 대두되었다. 본 연구에서는 국내 IPv6 사용도 실측 지표 개발을 위해 국내외 실측기법 및 사례들을 조사하고 기존 국내 실측지표에 대한 평가 및 검증을 통해 개선된 실측지표를 도출하며 각 지표에 대한 구현 방법을 제시한다.

Key Words : IPv6, usage, measurement, index

ABSTRACT

Even though there have been a surge in demand for Internet addresses, but the existing IPv4 addresses are virtually depleted. Therefore, the conversion of IPv6 is being made consistently and the need for systematic situation grasp for IPv6 adoption through the measurement index of the IPv6 is on the rise. This study investigated domestic and overseas IPv6 usage measurement techniques and cases. Through evaluating existing measurement indices, this study derives the improved indices of measuring IPv6 usage and proposes the implementation methods of them.

I. 서 론

스마트폰 등의 모바일 기기의 보편화와 사물인터넷(IoT) 시장의 확산에 따라 인터넷 사용량 및 인터넷주소(IP)의 수요가 급증하고 있다¹⁻³⁾. 한편, 전세계적으로 기존 IPv4 주소는 사실상 고갈 상태이기 때문에 개수가 무한대로 알려진 차세대인터넷주소 IPv6로의 전환이 진행되고 있다³⁾. 최근 IPv6의 이동성을 지원하는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) 등에 관한 연구를 통해 IPv6로의 전환을 위한 기술적인 준비가 진행되고 있다⁴⁻⁶⁾. IPv6 전환을 위해서는 국가별 IPv6의 도입을

을 파악해야 한다. 도입율은 크게 IPv6가 사용 가능한 상태인 준비도와 실제 IPv6를 통해 통신하고 있는 상태인 사용도로 구분된다. 한국인터넷진흥원(KISA)에서는 IPv6 도입 준비도를 측정하기 위해 장비 준비도와 서비스 사용도 조사를 매해 실시하고 있지만 응답자의 성실성에 의존하는 설문방식이기 때문에 실시간으로 정보를 제공하지 못하는 한계가 있다⁷⁾.

Cisco의 실측 결과에 따르면 2016년 6월 기준으로 국내 인터넷 이용자 중 IPv6 이용자 비율이 3.43%로 2014년 9월 기준 0.1%에 비해 증가했으나 현재 벨기에 42.1%, 스위스 26.0%, 미국 27.1% 등에 비하면 국

※ 이 논문은 2015년도 충북대학교 학술연구지원사업의 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

* First Author : Department of Information Security Management, Chungbuk National University, hahayoung@cbnu.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Department of Management Information Systems, Chungbuk National University, kimts@cbnu.ac.kr, 종신회원

* Department of Management Information Systems, Chungbuk National University, parksk0606@gmail.com

** Korea Internet & Security Agency, echo@kisa.or.kr, 정회원

*** Department of Business Administration, Hannam University, wonsyang@hnu.kr, 정회원

논문번호 : KICS2016-07-153, Received July 18, 2016; Revised October 4, 2016; Accepted October 13, 2016

내 IPv6 이용자 비율은 매우 낮다⁸⁾. Cisco 외에 Akamai, Google, APNIC 등의 기관에서도 국가별 IPv6 이용 현황을 실측하고 있다. 하지만 전 세계적으로 공통된 실측 방법론이 마련되어 있지 않고 기관별로 상이하여 국내에 그대로 활용하기 어려운 상황이다¹¹⁾.

본 연구에서는 국내 IPv6 도입 준비도 측정에 사용된 기존 설문방식의 한계를 극복하고, 국내의 실정에 맞게 IPv6 사용도 현황을 자동으로 측정하기 위한 지표로 개선하고자 한다. II장에서는 IPv6 사용도 실측에 대한 국내외 연구를 조사해보고 III장에서는 국내 연구 결과를 통합한 지표를 평가하여 개선된 국내 IPv6 실측 지표를 제시한다. IV장에서는 III장에서 제시한 국내 IPv6 실측 지표의 구현 방법을 제시한다.

II. 국내외 IPv6 측정 현황 조사

2.1 지표체계 방법론 사례 및 연구 조사

평가지표, 성과지표, 경제지표, 소득지표, 교육지표 등 다양하고 많은 지표들이 사용 및 연구되고 있다. 그 중 세계 주요 기관에서 사용하고 있는 지표체계와 지표 개발에 대한 국내외 연구에 대하여 과학기술 분야의 측정 방법론을 중심으로 조사하였다.

WEF(World Economic Forum)는 매년 IMD 세계 경쟁력연감 등과 함께 복합적 개념의 국가경쟁력을 평가하여 순위를 매기는 ‘세계경쟁력보고서(The Global Competitiveness Report)’를 발표한다. 거시경제, 공공제도, 기술 등의 다양한 항목에 대한 각종 통계와 기업인을 대상으로 한 설문조사를 통해 데이터를 수집하여 평가된 세계경쟁력지표(Global Competitiveness Index)로 나타낸다. 2014-2015년 WEF 세계경쟁력보고서는 기본요인, 효율성 증진, 혁신 및 성숙도의 3대 분야에서 총 12개 부문으로 세분화되며 총 112개의 지표로 다시 세분화된다. 지표는 80개의 설문지표와 32개의 정량지표로 구성되었다. 그 중 과학기술과 관련된 기술 수용성 부문은 정량지표 4개, 설문지표 3개로 구성되었으며 혁신 부문은 정량지표 1개, 설문지표 6개로 구성되었다^{9,10)}. 따라서 WEF 세계경쟁력지표 데이터는 주로 설문방식이 많이 차지한다는 것을 알 수 있다.

IMD(International Institute for Management Development)는 1989년부터 매년 ‘IMD 세계경쟁력연감(The IMD World Competitiveness Yearbook)’을 발표하였다. IMD 세계경쟁력연감은 세계 경제 분야에서 핵심적 역할을 하는 국가들의 WEF(World Economic Forum)의 국가경쟁력 지수와 함께 과학기

술 인프라 등 복합적 개념의 국가경쟁력을 평가하여 지표로 보여준다¹¹⁾. 국가경쟁력은 크게 경제운용성과, 정부행정 효율, 기업경영효율, 발전 인프라로 나뉘어 평가하였다. 지표 값을 산출하기 위해, 데이터 수집은 2/3를 차지하는 통계 데이터와 나머지 1/3을 차지하는 기업인의 의견조사로 얻은 설문 결과를 조합하였다¹²⁾. 2015년에 발표된 IMD 세계경쟁력연감 중 국가의 과학기술인프라 구축정도를 평가하는 과학·기술경쟁력은 4대 평가부문 중 발전 인프라의 하위분야에 속한다. 과학 인프라의 경우 총 24개의 지표 중 순위를 나타내는 정량적인 지표 18개와 기업인의 의견을 조합한 설문 지표 6개로 구성되어 있었다. 기술 인프라의 경우 총 23개의 지표 중 순위를 나타내는 정량적인 지표 13개와 기업인의 의견을 조합한 설문 지표 10개로 구성되어 있었다¹¹⁾. 따라서 IMD 세계경쟁력지표 데이터는 주로 통계 데이터를 모으는 방식이 많이 차지한다는 것을 알 수 있다.

