

# 컨조인트 분석을 이용한 인증서 선택요인 및 효용가치에 대한 연구

강 환 철<sup>†\*</sup>  
연세대학교 (대학원생)

## A Study on Preferences and Utilities of Digital Signature Certificate Choice Factors Using Conjoint Analysis

Whanchul Kang<sup>†\*</sup>  
Yonsei University (Graduate student)

### 요 약

전자서명법 전면개정(2020. 12. 10. 시행)으로 시장에는 다양한 인증서가 출시되어 경쟁하고 있다. 치열한 경쟁 하에서 대형 IT플랫폼 업체의 인증서 시장 점유율이 높아지고 있으며 결국에는 시장을 독식할 것으로 예측되기도 한다. 이에 소비자의 인증서 선택요인을 파악하고, 선택요인들 간에 중요도 차이는 어떠한지를 파악하는 것은 기업의 인증서 시장에 대한 전략 수립 및 제품 포지셔닝에 필수 요소이며, 정부의 인증서 정책 방향 설정에 키포인트라 하겠다. 본 연구에서는 선행 논문 및 설문조사 등의 내역을 기반으로 소비자의 인증서 선택요인을 추출하였고, 추출된 선택요인을 기반으로 델파이조사를 통하여 4가지 선택요인(발급기관의 신뢰성, 프로그램 설치, 인증서 사용방법, 범용성(사용처))을 선별하였다. 선별된 선택요인으로 소비자 설문조사를 실시하여 컨조인트 분석 결과, 발급기관의 신뢰성이 가장 중요한 효용가치로 나타났다. 다음 순으로 인증서 사용방법, 프로그램 설치, 범용성(사용처) 순으로 중요도가 나타났다.

### ABSTRACT

Due to the full revision of the Digital Signature Act (enforcement on December 10, 2020), various certificates are being released and competing in the market. Under fierce competition, the certificate market share of large IT platform companies is increasing, and it is predicted that they will eventually monopolize the market. Therefore, identifying the consumer's certificate choice factors and understanding the difference in importance between the choice factors are essential elements for establishing a company's strategy for the certificate market and product positioning, and are key points in setting the government's certificate policy direction. In this study, consumers' certificate choice factors were extracted based on the details of preceding papers and surveys, and based on the extracted choice factors, 4 choice factors (reliability of issuer, program installation, certificate usage method(how to use), versatility(where to use)) were identified through a Delphi survey. As a result of conjoint analysis by conducting a consumer survey with selected choice factors, the reliability of the issuer was found to be the most important utility value. In order of importance, the certificate usage method(how to use), program installation, and versatility(where to use) appeared.

**Keywords:** Digital Signature Certificate, Choice factors, Conjoint analysis

## I. 서 론

전자서명법 전면개정(2020. 12. 10. 시행)으로 시장에는 다양한 인증서가 출시되어 경쟁하고 있다. 시장에 출시되는 인증서의 대부분은 기존 공인인증서와의 차별점 만을 내세우며 출시되고 있어 소비자 입장에서는 동일한 인증서가 계속 출시되는 것으로 인식되고 있다. 이러한 차별적 요소없이 출시되고 있는 인증시장에서 언론에서는 결국에는 대형 IT플랫폼 업체가 인증서 시장을 독식할 것으로 예측하기도 한다. 따라서 소비자의 특성을 파악하고 소비자 니즈에 맞게 인증서를 구성하여 출시하는 것은 치열한 경쟁 시장에서 성공을 가능하는 주요 잣대가 되고 있다. 인증서를 출시하거나 이미 출시한 기업입장에서 소비자의 인증서 선택요인을 정확히 파악할 수 있다면 기존 인증서와 차별성, 플랫폼체와의 차별성을 내세우며 소비자 선택을 받으며 시장을 확대하는 전제 조건이라 하겠다. 또한 소비자가 어떤 부분을 중요시하며 인증서를 선택하는지를 파악하는 것은 정부의 정책 방향 설정에 키포인트라 하겠다.

본 논문에서는 소비자가 인증서를 선택함에 있어 어떤 요인을 중요시하고, 요인들 간에 중요도에는 어떤 차이가 있는지 연구하였다. 본 논문의 구성은 제1장에서는 연구목적 및 배경에 대해 설명하고, 제2장에서는 선행논문 및 이전 설문조사에 파악된 인증서 선택요인들을 정리한다. 제3장에서는 정리된 선택요인들을 전문가 델파이 조사를 통하여 선택요인들을 선별하고, 선별된 인증서로 소비자 설문조사한 방법에 대해 제시한다. 제4장에서는 설문조사된 결과를 컨조인트 분석을 통하여 요인의 효용가치와 요인들간의 중요도 차이를 파악한다. 마지막으로 제5장에서는 결론으로 마무리 한다.