유럽연합 집행위원회 기업산업총국에서는 리스본 전략과 Europe 2020 실현의 일환으로 유럽혁신지수인 ‘IUS(Innovation Union Scoreboard)’ 지표를 매년 발표하여 EU 회원국의 혁신 성과에 대한 상대적인 평가결과를 제공하고 모니터링하기 위한 도구로 활용하고 있다¹³⁾. 지표는 크게 투입, 기업 활동, 성과 3개 분야로 나뉘며 8개 부문, 25개 세부지표로 평가한다. IUS는 모든 지표가 정량지표로 구성되며 0과 1사이의 수치로 표현된다^{14,15)}.

Ming et al.(2011)은 IP 네트워크의 테스트, 계산, 평가에 이용 될 수 있는 네트워크 보안 및 존속성의 신규 지표 시스템을 제안하였다. 지표는 네트워크의 생존의 법칙인 저항, 인식, 복구로 구분되며 총 20개의 지표로 구성되어있다. 그리고 20개의 지표는 각각 여러 부수 지표들을 가지고 있다. 저항 지표의 경우 각 지표의 부수지표 값들의 합을 통해 얻을 수 있으며, 인식, 복구 지표는 각 부수지표들에 대해 네트워크 성능을 평가하여 측정한다¹⁶⁾.

Kirkman et al.(2002)은 세계 각국의 전반적인 네트워크 준비 지수 순위인 NRI(Network Readiness Index)를 나타내었다. NRI의 세부 구성요소는 크게 네트워크 사용 지표, 자원 요인 지표로 나뉘며 자원 요인 지표는 다시 네트워크 접근 지표, 네트워크 정책 지표, 네트워크 사회 지표, 네트워크 경제 지표로 세분화된다. 각 지표들은 모두 7점 척도의 하드 데이터와 전문가 의견 조사에 의해 자료가 수집되었다¹⁷⁾.

Li et al.(2008)은 기업의 멀티프로젝트에서 프로젝트 관리자 사이의 갈등을 측정하는 지표를 개인 요인,

프로젝트 요인, 조직적 요인으로 분류하였고 이 3가지 요인 하에 10가지 관점으로 총 33개의 지표를 구성하였다. 지표는 갈등을 측정하기 위해 경보 및 경고 제어 시스템과 유사한 갈등 측정 시스템 방식을 사용하였다¹⁸⁾.

Chen et al.(2009)은 조직 지능의 개발부터 조직 지능의 개념 및 특성을 정의하고 분석하였다. 조직 지능 지표는 인적 자원, 지식 경영, 조직의 내부 환경, 자원 운영, 외부 지원 요소로 분류되었고 총 16개의 지표로 구성되었다. 지표는 엔트로피 이론에 기초한 조직 지능 측정 모델을 구축하여 정량적인 조직 지능 지수를 측정하였다¹⁹⁾.

조사 결과, 한 지표를 다수의 대상에게 적용하여 비교하고자 하는 경우에는 주로 이미 산출된 통계값과 전문가의 의견 조사를 통해 지표를 나타내었다. 반대로 지표의 적용 대상이 정해져 있거나 소수일 경우에는 주로 측정모형을 구현하여 직접 측정하거나 성능 평가 또는 전문가의 의견 조사를 통해 지표를 구하였다. 한편 지표의 값은 단순 수치로 나타낼 수 있지만, 대부분 현황 파악, 비교 등에 쓰이는 지표에서 단순 수치로 나타내는 것은 지표의 의미에 한계가 있을 수 있다. 따라서 단순지표가 아닌 순위, 비율 등으로 나타냄으로써 비교가 용이하고 더욱 의미 있는 지표가 될 수 있다.

2.2 국내외 IPv6 측정 현황 조사

미국연방정부는 NIST의 Advanced Network Technologies Division에서 IPv6 Service Deployment Monitor를 이용해 정부기관, 산업계, 대학교 웹사이트를 대상으로 DNS, Mail, Web 서비스에 대한 IPv6

와 IPv4의 도입상태를 일별, 주별로 모니터링하여 통계 결과를 웹페이지에 게시하고 있다²⁰⁾. 벨기에의 IPv6 협회는 ISP 업체를 포함한 주요 서비스 제공자들을 대상으로 IPv6 도입 현황을 조사하였다. 각 업체의 대표 웹사이트를 대상으로 Web Server, Email, DNS Server의 IPv6 사용 여부와 서비스 제공자에게 할당된 Prefix 정보 및 실제로 라우팅되는 Prefix정보를 제공한다²¹⁾. 뉴질랜드는 IPv6 위원회에서 각국의 IPv6 준비도 및 도입 지표를 벤치마킹하여 ‘서비스 제공자의 준비도’, ‘콘텐츠 및 서비스의 가용성’, ‘사용량’의 관점으로 IPv6 도입 지표를 개발하였다²²⁾. Czyn et al.(2013, 2014)은 ‘콘텐츠 제공자’, ‘인터넷 서비스 제공자’, ‘콘텐츠 소비자’의 관점으로 구분하여 IPv6 도입률을 위한 지표를 제안하였다. 그리고 IPv6의 주요 측면을 ‘IP의 기능’, ‘동작 특성’ 2개의 클래스로 구분하여 각 지표의 측정값을 제시하였다^{23,24)}.

한편, ISOC(Internet Society)는 2012년에 전 세계적으로 실제 IPv6기반 서비스의 시작을 알리기 위해 ‘World IPv6 Launch’를 조직하였다. 2016년 6월을 기준으로 3,002개 업체의 웹사이트 운영자, 76개 업체의 네트워크 운영자, 5개의 홈 라우터 공급업체가 참가하고 있으며 World IPv6 Launch 웹사이트를 통해 IPv6의 접속자 수, 트래픽량 및 실측방법들을 공개하고 있다²⁵⁾. 표 1은 World IPv6 Launch 웹사이트에서 공개하고 있는 일부 참가기관들의 측정방식을 나타낸다.

진술한 기관이 자체 측정을 통한 모니터링, 참가기관 모집 등의 방법으로 IPv6 도입 지표를 개발하고 측정하고 있는 반면, Google과 Akamai 등 자체적으로

표 1. World IPv6 Launch 참가기관들의 측정방식
Table 1. Measurement methods used by operators in World IPv6 Launch

Operator	Index	Measurement method
Facebook	Percentage of IPv6 users	Calculate the percentage of unique IPv6 users out of total unique users based on the page loads from randomly selected users
Google	Percentage of IPv6 users	Calculate the percentage of IPv6 users in a random sample of visits to various Google properties, adding measurement JavaScript
LinkedIn	Percentage of IPv6 page view requests	Calculate the percentage of page view requests made by LinkedIn members over IPv6 connections. For measuring, add JavaScript to LinkedIn pages.
Akamai	Percentage of IPv6 requests	Calculate the index based on the hundreds of billions of IPv4 and IPv6 requests, analyzed across a 24-hour window represent traffic to a diverse set of customer sites across various industries, geographies, and user populations.
Yahoo	Percentage of IPv6 requests	Calculate the percentage of IPv6 requests received on their CDN(Content Distribution Network).

보유한 인터넷 관련 리소스를 활용하여 자체적으로 IPv6 이용 현황을 측정하는 기관도 존재한다. Google은 사이트 방문자들의 무작위 표본을 이용하여 전체 접속(IPv4+IPv6) 중 IPv6 접속 비율을 측정한다²⁶⁾. Akamai는 자사의 ‘인터넷 현황 보고서(State of the Internet Report)’를 통해 자사의 CDN망내 IPv6 트래픽 비율을 국가별, 네트워크 사업자별로 구분하여 제시한다²⁷⁾.

한편, 국내의 IPv6 준비도 및 사용도 측정은 통신사업자나 콘텐츠사업자보다는 주로 정부 주도로 이루어지고 있다. KISA는 국내의 IPv6 도입 준비도 측정을 위하여 기존의 장비 위주의 준비도 측정방식을 서비스 이용도 관점에서의 준비도 측정까지 포함하는 지표체계를 개발하였다. 콘텐츠의 서비스 과정에서 네트워크 계위별 즉, 인터넷 트래픽의 경로에 따라 ‘IX(Internet Exchange) 연동 계위’, ‘IX(Internet Exchange) 계위’, ‘ISP(Internet Service Provider) 계위’, ‘CSP(Content Service Provider) 계위’, ‘USER 계위’로 지표를 구분하였다⁷⁾. 주로 설문조사 기반으로 이루어지는 IPv6 준비도 조사 외에도 국내 각 네트워크 구간의 IPv6 사용도를 실측하기 위한 지표로 네

트워크 트래픽의 구간을 3단계로 구분하여 ‘이용자’, ‘콘텐츠’, ‘인프라’의 3단계로 구분하였다¹⁾.

III. 지표 평가 및 검증

3.1 지표 평가 및 검증 방법

KISA에서 2015년에 개발한 기존 국내 IPv6 준비도·사용도 측정 지표를 모두 나열한 후 각 항목의 중복 제거, 수정, 통합을 진행한 결과, 표 2와 같이 정리되었다. IPv6를 측정하는 지점은 서비스되는 네트워크의 모든 구간에 포함될수록 누락되는 지점이 적을 것이다. 따라서 지표의 구분은 국내 연구결과에 따라 ‘이용자’, ‘콘텐츠’, ‘인프라’ 구간으로 나누는 방법과 ‘IX연동계위’, ‘IX계위’, ‘ISP계위’, ‘CSP계위’, ‘USER계위’로 나누는 방법을 서로 적용하여 측정 범위의 적절성을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 표 2의 지표들을 평가 및 검증하여 자동 측정이 가능한 지표로 개선하고자 한다. 평가에 사용되는 방법은 노지현(2003)의 도서관 목록 품질 평가와 이를 인용한 최인숙(2004)의 디지털자료실지원센터 종합목록 데이터 품질평가에 사용된 항목을

표 2. 국내 기존 IPv6 사용도 실측지표 통합
Table 2. Summary of the measurement indexes for IPv6 usage in Korea

Category	Hierarchy	Index	Definition
USER	USER	Usage in USER hierarchy	Ratio of devices using IPv6 services among the devices using the Internet
		Number of devices using IPv6	Number of devices using IPv6 among domestic devices connected to the Internet
CONTENTS	CSP	Usage in CSP hierarchy	Ratio of IPv6 services among the Internet services
		Domestic users preferred site TOP 100	Ratio of web sites supporting IPv6 (Measuring whether they support IPv6 in Web, Mail, DNS, respectively)
		Support status of IPv6 services in Country Domain (.kr, .Korea)	Ratio of web sites supporting IPv6 in Country Domain (.kr, .Korea) sites
INFRA	IX-transit	Usage in IX linking hierarchy	Ratio of circuits using IPv6 between IXs
	IX	Usage in IX hierarchy	Ratio of circuits using IPv6 between IX and ISP
	ISP	Usage in between ISP and B2C	Ratio of subscribers using IPv6 between ISP and B2C
		Usage in between ISP and B2B	Ratio of subscribers using IPv6 between ISP and B2B
		Ratio of IPv6 AS number	Ratio of IPv6 application of more than 780 AS numbers used in domestic
	Usage trend of domestic IPv6 prefix	Network usage (routing) rate of domestically allocated IPv6 address (/32)	

표 3. 지표 평가 항목 및 기준
Table 3. Evaluation category and criteria

Category	Evaluation contents	Evaluation criteria
Coverage	Appropriacy of a measurement for its corresponding index	High: Maintain Medium: Improve Low: Delete
Completeness	Consistency between a measurement method and its corresponding index	
Accuracy	Accuracy and timeliness of collected data	
Redundancy	Redundancy of the meaning and implementation method of indexes	Yes/No: Maintain / Delete / Integrate for existing index

참고하였다^{28,29)}. 표 3은 기존 IPv6 측정 지표의 평가 및 검증에 적용된 평가 항목과 평가 기준을 나타낸다. 각 지표는 포괄성, 완전성, 정확성, 중복성 순으로 평가된다. 포괄성(Coverage)은 지표에 대한 측정범위(측정대상)의 적절성을 평가하며 완전성(Completeness)은 지표 의미와 계산식(측정방식)의 일치 정도를 평가한다. 또한 정확성(Accuracy)은 수집된 데이터의 정확도 및 적시성(측정의 실시간 여부)을 평가하며 중복성(Redundancy)은 지표들 간의 의미 및 구현방식의 중복 여부를 평가한다. 4가지 평가항목 중 포괄성, 완전성, 정확성은 높음, 중간, 낮음의 기준으로 평가한다. 높음(high)은 지표의 타당성이 검증되어 유지함을 나타내며, 중간(Medium)은 지표에 필요한 정보를 추가하거나 일부 구현 방식을 개선해야함을 나타내고, 낮음(Low)은 지표를 삭제하거나 필요한 정보의 추가 및 새로운 구현방식으로 대체해야함을 나타낸다. 마지막으로 중복성은 지표들 간 중복 여부에 따라 Y(Yes)/N(No)으로 평가하여 지표를 유지하거나 삭제 또는 통합해야함을 나타낸다.