## II. 선행 연구

### 2.1 전자인증서비스 영향을 미치는 요인

기존에 선행논문 및 설문조사 내역을 분석한결과 정확히 인증서의 선택요인을 주제로 연구된 자료가 없기 때문에 유사한 선행연구 및 설문조사 등을 통하여 선택요인을 추출코자 한다.

먼저 2017년에 실시된 한국인터넷진흥원의 대국민 전자서명 이용실태 조사를 살펴보면 기존 공인인증서의 불편요소로 매년 인증서의 유효기간 만료에

따라 갱신하는 것을 가장 불편요소로 조사되었다[1]. 또한 발급(재발급, 갱신)후 다행인증서 등록절차, 프로그램 설치, 발급 및 이용의 복잡함, 저장매체의 보안성과 이용불편함 등의 순으로 조사되었다[1].

한편 전자인증 서비스의 사용자 만족에 영향을 미치는 요인에서 최소한의 입력, 기억에 의존하지 않고 인증 가능, 어디서나 인증 가능, 원할 때 언제라도 인증 가능, 인증 수단이 다양해야 함, 생체인증수단 있어야함, 사용법이 쉬워야함, 은행 보험, 카드 등의 금융서비스와 연계되어야함, 인터넷 쇼핑과 연계되어야 함, 무료로 가능해야함, 개인정보의 유출이 발생해서는 안됨, 인증이 신분증 기능을 수행할 수 있어야함 등을 제시하였다[2]. 이는 인증서의 편리성, 가격, 범용성(사용처) 측면이 전자인증 서비스의 사용자 만족도에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

새로운 전자인증 서비스 수용의도에 관한 연구에서는 인증서 이용 의도에 영향을 미치는 요인으로 인지된 유용성, 인지된 용이성, 인지된 위험, 신뢰성, 기존의 습관, 전환비용 등을 제시하였다[3]. 이는 다시 말해 제공되는 인증서가 발급 후 유용하게 사용가능한지, 사용하기에 편리한지, 보안성을 갖추고 신뢰성을 제공하는지에 따라 수용에 영향을 미침을 제시하였다. 또한 기존의 습관의 전환에 따른 비용도 영향을 미친다고 보았다.

### 2.2 인증서 선택요인

앞선 기존 선행 연구에서의 요인들을 종합해서 요약하면 편리성 측면, 보안성 측면, 사용성 측면, 이용습관 측면으로 요약된다.

(**편리성 측면**) 전자서명 이용실태 조사에서 제시된 '프로그램설치', '유효기간', '이용방법'을 인증서 선택요인으로 포함시킨다. '등록절차'는 모든 인증서가 동일하여 선택적 차별성이 없으므로 선택요인에서 제외한다. 전자인증 서비스의 사용자 만족에 영향을 미치는 요인에서 제시된 '최소한의 입력', '기억에 의존하지 않고 인증 가능', '인증 수단이 다양해야 함', '생체인증수단 있어야함', '사용법이 쉬워야함'은 이용시 편리성으로 비밀번호를 입력할지, 아니면 PIN내지 바이오정보를 이용할지에 대한 것으로 선택요인으로 포함한다.

(**보안성 측면**) 전자인증 서비스의 사용자 만족에 영향을 미치는 요인에서 제시된 '인증이 신분증 기능을 수행할 수 있어야함'과 수용의도 영향을 미치는

연구에서 제시된 '신뢰성'은 발급시 신원확인과의 관련이 있어 발급시 보안성으로 선택요인에 포함한다. 대국민 전자서명 이용실태 조사에서 제시된 '저장매체의 보안성'은 저장위치의 보안성 측면으로 선택요인에 포함한다. 새로운 전자인증 서비스 수용의도에 관한 연구에서 제시된 '인지된 위험'도 마찬가지로 인증서 탈취와 관련되어 저장위치의 보안성 측면으로 전환하여 선택요인에 포함한다.

**(사용성 측면)** 전자인증 서비스의 사용자 만족에 영향을 미치는 요인에서 제시된 '은행 보험, 카드 등의 금융서비스와 연계되어야함'과 '인터넷 쇼핑과 연계되어야 함'은 인증서의 범용적 사용처와 관련되어 선택요인으로 포함한다. 새로운 전자인증 서비스 수용의도에 관한 연구에서 제시된 '인지된 유용성'도 인증서 발급후 얼마나 유용하게 사용할지와 관련되어 범용적 사용처 요소로 선택요인에 포함한다.