3.2 평가 및 검증 결과

본 연구에서 제안하는 평가 항목과 기준을 표 2에 정리되어 있는 지표를 대상으로 적용하여 평가를 실시하였다. 지표 평가는 본 연구 참여자 중 3인이 델파이 기법을 통해 결과를 도출하였다. 평가 결과, 총 11개의 IPv6 사용도 측정 지표 중 6개의 항목만이 유지 및 개선되었다. 표 4는 표 2의 각 지표 항목들에 대한 평가 및 검토 결과를 나타낸다. 전체적인 평가 결과를 살펴보면, IPv6 사용도를 알 수 있는 지표로서 이미 실측 기법이 적용되어있는 경우 지표를 유지하였다. 반면 IPv6 사용도를 알 수 있어도 자체적인 측정이 불가능하거나 측정 범위, 의미가 부족한 지표에 대해 개선이 가능한 경우 개선, 불가능한 경우 삭제하였다. 또한 IPv6의 사용도와 실질적으로 관련 없는 지표 역시 삭제하였다. 하지만 설문방식으로만 측정 가능한

지표의 경우, 본 연구에서 목표로 하는 자동 측정방식으로 개선될 방안이 마땅치 않으나 실측 지표가 아닌 설문 지표로서 쓰일 가치가 있으므로 삭제를 하지 않고 미채택으로 분류 하였다.

이용자 계위에서는 ‘IPv6 이용 단말수’를 제외하고 모두 미채택 혹은 삭제되었다. ‘IPv6 이용 단말수’는 콘텐츠 서비스에 인입되는 IPv6 단말의 개수를 측정한다. 이때 콘텐츠 사업자 구간에서 실측하여 협조를 받아 이루어지는 관계로 제공받은 데이터의 측정 기준 및 결과에 대해 정확히 신뢰할 수 없으며 실시간으로 측정되지 않아 적시성에 문제가 있었다. 또한 데이터가 단말수로만 측정되어 실제 사용하고 있는 비율을 파악하기 어렵다. 하지만 자체적인 실측 방식으로 개선 시 본 연구의 목표인 IPv6 사용도를 측정하기에 매우 적합하다고 판단하여 ‘개선’이라는 평가를 내렸다. 개선된 실측 방식에 대해서는 IV장에서 제시한다.

콘텐츠 계위에서는 ‘국가도메인 (.kr, .한국) IPv6 서비스 지원 현황’이 그대로 유지되었고 ‘국내 이용자 선호사이트 TOP 100’이 개선되었으며 나머지는 삭제 및 미채택 되었다.

‘국가도메인 (.kr, .한국) IPv6 서비스 지원 현황’은 단순 현황만을 나타내기 때문에 비율을 나타내는 지표로서의 의미가 부족하므로 IPv6 서비스 지원 비율을 알 수 있도록 지표명과 의미의 명확화가 필요하다. 한편 ‘국내 이용자 선호사이트 TOP 100’에서 측정되는 웹사이트 리스트와 국가도메인 리스트가 중복이 된다는 점 외에 실측에 있어서 문제점이 발견되지 않았다. 따라서 지표명만을 변경하여 그대로 유지하도록 하였다.

‘국내 이용자 선호사이트 TOP 100’ 지표의 경우 국내 시장 조사 기관에서 집계하는 이용자 선호사이트 TOP 100 리스트에 국내 콘텐츠 사업자의 웹사이트뿐만 아니라 해외 콘텐츠 사업자의 웹사이트도 포함되어 있었다. 해외 콘텐츠 사업자의 웹사이트의 경우, 본 연구의 콘텐츠 계위에서 측정하고자 하는 국내

표 4. 지표의 평가 및 검토 결과

Table 4. Summary of the review results of the measurement indexes for IPv6 usage in Korea

Category	Index	Measurement Method	Coverage	Completeness	Accuracy	Redundancy	Review result
USER	Usage in USER hierarchy	Survey	H	H	L	Y	Not adopted
	Number of devices using IPv6	CP cooperation	H	M	M/L	Y	Improve
CONTENTS	Usage in CSP hierarchy	Survey	H	H	L	Y	Not adopted
	Domestic users preferred site TOP 100	Actual measurement	M	H	H	Y	Improve
	Support status of IPv6 services in Country Domain (.kr, .Korea)	Actual measurement	H	M	H	Y	Maintain
INFRA	Usage in IX linking hierarchy	Survey	H	H	L	N	Not adopted
	Usage in IX hierarchy	Survey	H	H	L	N	Not adopted
	Usage in between ISP and B2C	Survey	H	H	L	N	Not adopted
	Usage in between ISP and B2B	Survey	H	H	L	N	Not adopted
	Ratio of IPv6 AS number	ISP cooperation	L	L	L	N	Delete
	Usage trend of domestic IPv6 prefix		M	L	L	N	Delete

콘텐츠사업자의 IPv6의 사용도를 측정하기 위한 대상으로 적절치 않으므로 국내·외 사이트 구분이 필요하였다. 이러한 문제점은 KISA의 WHOIS(인터넷주소의 등록·할당 정보 검색 서비스) 서비스를 통해 구분이 가능하므로 향후 개선이 필요하다. 또한 국내 웹사이트를 분류하면 측정 대상이 줄어들기 때문에 국내 선호사이트 TOP 200까지 범위를 늘렸다. 그리고 중복성에 있어서, 이미 언급한 바와 같이 ‘국가도메인 (.kr, .한국) IPv6 서비스 지원 현황’에서 측정되는 웹사이트 리스트와 중복이 되어 두 지표의 측정할 웹사이트 일부 겹치지만 각 지표에 따라 쓰이는 의미가 다르므로 그대로 측정하도록 하였다.

3.3 신규 지표의 추가

기준에 있던 지표 이외에 IPv6의 사용도를 실측하여 현황을 파악할 수 있는 지표를 새로 추가하였다.

이용자 구간에는 ‘IPv6 이용 단말 비율’로 이미 측정되고 있지만 측정된 단말을 통신사별로 비율을 나누는 것도 의미가 있다고 판단하였다. 국내에 인터넷

서비스를 공급하는 이동통신사별 단말의 비율은 현재 측정되지 않는 인프라 구간에서의 IPv6 지원 현황을 짐작하는 데에 도움이 될 수 있을 것이다. 따라서 ‘각 통신사 IPv6 이용 단말 비율’을 새로 추가하였다. 각 단말의 통신사별 구분은 인입되는 IP의 할당 정보를 통해 파악할 수 있다.

한편 현재 국내 인터넷 사용 유형은 인터넷 브라우저를 통한 웹사이트 접속 이외에도 모바일 앱, PC S/W를 통한 사이 큰 비중을 차지할 것이다. 따라서 IPv6를 지원하는 모바일 앱과 PC S/W의 비율을 측정할 수 있는 지표인 ‘모바일 앱 서비스의 IPv6 지원 비율’, ‘국내 주요 PC S/W의 IPv6 지원 비율’을 콘텐츠 구간에 추가하였다. 그러나 웹사이트처럼 각각의 앱이나 S/W에 대해 자동으로 측정할 방식이 마땅치 않았다. 이에 대한 대안으로 모바일 앱과 PC S/W 각각 국내 이용자 선호 사이트 TOP 200에 해당하는 업체를 선정하여 공식 웹사이트를 대상으로 ‘국내 이용자 선호 사이트 TOP 200의 IPv6 지원비율’과 동일한 방법으로 측정하도록 하였다.

3.4 개선된 실측 지표

지표 검토 결과, 유지 및 개선으로 판단된 항목들에 대하여 최종 개선된 IPv6 사용도 실측 지표는 표 5와 같다. 각 지표명은 사용도 (%)를 보이기 위해 각 지표 값을 비율로 나타내도록 하였고, 지표의 구분은 다소 전문적인 용어가 포함되어 있는 네트워크 계위별 구분보다는 일반적인 용어인 ‘이용자’와 ‘콘텐츠’로 구분하였다. 인프라 부분은 실제로 통신 중인 IPv6의 현황을 파악하기에 가장 적합한 측정 지점이 될 수 있지만 외부 데이터 없이 자체적으로 측정하기에 한계가 있어 이번 연구에서 제외하였다.

이용자 지표는 실제 IPv6를 사용 중인 단말을 측정하기 위한 지표로서 전체 단말 수 대비 IPv6 사용 단말 수를 산출하여 ‘IPv6 이용단말 비율’과 주요 통신사 별 현황을 보기 위한 ‘각 통신사 IPv6 이용 단말 비율’을 측정한다. ‘IPv6 이용단말 비율’은 기존에 콘텐츠 서비스 사업자의 협조로 정보를 제공받아 측정하던 방식을 직접 자동 측정할 수 있는 방식으로 개선하였다. ‘각 통신사 IPv6 이용 단말 비율’은 ‘IPv6 이용 단말 비율’과 함께 측정할 수 있도록 추가하였다.

콘텐츠 지표는 콘텐츠 사업자들이 서비스에 IPv6를 지원하여 실제로 사용할 수 있는 지를 측정하는 지표이다. 이 지표에서는 ‘국내 이용자 선호사이트

TOP 200의 IPv6 지원 비율’, ‘모바일 앱 사업자 공식 사이트 IPv6 지원 비율’, ‘S/W 사업자 공식사이트 IPv6 지원 비율’, ‘국가도메인 (.kr, .한국) IPv6 서비스 지원 비율’을 측정한다. ‘국내 이용자 선호사이트 TOP 200의 IPv6 지원 비율’의 경우 측정 대상을 기존의 웹사이트 TOP 100에서 TOP 200로 확대하여 측정 대상의 포괄성이 부족한 부분을 보완하였다. 국내 시장 조사 기관에서 제공하는 웹사이트 TOP 200의 리스트에는 해외사이트와 국내 사이트가 모두 포함되어 있어, 국내 사이트만을 선별하기 위해서 KISA의 WHOIS를 통해 국가정보를 확인하였다³⁰⁾. ‘모바일 앱 사업자 공식사이트 IPv6 지원 비율’, ‘S/W 사업자 공식사이트 IPv6 지원 비율’은 기존에 앱과 S/W 서비스를 대상으로 측정하려 했다. 하지만 웹사이트의 IP 주소와 도메인 주소처럼 식별할 수 있는 방법이 현재로서는 없기 때문에, 자동 측정이 불가능하고 설문방식에 한계가 있었다. 그러나 국내 모바일 앱 사용량과 PC의 웹사이트 외 S/W사용량이 절대 간과할만한 사항이 아니므로 대안을 고려해본 결과, 각 사업자의 공식사이트를 이용해 IPv6 지원 비율을 측정하기로 하였다. 따라서 공식사이트를 통해 실제 서비스의 IPv6 지원여부 현황을 간접적으로나마 파악할 수 있다.

표 5. 개선된 최종 IPv6 실측 지표
Table 5. Final measurement indexes for IPv6 usage

Category	Index	Calculation method	Definition
USER	Ratio of devices using IPv6	(Unique visitors in IPv6) / (Total number of unique visitors)	Ratio of devices communicating with IPv6 among domestic devices connected to the internet
	Ratio of devices using IPv6 for each telecommunication company	(Unique visitors in IPv6 corresponding to telecommunication company) / (Unique visitors in IPv6)	Ratio of devices communicating with IPv6 for each telecommunication company
CONTENTS	IPv6 support ratio of TOP 200 user preferred domestic sites	(Number of sites to support IPv6 services) / (Total number of sites)	Ratio of IPv6 service support in major domains of web services, mobile application, PC S/W businesses
	IPv6 support ratio of mobile application providers' official site TOP 200	(Number of mobile application providers supporting IPv6 services) / (Total number of mobile application providers)	
	IPv6 support ratio of S/W providers' official site TOP 200	(Number of S/W providers supporting IPv6 services) / (Total number of S/W providers)	
	IPv6 support ratio of Country Domain (.kr, .Korea)	(Number of Country Domains(.kr, .Korea) supporting IPv6 services) / (Total number of Country Domains(.kr, .Korea))	IPv6 support ratio of 1 million sites in Country Domain (.kr, .Korea)

IV. IPv6 실측 구현 방법

III장에서 IPv6의 사용도를 자동 측정할 수 있는 지표를 선정하였다. 본 장에서는 선정된 각 지표의 구현 방법을 제시한다.

이용자 계위의 두 가지 지표를 측정하기 위해서는 단말에 대한 정보 수집이 필요한데, 한 웹사이트에 접속하는 이용자 단말들의 접근 기록(access_log)을 통해 단말의 정보를 확인할 수 있다. 본 연구에서는 IPv6 통신이 지원 중인 KISA의 IPv6 종합 지원센터 (<http://vsix.kr>) 도메인을 단말 측정 웹사이트로 시범 적용하나, 통계의 신뢰성을 확보하기 위하여 충분한 방문자 표본 수를 갖춘 도메인을 선정하여 이용자 비율을 측정할 필요가 있다.

KISA IPv6 종합 지원센터 도메인의 웹 로그 파일의 분석은 하루 단위로, 매일 일정한 시간마다 도메인에 접속하는 IP 주소를 집계하며, IP 주소 집계는 웹사이트 방문자 특성과 관련해 사용되는 순방문자수(UV, Unique Visitors) 측정 방식을 따른다³¹⁾. 순방문자수는 정의된 기간 동안 1회 이상 해당 도메인에 방문한 중복되지 않은 방문자 수를 말하며, 한 사람이 정의된 기간 동안 여러 번 방문해도 한 사람으로 집계하는 방식이다³²⁾.