**(이용습관 측면)** 새로운 전자인증 서비스 수용의도에 관한 연구에서 제시된 '기존의 습관'은 이용태도(습관)을 전환하여 선택요인으로 포함한다. '무료사용여부'와 '전환비용'은 현재 대부분의 인증서가 무료로 발급되므로 차별성이 없기에 선택요인에서 제외한다. 이를 바탕으로 인증서 선택요인들을 편리성 측면, 보안성 측면, 이용성 측면, 이용태도 측면으로 정리하면 Table 1.과 같다.

Table 1. Digital signature choice factors

factor	
convenience	program installation
	expiration period
	how to use
security	identification at issue time
	storage location
usability	versatility (where to use)
	availability (time, place)
using attitude (habit)	

### III. 연구 모형 및 분석

#### 3.1 연구모형

본 연구에서는 일반적인 제품 선택요인 분석에 널리 사용되는 컨조인트 분석 기법을 사용하여 인증서

선택요인을 분석한다. 선행연구나 설문조사 내역을 통해 선택요인을 식별하고, 식별된 선택요인으로 델파이 조사를 통해 선택요인을 선별하고, 선별된 선택요인으로 직교테스트, BIBD(Balanced Incomplete Block Design), PBIBD(Partially BIBD)를 통해 실험계획을 세워 설문조사를 실시한 후, 최종적 설문조사 내역을 컨조인트 기법으로 분석하여 선택요인 간에 효용가치 즉 중요도 차이를 찾아내고자 한다. 컨조인트 연구 방법에서는 선택요인을 선택속성이라는 표현을 전환하여 사용한다(choice factor ⇒ choice attribute). 연구모형을 정리하면 Fig. 1.과 같이 요약된다.

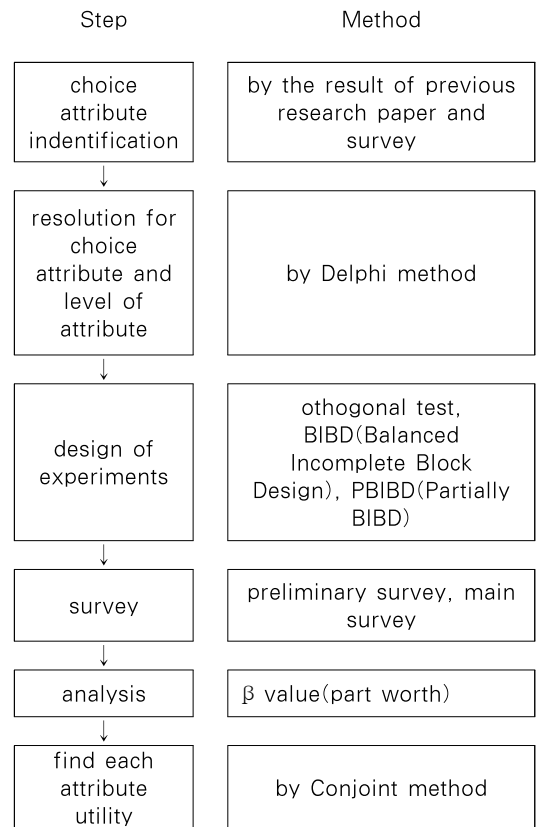


Fig. 1. Reseach model

#### 3.2 델파이 조사

선행논문과 설문조사 내역으로 식별된 인증서 선택요인에 각각의 선택요인의 타입(컨조인트 분석에서는 수준이라는 용어를 사용, 이하 '타입' 용어를 대체하여 '수준' 용어 사용)을 결정하기 위해 2차에 걸쳐

Table 2. Expert panel for Delphi survey

substance	parameters	certificate career
First survey - 8 experts	Digital signature certification business operator : 3 experts	5 ~ 20 years
	Research institution : 3 experts	20 ~ 25 years
	University Professor : 2 experts	20 years
Second survey - 15 experts	Digital signature certification business operator : 5 experts	5 ~ 20 years
	Research institution : 3 experts	20 ~ 25 years
	University Professor : 2 experts	20 years
	Certification company : 4 experts	15 ~ 25 years

전문가 조사를 실시하였다. 1차 조사에서는 전자서명인증사업자, 연구기관, 대학교수로 8명을 구성하여 델파이조사를 실시하였다. 2차 조사에서는 1차조사 때의 전문가를 보강하고, 전문인증업체의 전문가도 포함하여 총 15명을 구성하여 델파이조사를 실시하였다. 1차와 2차에 참여한 전문가 내역은 Table 2. 와 같다.