일반적으로 웹사이트 서버의 접근 기록에는 접속한 이용자의 IP주소, 접근 시각, 접근 방법, 대상 URL, 전송 프로토콜, 에러 코드, 전송 바이트 수, 브라우저 식별정보 등과 같이 이용자를 인식할 수 있는 정보와 웹페이지에 대한 방문 정보들을 포함하고 있다³³⁾. 이러한 접근 기록은 페이지 현황, 이용자 환경, 이용자 접속 분석, 이용자 경로 분석 등이 가능하다³⁴⁾. 본 연구에서 이용자 계위에 필요한 요소인 IPv6 사용 단말 수를 측정하기 위해서는 이용자의 단말 주소가 IPv4인지 IPv6인지 분류할 수 있도록 웹 서버의 접근 기록 중 이용자의 IP주소 정보가 필요하다. IP 주소 정보로 IPv4와 IPv6를 쉽게 분류할 수 있는 가장 큰 차이점은 주소의 길이와 주소 단위의 구분자인데, 주소의 길이는 IPv6의 경우 이진수 '0'의 반복에 따라 생략이 가능하여 IPv4와 구별이 불가능할 수도 있다. 따라서 IPv4는 '.'(마침표)로, IPv6는 ':'(콜론)으로 주소의 단위를 구분하는 방식에 의하여 접근 기록 파일의 IP주소 필드에서 ':'(콜론)의 유무에 따라 IPv6를 분류할 수 있도록 한다. 이 때, 순방문자수 측정을 위해 같은 이용자에 대해 같은 단말이 중복 적용되지 않도록 단말을 구분할 수 있는 정보가 필요한데, 웹 서버의 접근 기록 중 이용자의 OS 정보가 포함되어 있는 브라

우저 식별 정보를 이용한다. OS 정보에 따라서 PC, 이동 단말기, 스마트 디바이스 등을 분류하여 IP주소와 단말이 최대한 중복되지 않도록 한다. 즉 IP 주소와 OS정보가 동시에 중복되는 경우 최초의 기록 외에는 제거하며, 동일한 IP 주소일지라도 OS 정보가 다를 경우에는 다른 단말로 취급하도록 한다.

'IPv6 이용자 단말 비율' 지표는 중복이 제거된 순 방문자수에 대하여 전체 접속자수(IPv4+IPv6) 대비 IPv6 접속자수의 비율을 나타낸다. 또한 '각 통신사 IPv6 이용 단말 비율' 지표는 분류된 IPv6 주소에 대해 KISA에서 제공하는 WHOIS 서비스를 이용한다. 하나의 IP 주소에 대해 WHOIS 검색을 하면, 검색 결과에 '기관명'으로 등록되어 있는 통신사 정보를 확인할 수 있다³⁴⁾. 확인한 통신사 정보를 가지고 국내 통신사 업체별로 분류하여 총 IPv6 접속 단말 수 대비 해당 통신사 IPv6 접속자 수의 비율로 각 통신사별 지표 값을 나타낸다. WHOIS 서비스를 사용하기 위해서는 IP주소의 WHOIS 자동 검색 및 결과를 나타낼 수 있는 서버 스크립트를 개발해야 할 것이다.

해당 지표를 토대로 2016년 5월 1개월간 측정된 결과에 따르면 현재 IPv4 방문자 대비 IPv6 이용자 비율은 일평균 약 2%로 집계되고 있다. 2016년 상반기 월별 일평균 IPv6 이용자 비율을 전반적으로 살펴보면 최소 2%에서 최대 4% 정도까지 집계되나, 데이터를 해석할 때 현재 측정점인 도메인의 방문자 표본이 충분치 않음을 고려할 필요가 있다. IPv6로 접속한 웹 로그만을 상세 분석하기 위해 테스트용 내부 접속 등의 허수를 제거하고 통신사별로 접속 IP를 분류하게 된다. 5월 측정 결과에 따르면 국내의 IPv6 접속 로그 중 41.03%가 SKT측 접속, 23.08%가 KT측 접속, 나머지 35.90%가 KINX, CJ헬로비전, 연구기관 등 기타 네트워크에서 인입된 트래픽임이 확인되었다. 국내 ISP의 IPv6 도입이 시작된 지 얼마 지나지 않은 만큼 전체 IPv6 접속 로그 중 약 40%이 국외로부터 인입된 점 또한 또한 특기할 부분이다. 지속적으로 측정하여 ISP의 IPv6 도입이 계속 진행됨에 따른 변화 추이를 지켜볼 필요가 있을 것이다.

콘텐츠 계위는 '국내 이용자 선호사이트 TOP 200의 IPv6 지원 비율', '모바일 앱 사업자 공식사이트 IPv6 지원 비율', 'S/W 사업자 공식사이트 IPv6 지원 비율', '국가도메인 (.kr, 한국) IPv6 서비스 지원 비율' 모두 콘텐츠 업체의 대표 웹사이트를 대상으로 측정한다. 따라서 네 가지 지표 모두 같은 방식으로 측정할 수 있다.

먼저, 각 지표에서 측정할 웹 콘텐츠 리스트를 선정

해야 하는데 ‘국가도메인 (.kr, .한국) IPv6 서비스 지원 비율’을 제외한 나머지 지표에서는 각각의 TOP 200 리스트에 국내와 해외의 업체가 모두 포함되어 있으므로 국내 웹사이트를 구분하는 과정이 필요하다. 각 웹사이트의 도메인에 대한 국가정보는 WHOIS 서비스를 사용하여 확인할 수 있다. 그리고 WHOIS 검색 결과, 소속 국가 정보를 담고 있는 ‘Admin Country’의 값이 ‘KR’인 경우 국내 사이트로, 이외에는 해외사이트로 표시하여 국내 사이트로 구분된 결과에 한해 IPv6 사용 여부를 측정한다. 다만 WHOIS 서비스에 도메인에 관한 정확한 정보를 입력할 것인지 여부는 각 도메인 관리자의 선택에 달려 있으므로 각 도메인관리자가 입력한 ‘Admin Country’ 값이 정확하지 않을 수도 있으며 미입력된 채 방치될 가능성이 있다. 이러한 이유로 ‘Admin Country’ 정보만을 가지고 정확하게 국내의 사이트를 구분하는 것은 불가능하기 때문에 완전 자동화하기 어렵고 수작업으로 분류하는 2차 작업이 필요하다. 이 부분을 해외의 유사 측정 사례와 비교해 보면, Cisco 6Lab^[8]의 경우 해당 국가에서 선호하는 사이트를 필터링하지 않고 제공하기 때문에 구글, 페이스북 등 유명 콘텐츠가 여러 국가에서 중복되어 등장하는 오류가 있다. 이와 유사하게 개인 프로젝트로 각국의 웹 콘텐츠 IPv6 지원 비율을 측정하는 Cisco의 Eric Vyncke^[35]의 사례를 보면, 해당 국가에서 선호하는 사이트를 RIR 데이터베이스를 이용하여 IP 할당 정보를 기반으로 분류한다. 이 방법론은 각 국가별로 할당된 IP정보를 이용하는 지 여부로 각 국가별 콘텐츠 여부를 판단하므로, 만일 국내 서비스가 아닌 Google이 국내에 할당된 IP를 이용한다면 한국의 서비스로 집계된다. 이와 같이 국내 서비스를 정확하게 구분해내지 못하는 오류는 있지만, 도메인 관리자의 수동 입력에 의존하지 않는 방식이므로 수동 작업에 덜 의존할 수 있다는 장점이 있다.