3.2.1 델파이 1차 조사

1차 델파이 조사에 사용된 인증서 선택속성은 선행논문 및 이전 설문조사에서 식별된 Table 1.의 선택요인을 속성으로 활용했고, 각 속성에 수준은 시장에 출시된 인증서를 기준으로 정하였다. 1차조사 시 전문가 의견을 반영하여 2차조사시 수준을 확정하고자 한다. 속성의 수준은 높고 낮음을 의미하는 것이 아니고 인증서별 속성이 서로 다름을 의미한다.

3.2.2 델파이 2차 조사

1차 델파이조사 결과 속성의 대분류를 편리성, 보안성, 사용성, 사용자습관으로 분류하기 보다는 인증서의 라이프사이클인 발급과 이용으로 구분하여 조사하는 것이 사용자가 이해하기 쉽다는 의견이 제시되었다. 또한 발급기관의 신뢰성 및 신원확인 수준은 비대면으로 인증서가 활용됨을 감안 시 중요한 요소

Table 3. Digital signature choice attributes (Second Delphi survey)

attribute		level
related to issue	reliability of issuer	institution requiring strict identification (bank, stock firm)
		institution requiring convenient identification (platform, mobile company)
	level of identification	mobile phone identification
		2 factor (mobile phone identification + account authentication)
		real name verification
	program installation	security program installation
		app intallation
		no installation
	expiration perod	1 year
		3 year
no limit		
storage location	specific folder in PC(or mobile phone)	
	inside app	
	cloud	
related to use	how to use	passwd
		PIN/pattern
		BIO information
	versatility (where to use)	most uses
		e-government + part of financial institution
		e-government
	usage habit (attitude)	prefer to previous certificate
		prefer to certificate issued at trusted institution
		prefer to certificate issued at platform company

이기 때문에 선택속성에 포함해야 한다는 의견이 있었다. 시간과 장소에 구애없이 사용하는 가용성은 이미 대부분의 인증서가 시간과 장소에 종속되지 않고 사용되기에 삭제되어야 한다는 의견이 제시 되었다. 또한 인증서의 유효기간의 수준은 1년과 3년으로 구분해야 된다는 의견이 제시되었다. 그리고 인증서사용방법에 있어 바이오정보는 PIN과 구분되어야 한다는 의견이 제시되었다. 1차 델파이조사의 전문가 의견을 정리하면 소비자의 인증서선택 속성은 Table 3. 와 같이 8개의 속성으로 식별되었다. 식별된 8개의 속성을 전문가집단에 재차 설문을 실시하여 속성의 중요도를 판단하여 우선순위(1~8)를 부여하도록 했고, 속성의 수준에는 이상이 없는지 다시 한번 검증하였다.

전문가집단을 통한 2차 설문조사결과는 Table 4.와 같다. 설문결과를 살펴보면 각 속성별 평균순위는 2.13~6.47위로 나타났다. 표준편차는 1.506~2.350로 나타났다. 인증서의 범용적 사용이 8개의 속성 중에서 2.13위로 가장 중요한 속성으로 조사되었다. 유효기간(5.4위)과 저장위치(6.47위)는 중요하지 않은 속성으로 조사되었다. 또한 표준편차도 유효기간은 1.993, 저장위치는 1.506으로 조사되어 타 요인 대비 상대적으로 낮아 대부분의 전문가가 중요하지 않은 요인으로 판단했다. 이는 유효기간은 대부분 3년으로 상향평준화되어 차별성이 없었기 때문으로 해석되고, 저장위치는 사용자가 저장되는 위치를 파악하고 사용하기에는 어려운 속성이라서 중요하지 않을 것으로 판단했을 것으로 여겨진다.

기타 의견으로 발급기관의 신뢰성, 발급시 신원확인 수준은 유사한 속성으로 병합할 필요성을 제시하였다. 또한, 이용태도는 공인인증기관에서 발급되는 기존인증서를 선호할지, 엄격한 신원확인을 요구하는 발급기관 인증서를 선호할지, 편리한 신원확인을 요구한 플랫폼사 인증서를 선호할지와 관련된 질문으로 발급기관 신뢰성에 병합할 필요성이 제시되었다.

Table 4. Second Delphi survey result

attribute	average	standard deviation
versatility (where to use)	2.13	2.031
reliability of issuer	3.67	2.127
how to use	4.13	1.846
using attitude (habit)	4.33	2.350
program installation	4.67	1.877
level of identification	4.93	2.154
expiration period	5.40	1.993
storage location	6.47	1.506

### 3.3 컨조인트분석 방법

컨조인트 분석 방법은 마케팅 분야에서 시장수요

조사를 위해 널리 사용되는 방법으로 소비자가 생각하는 제품(혹은 서비스)의 속성별 효용가치를 구하고, 효용가치를 기반으로 선택될 확률을 예측하는데 사용된다[4]. 실제 소비자 입장에서 제품을 선택하고 구매하는 행동과 유사한 방식으로 선호도 조사를 통하여 시장을 분석하는 기법이다[5]. 컨조인트 자료수집 방법으로는 전체프로파일법(Full Profile Method)과 트레이드오프방법(Tradeoff Method)가 있다. 전체프로파일법은 위에서 전체 속성을 동시에 고려하여 선호도를 측정하는 것이다. 트레이드오프방법은 2개의 속성만을 가지고 비교하는 방법이다. 속성이 개수가 많아져 전체 속성을 비교가 불가할 때 사용하는 방법이다. 일반적으로 전체프로파일법을 사용한다.

2차 전문가집단의 델파이 설문조사 내역을 요약하면 발급기관의 신뢰성, 발급시 신원확인 수준, 이용습관은 발급기관의 신뢰성으로 병합하는 것이 필요하다.

Table 5. Selected digital signature choice attributes

attribute		level	level type
related to issue	reliability of issuer, level of identification, usage habits	prefer to existing certificate	A
		institution requiring strict identification (bank, stock firm)	B
		institution requiring convenient identification (platform, mobile company)	C
	program installation	security program installation	A
		app intallation	B
		no installation	C
related to use	how to use	password	A
		PIN/pattern	B
		BIO information	C
	versatility (where to use)	most uses	A
		e-government + part of financial institution	B
		e-government	C

발급기관의 신뢰성에서 이용습관의 수준에 기존 사용했던 인증서 부분을 추가하여 정리하였다. 또한 유효기간과 저장위치는 중요하지 않으므로 속성(컨조인트 방법에서는 요인대신 속성이라는 용어 사용)에서 제외하는 것이 필요하다. 따라서 중요한 속성들로 발급기관의 신뢰성, 프로그램 설치, 인증서 사용방법, 범용성(사용처)이 선별되었다. 선별된 속성 및 수준은 Table 5와 같으며, 컨조인트 분석을 용이하게 하기 위해 수준을 1~3의 값으로 치환하였다.

선별된 속성이 4개이고 각 속성의 수준은 각각 3-level이기 때문에 가능한 인증서 프로파일(수준에 따른 인증서 종류)은  $3 \times 3 \times 3 \times 3$ 로 81개가 존재하게 된다. 그러나 소비자가 81개의 인증서 종류를 보고 선택한다는 것은 불가능하기 때문에 이를 축소할 필요가 있다. 너무 많은 프로파일을 상호 비교할 수 없을 뿐더러 덜 중요하다고 느끼는 프로파일은 무시하는 경향이 있기 때문이다. 따라서 응답자가 정확한 답변을 할 수 있는 수준으로 프로파일의 수를 줄여야 한다.

### 3.4 직교배열 설계

프로파일의 수를 응답자가 응답 가능한 적당한 수로 줄일때 사용하는 기법이 직교배열이다. 직교성(직각으로 교차하는 성질)을 이용하여 실험 규모를 최소화하고 고르게 분포시켜 최소의 설문을 통하여 유용한 결과를 도출하기 위한 실험 계획법이다. 직교배열 나타내는 표시 방법은 수식(1)과 같다.

$$L_n(P^{n-1})$$

$n$ : 총실험의 횟수  
 $P$ : 속성의 수준수  
 $n-1$ : 배치 가능한 인자의 수

(1)

2차 전문가 집단 설문조사를 통해서 선별된 속성에 따라 직교배열로 나타내면 수식(2)와 같다.

$$L_n(3^4)$$

$n$ : 총실험의 횟수  
 $P$ : 4개의 속성 모두 3수준으로 동일  
 $n-1$ : 4(3수준의 속성의 수가 4개)

(2)

다구찌 직교계획 표준 테이블에 의해 3-level과 속성의수가 4개인 실험계획(프로파일:인증서종류)은  $L_9(3^4)$ 로 나타난다[7]. 3수준을 갖는 4개의 속성으