해당 지표의 측정 방식으로는 기존의 ‘국내 사용자 선호사이트 TOP 100’에서 측정하려 했던, 각 웹사이트별로 제공하는 DNS/WEB/Email 서비스의 IPv6 사용 여부 측정 방법을 이용한다. 이 때 한 가지 주의할 사항이 있는데, Email서비스는 기존에 IPv4에서도 서비스를 제공하지 않는 경우가 존재하므로 IPv4에서의 서비스 지원 여부를 우선적으로 측정한 뒤 지원을 하는 경우에 한하여 IPv6 사용 여부를 측정하도록 한다.

DNS/WEB/Email 각 서비스의 IPv6의 사용 여부는 DNS 질의와 Port Open Check를 통해 결정한다. 먼저 웹사이트에 대한 DNS 질의를 통해 서비스의 IPv6 준비도, 즉 지원 가능한 상태인지 살펴보게 되는데,

지원이 가능한 경우 DNS 질의를 요청했을 때 이에 대한 응답이 오며 지원하지 않는 경우 질의에 대한 응답이 없다. 따라서 DNS 질의에 대한 응답이 오는 경우에 한하여 Port Open Check를 통해 실제 IPv6의 사용여부를 확인한다. Port Open Check는 해당 서비스의 포트 번호가 열려있는지 확인하여 열려있는 경우 IPv6가 사용 중인 상태, 열려있지 않은 경우 IPv6 지원은 가능하지만 사용하지 않는 상태로 판단한다. 각 웹사이트 도메인에 대해 DNS, Web, Email 3개의 Well-known 서비스 포트를 각각 측정하지만 각 콘텐츠 서비스 업체가 대표적으로 제공하는 서비스인 Web 서비스를 기준으로 Web 서비스가 IPv6를 사용하고 있다면 해당 콘텐츠 서비스 업체가 IPv6를 사용한다고 판단한다. 따라서 각 지표별로 선정된 사이트에 대하여 전체 개수 대비 IPv6를 사용하고 있는 사이트의 개수로 지표를 나타낸다.

해당 지표를 토대로 측정된 결과에 따르면 2016년 5월 기준 국내 이용자 선호 사이트 TOP 200 리스트 중 웹서비스 도메인에 IPv6를 적용한 웹사이트는 총 9곳(youtube.com, google.com, google.co.kr, facebook.com, wikipedia.org, blogspot.com, java.com, todayhumor.co.kr) 이다. 하지만 Whois 정보의 국가코드를 기준으로 국내 사이트만 필터링하면, 국내 사이트 1곳(todayhumor.co.kr) 만이 IPv6 서비스를 제공하고 있다. 해당 국내 사이트의 IPv6 주소 및 Whois 정보를 조회해 보면 CloudFlare라는 해외 클라우드 서비스를 이용하여 IPv6로 서비스되고 있음을 확인할 수 있다. 반면 국내 사이트 중 newsen.com 은 도메인에 AAAA 레코드가 준비되어 있지만 실제 TCP80 포트를 서비스하고 있지는 않은 것으로 조사되었다.

V. 결 론

본 연구에서는 IPv6 실측 지표에 대하여 연구된 국내 기존 지표를 평가하고 선정하여 국내 실정에 맞는 사용도 자동 실측 지표로 개선하였다. 이 지표를 기반으로 한 실측의 결과는 국내의 기관들의 제공 정보에 의존하는 것 보다 더 정확한 실측이 가능해지며 국내 사업자들의 IPv6 도입 및 이용 확산에 영향을 미칠 것이다. 그러나 이 지표로 정확히 측정할 수 없는 한계점에 대하여 향후 개선이 필요한 부분을 제시하자면 다음과 같다.

첫째는 IPv6 수요 급증의 가장 큰 원인이라 할 수 있는 IoT 단말 보급 현황의 실측이 현재로서는 불가

능하다는 것이다. 현재 국내에서는 IoT의 범위에 대한 정의가 명확하지 않아서 통신사에 가입하여 사용하는 단말이 있는 반면 통신사 가입 없이 Wi-Fi만을 이용한 단말이 존재하는 등 측정 대상이 불분명하다. 또한 센서 보유기관이 고유한 식별번호를 넣는 경우와 사업자 별로 임의로 부여하는 경우에 IoT 센서 기기에 대한 국내 출시량 및 통신사 서비스 가입률을 통해 간접적으로 준비도를 파악할 수 있지만 실측은 어려움이 따른다. 둘째로, 모바일 앱 및 PC 소프트웨어에 대한 정확한 실측이 불가능하다는 점이다. 본 연구에서는 공식 웹사이트를 통하여 간접적으로 측정하는 방식을 제안했지만 정확성이 떨어질 우려가 있다. 웹 이외에도 인터넷의 다양한 콘텐츠가 IPv6를 지원하는지 여부를 측정하기 위한 더욱 발전된 방법론에 대한 고민이 필요할 것이다. 셋째로, 트래픽의 흐름에 따른 네트워크 계위 중 인프라 구간에 대한 실측이 불가능하다는 점이다. 모든 인프라 구간에서 통신되고 있는 트래픽을 실측할 수 있다면 IPv6 사용도 실측 결과의 정확성이 매우 높아질 수 있다. 하지만 현재는 자체적인 실측 방법론이 개발되지 않았으며 인프라 관련 기관 및 업체의 협조를 받는 데에도 제한이 있는 상황이다. 향후 세 가지 한계점에 대한 적절한 개선 및 대안이 필요할 것이다.