로 SPSS 26을 이용하여 최소 생성 개수 설정없이 프로파일을 생성하면 9개가 생성된다. 9개의 프로파일에서 비현실적인 인증서종류를 제외해야 한다. 예로, 생성된 프로파일에는 플랫폼사의 브랜드인증서 이면서 보안프로그램을 설치하는 인증서 종류도 있고, 10자이상의 비밀번호를 입력하는 인증서 종류도 있는데 이는 시장에 존재하지 않는 비현실적인 인증서 종류이다. 따라서 비현실적인 프로파일을 제외할 경우 9개중 5개만이 남아 특정 인증서 종류에 편중된 프로파일 종류로 구성된다. 예로 금융기관 인증서는 2개가 포함되는데 반해 플랫폼사 인증서는 1개만 포함되어 편향적인 설문지가 작성된다. 다양한 형태의 인증서 종류로 설문조사를 실시하는데 한계가 있다. 따라서 다양한 형태의 인증서종류가 생성되도록 직교계획을 통한 프로파일 생성시 SPSS 26에 프로파일의 최소 생성 갯수를 20으로 설정하고 직교계획에 의해 프로파일을 생성한다. 그럼 SPSS 26에서 프로파일을 27개를 생성하고, 이중 비현실적인 인증서를 제외할 경우 Table 6.과 같이 11개가 남는다.

### 3.5 BIBD와 PBIBD

직교배열에 의해 생성된 11개의 인증서 프로파일로 우선순위를 부여하는 설문을 실시할 수 있다. 그러나, 응답자가 11개의 인증서를 상호 비교하고 직관적으로 우선순위를 부여하는 것은 부정확할 뿐만 아니라 시간이 많이 소요된다. 즉, 응답자가 응답하기 수월 할 만큼 집합내에 프로파일을 줄이고, 여러 집합을 구성하여 각 프로파일을 균형적으로 분포하게 설계하는 것이 필요하다. 각각의 프로파일을 집합에 균형있게 배치하는 방법으로 균형불완비블럭설계(BIBD)가 제시되었다[8]. BIBD 표시 방법은 수식(3)과 같다.

$$D(t, b, k, r; \lambda)$$

$t$ : 전체프로파일의 수(treatment의 수)  
 $b$ : 전체 집합(블럭)의 수  
 $k$ : 한집합(블럭)내의 프로파일의 수  
 $r$ : 프로파일  $i$ 가 전체집합에서 반복횟수  
 $\lambda$ : 프로파일  $i, j$ 쌍이 전체집합에서 반복횟수

이때  $bk = tr$ ,

$$\lambda = r(k-1)/(t-1),$$

$b \geq t$ 를 만족해야 함

(3)

Table 6. Certificate profile after excluding non-reallistic certificate on 27 certificates generated by SPSS 26

category	reliability of issuer	program installation	how to use	versatility (where to use)
certificate 1	institution requiring strict identification	no installation	BIO information	e-government + part of financial institution
certificate 2	institution requiring convenient identification	no installation	BIO information	most uses
certificate 3	institution requiring convenient identification	app intallation	PIN/pattern	e-government
certificate 4	institution requiring strict identification	no installation	PIN/pattern	e-government
certificate 5	institution requiring convenient identification	app intallation	passwd	e-government
certificate 6	institution requiring strict identification	app intallation	PIN/pattern	most uses
certificate 7	institution requiring convenient identification	security program installation	passwd	most uses
certificate 8	institution requiring convenient identification	security program installation	PIN/pattern	e-government
certificate 9	institution requiring convenient identification	no installation	PIN/pattern	e-government + part of financial institution
certificate 10	institution requiring convenient identification	app intallation	BIO information	e-government + part of financial institution
certificate 11	institution requiring strict identification	app intallation	BIO information	e-government

이때 Cochran & Cox는 다양한 형태의 BIBD 설계방법을 제시하였다[9]. Cochran & Cox가 제시한 11개의 인증서 프로파일에 맞는 BIBD는  $D(11, 55, 2, 10; 1)$ ,  $D(11, 11, 5, 5; 2)$ ,  $D(11, 11, 6, 6; 3)$ 이다.  $D(11, 55, 2, 10; 1)$ 으로 집합을 구성하면 한 집합내에 2개의 인증서 있어 응답자가 직관적으로 쉽게 선호하는 인증서를 선택할 수 있으나, 55개의 집합으로 구성되어 55번 응답을 해야하기 때문에 피로도도 인해 20번째 이후의 응답은 정확한 답변을 기대하기가 어렵다. 또한,  $D(11, 11, 5, 5; 2)$ 는 한 집합내에 비교할 인증서가 5개가 있어 응답자가 판단하고 선호하는 순위를 부여하는게 쉽지 않다. 6개의 인증서가 포함된  $D(11, 11, 6, 6; 3)$ 도 마찬가지다. BIBD는 모든 경우를 고려하여 실험계획을 세우는 것이 불가능하다. 예로 인증서

종류가 11개이고 한 집합내에 인증서 종류가 3( $t=11, k=3$ )인 BIBD는 존재하지 않는다. 따라서 BIBD에 최대한 가까운 실험계획을 세워야 하는데, 이를 해결하기 위해 부분균형불완비블록설계 (PBIBD : Partially BIBD)가 제안되었다[10]. PBIBD의 표시형식은 BIBD와 유사하게  $D(t, b, k, r; \lambda=0, \lambda=1)$ 의 형식으로 나타낸다[10].

장대홍은 BIBD가 수식(3)의 조건을 만족하는지 알아보기 위해  $\lambda$ 행렬을 제안하였다[11].  $\lambda$ 행렬을 사용하여 BIBD를 나타내면 전체 집합(블록)에서 특정 프로파일이 반복되는 횟수와, 한집합내의 프로파일 수를 쉽게 알 수 있다. 또한 프로파일의 두쌍이 어느 집합에서 발생하는 지 알 수 있다. BIBD로 분류될 수 있는 실험계획은 행렬이 균형분포로 구성됨을 알 수 있다. 하지만 BIBD로 분류될 수 없는 PBIBD는

균형분포로 나타낼 수 없다. PBIBD는 특정 프로파일 두쌍이 고르게 분포하지 않고  $\lambda = 0, 1, 2, 3, \dots$  일수 있음을 의미한다[10]. 앞선 인증서 프로파일 11개를 BIBD로 나타낼수는 없지만 최대한 BIBD에 가깝게  $\lambda = 0$  또는  $\lambda = 1$ 이 되게끔 실험계획을 구성할 수 있다.  $\lambda$ 의 수를 높이면서 PBIBD를 구성하면 질문의 수가 증가하여 응답자로부터 정확한 답변을 구할 수 없기에  $\lambda$ 값을 1이하로 정하여 집합의 수를 11로 설정하였다. 이를 BIBD 표시형식으로 나타내면  $D(11, 11, 3, 3; \lambda=0, \lambda=1)$ 과 같은 PBIBD가 된다. 인증서 11개로 PBIBD에 의해 생성된 실험계획은 Table 7.과 같다. Table 7.에서 cert1과 cert2쌍은 집합 어디에도 나타나지 않으나 cert1과 cert3쌍은 집합3(block3)에서 나타난다. 따라서 어떤 프로파일의 쌍은 0번 발생하고, 다른 프로파일의 쌍은 1번 발생하여  $D(11, 11, 3, 3; \lambda=0, \lambda=1)$ 가 만족됨을 알 수 있다.

Table 7. Experiment design with 11 certificates

block	certificate
block1	cert1, cert5, cert10
block2	cert2, cert6, cert11
block3	cert1, cert3, cert7
block4	cert2, cert4, cert8
block5	cert3, cert5, cert9
block6	cert4, cert6, cert10
block7	cert5, cert7, cert11
block8	cert1, cert6, cert8
block9	cert2, cert7, cert9
block10	cert3, cert8, cert10
block11	cert4, cert9, cert11

### 3.6 설문조사

설문의 모집단은 인증서의 소비자 선호속성 및 속성간 유용성을 파악하기 위함으로 인증서를 사용하고 있거나, 사용할 의사가 있는 19세 이상의 소비자를 대상으로 전문설문조사기관을 통해 인터넷으로 실시하였다. 남녀 성비를 균등하게, 연령대를 균등하게 하여 모집단을 구성하였다. 공인인증서를 제외한 현재 출시된 모든 인증서는 PC와 스마트폰에 동일한 방식(스마트폰을 통한 인증서 연계방식)으로 제공하고 있어 기기에 종속되지 않고 언제든 사용할 수 있

고, 대부분의 경제활동 인구는 스마트폰을 항상 소유하고 있기 때문에 PC사용자와 스마트폰 사용자를 따로 구분하지 않고 설문하였다.