References

- [1] J. Y. Ryu, J. H. Jeong, and J. H. Lim, "A study on the methodology of measuring IPv6 usage," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 196-197, Jeju Island, Korea, Jun. 2015.
- [2] S. G. Kim, *Next Generation Internet Address (IPv6) Conversion Plans*, Korea Commun. Commission, 2010.
- [3] K. H. Sung, *IPv6-based Internet of Things Technology Trends*, Korea Internet & Security Agency, 2014.
- [4] S. R. Lee, S. H. Kim, D. W. Jang, and S. W. Min, "Flow mobility scheme based on a measured QoS condition in PIMIPv6 network," *J. KICS*, vol. 39, no. 9, pp. 282-288, Sept. 2014.
- [5] H. G. Kim, J. M. Kim, and H. S. Kim, "A seamless multicast scheme supporting global mobility in Proxy Mobile IPv6 networks," *J. KICS*, vol. 38, no. 3, pp. 258-267, Mar. 2013.
- [6] S. W. Min, K. I. Han, M. A. Jeong, and S. R. Lee, "NEMO support scheme within PMIPv6 for supporting network mobility in harbor area," *J. KICS*, vol. 39, no. 8, pp. 674-680, Aug. 2014.
- [7] T. S. Kim, J. H. Jeong, M. J. Kim, and J. H. Lim, "Development of IPv6 readiness measurement index," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 43-44, Gangwon-do, Korea, Jan. 2015.
- [8] 6lab Cisco, Retrieved June. 20, 2016, from <http://6lab.cisco.com/index.php>.
- [9] H. J. Cho, *Analysis of The Global Competitiveness Report 2014-2015*, Korea Inst. of Sci. & Technol. Evaluation and Planning, 2015.
- [10] K. Schwab, *The Global Competitiveness Report 2014-2015*, World Economic Forum, 2014.
- [11] G. J. In, *Analysis of The IMD World Competitiveness Yearbook*, Korea Inst. of Sci. & Technol. Evaluation and Planning, 2015.
- [12] IMD World Competitiveness Online. Retrieved Jul. 1, 2015, from <https://worldcompetitiveness.imd.org>.
- [13] J. H. Ahn, *2015 Innovation Union Scoreboard*, Korea Inst. of Sci. & Technol. Evaluation and Planning, 2015.
- [14] I. C. Eom, *A Synthetic Analysis for Comparing the Science and Technology Fields of Main Competitiveness Reports in FY 2014*, Korea Inst. of Sci. & Technol. Evaluation and Planning, 2015.
- [15] H. Hollanders, N. Es-Sadki, and M. Kanerva, *Innovation Union Scoreboard 2015*, European Commission, 2015.
- [16] L. Ming, D. Wang, L. Zhang, X. Kuang, and J. Tang, "Index system of network security and survivability," *IMCCC*, pp. 848-851, Beijing, China, Oct. 2011.
- [17] G. S. Kirkman, C. A. Osorio, and J. D. Sachs, *The Global Information Technology Report 2001-2002: Readiness for the Networked World*, Oxford University Press, pp. 10-29, 2002.

- [18] L. Li, W. Guo, and F. Wang, "The conflict-measurement index system study among project managers in multi-project environment," *2008 Int. Conf. Comput. Sci. and Softw. Eng.*, pp. 371-375, Wuhan, China, Dec. 2008.
- [19] X. Chen, Q. Tian, and Z. Sheng, "Measuring index system and method of organizational intelligence," *MASS 2009*, pp. 1-4, Wuhan, China, Sept. 2009.
- [20] NIST, Retrieved Jul. 10, 2015, from <http://www.nist.gov/itl/antd>.
- [21] Belgium IPv6 Council, Retrieved Jul. 10, 2015, from <http://www.ipv6council.be>.
- [22] New Zealand IPv6 Task Force, Retrieved Jul. 10, 2015, from www.ipv6.org.nz.
- [23] J. Czyz, M. Allman, J. Zhang, S. Iekel-Johnson, E. Osterweil, and M. Bailey, "Assessing IPv6 Adoption," *Int. Comput. Sci. Inst.*, 2013.
- [24] J. Czyz, M. Allman, J. Zhang, S. Iekel-Johnson, E. Osterweil, and M. Bailey, "Measuring IPv6 adoption," in *Proc. 2014 ACM Conf. SIGCOMM*, vol. 44, no. 4, pp. 87-98, Oct. 2014.
- [25] ISOC World IPv6 Launch, Retrieved Jun. 20, 2016, from www.worldipv6launch.org.
- [26] L. Colitti, S. H. Gunderson, E. Kline, and T. Refice, "Evaluating IPv6 adoption in the internet," in *Passive and active measurement*, pp. 141-150, Springer Berlin Heidelberg, Apr. 2010.
- [27] Akamai, Retrieved Jul. 10, 2015, from <https://www.akamai.com/kr/ko/our-thinking/stat-e-of-the-internet-report/>
- [28] J. H. Rho, "Quality evaluation of library catalogs: with an emphasis on 'Utility'," *J. Korean Soc. Library and Inf. Sci.*, vol. 37, no. 2, pp. 107-134, Jun. 2003.
- [29] I. S. Choe, "Evaluation and quality control of data in the digital library system," *J. Korean Soc. Library and Inf. Sci.*, vol. 38, no. 3, pp. 119-139, Sept. 2004.
- [30] KISA, *WHOIS*, Retrieved Aug. 31, 2015, from whois.kisa.or.kr.
- [31] S. H. Lee, "Analysis of internet advertising measurement standard," *J. Commun. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 144-184, Mar. 2007.
- [32] Rankey, *The Guide for All Online Marketer, Planer, Strategist* (2010), Retrieved Aug. 31, 2015, from <http://www.rankey.com/>.
- [33] S. K. Kim, J. Y. Ahn, and K. S. Han, "Web log data analysis," *The Korean J. Appl. Statistics*, vol. 14, no. 2, pp. 261-271, 2001.
- [34] J. H. Kim and S. E. Kim, "A study of web navigation path in web log analysis of travel agency," *J. Tourism & Leisure Res.*, vol. 16, no. 3, pp. 209-226, Sept. 2004.
- [35] Vyncke, *Counting IPv6-enabled servers*, Retrieved June. 20, 2016, from <https://www.vyncke.org/ipv6status>.

김 하 영 (Ha-Young Kim)



2015년 2월 : 충북대학교 정보통신공학부 졸업
 2015년 3월~현재 : 충북대학교 정보보호경영학과 석사과정
 <관심분야> 네트워크 서비스, 사이버 정보 공유

박 성 규 (Sung-Kyu Park)



2014년 2월 : 충북대학교 정보통신공학부 학사
 2016년 2월 : 충북대학교 정보보호경영학과 석사
 2016년 3월~현재 : 충북대학교 경영정보학과 박사과정

<관심분야> 정보보호 경영관리 및 정책, 개인정보 보호, 보안경제성

유 지 영 (Ji-Young Ryu)



2012년 2월 : 성균관대학교 컴
퓨터교육과 졸업
2012년 9월~현재 : 한국인터넷
진흥원 근무
<관심분야> 통신공학

양 원 석 (Won-Seok Yang)



1993년 2월 : KAIST 경영과학
과 학사
1995년 2월 : KAIST 경영과학
과 석사
2000년 2월 : KAIST 산업공학
과 박사
2000년 2월~2007년 1월 : LG
U+ 차장

2007년 2월~2010년 2월 : 한국전자통신연구원 기술
전략연구본부 선임연구원

2010년 3월~현재 : 한남대학교 경영학과 교수

<관심분야> 확률모형, 대기행렬시스템, 데이터마이
닝, 생산운영관리, 통신정책, 보안경제성

김 태 성 (Tae-Sung Kim)



1997년 2월 : KAIST 산업경영
박사
1997년 2월~2000년 8월 : 한국
전자통신연구원 선임연구원
2005년 1월~2006년 2월 :
University of North
California at Charlotte 방
문교수

2010년 7월~2012년 8월 : Arizona State University
방문연구원

2000년 9월~현재 : 충북대학교 경영정보학과 교수

2012년 1월~현재 : 충북대학교 경영정보학과 학과장,
일반대학원 정보보호경영전공 주임교수, 보안건설
팀 연계전공 주임교수

<관심분야> 통신 및 보안 분야의 경영 및 정책 분석