Table 7.과 같이 PBIBD로 설계된 실험계획으로 무작위 설문을 2차에 걸쳐 실시하였다. 각 질문 집합(block에 해당)에 3개의 인증서 종류를 포함시키고 선호하는 인증서 선택하도록 하였다. 1차 예비조사(30명)에서는 집합내에 인증서 종류들이 적절히 배치되어 응답자들이 상식적인 수준에서 답변을 하는지 검증하였다. 예로 인증서의 사용처는 많으면 많을수록 좋은데, 실제 예비조사의 결과값도 사용처가 많은 인증서를 선호는 하는 것으로 나와 1차 예비조사의 동일한 집합(Table 7)으로 2차 본조사(331명)를 실시하였다.

### 3.7 인증서의 효용가치 분석 방법

#### 3.7.1 Random Utility Model

일반적으로 제품에 대한 소비자 선호도를 측정하기 위해서 Random Utility Model(RUM)을 사용할 수 있다. RUM에서는 확률적 효용을 측정할 때 결정할 수 있는 요소와 결정할 수 없는 요소로 나눌 수 있음을 제시하였다[12]. 소비자가 서로 다른 인증서가 포함된 집합에서 무작위로 선호 인증서를 선택했을 때 인증서의 효용도는 인증서가 가지고 있는 속성들의 효용도(결정할 수 있는 요소)와 잔차(에러 : 실험내에 포함되지 않거나, 사회적 영향 등으로 결정할 수 없는 요소)으로 구성된다. 이를 수식으로 나타내면 수식(4)와 같다. 이때 각 속성들의 효용도는 수식(5)와 같이 속성의 부분가치로 구성된다.

$$\begin{aligned}
 \mu_j &= v_j + \epsilon_j \\
 \mu_j &: \text{Utility of alternative } j \text{ Certificate} \\
 v_j &: \text{Sum of utility of attributes} \\
 &\quad (\text{Deterministic component}) \\
 \epsilon_j &: \text{Error}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 v_j &= \beta^T X_j \\
 \beta^T &: \text{Partworths} \\
 X_j &: \text{Certificate attributes}
 \end{aligned} \tag{5}$$

#### 3.7.2 대안별 선택확률

수식(4)와 수식(5)에 의해 인증서의 효용도를 구



했다면, 대안별 선택확률은 다항로짓모형으로 수식 (6)과 같이 구할 수 있다. 인증서j와 인증서k가 있을 때 속성들의 효용도 합에 지수값을 구한 후, 자신의 지수값을 모든 인증서의 지수값으로 나누면 해당 인증서의 선택확률값을 구할 수 있다.

$$P_j = Pr[u_j > u_k] = \frac{\exp(v_j)}{\exp(v_j) + \exp(v_k)} \quad (6)$$

인증서가 여러개 있을 때의 특정 인증서의 선택확률은 다항로짓모형의 수식(7)과 같다.

$$P_j = \frac{\exp(v_j)}{\sum_{i=1}^n \exp(v_i)} \quad (7)$$

### 3.7.3 부분 가치

인증서의 효용도를 구하고(수식(4), 수식(5)), 이를 기반으로 인증서의 선택확률을 구함(수식(7))에 있어 가장 기초가 되는 것은 인증서 속성의 부분가치이다. 부분가치를 알아야 개별 인증서의 효용도를 구할 수 있기 때문이다. 부분가치는 인증서 속성의 수준(Level)을 서로 다르게 설정한 후 설문조사를 실시했을 때, 설문조사된 값에 가장 일치하는 정규분포의 곡선의 지점을 찾는 것을 통하여 구할 수 있다. 조사된 값을 가장 잘 표현하고 부분가치를 최대화하도록 가장 적합한 정규분포를 찾아내는 것, 즉 y축의 높이를 최대화하는 정규분포를 찾는 것이 MLE(Maximum Likelihood Estimation)이다 [13].

MLE에 의해 부분가치(β)를 최대화하도록 구하는 식은 수식(8)과 같다.

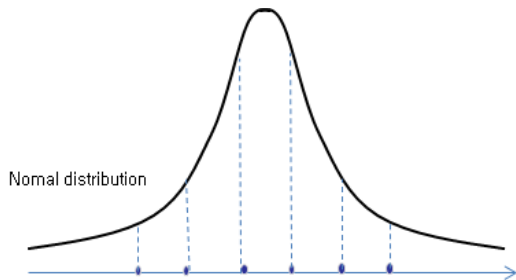


Fig. 2. Maximize the height of y-axis

$$\max_{\beta} LL = \sum_{j=1}^n \bigoplus_j^n \log P_j = \sum_{j=1}^n \bigoplus_j^n \log \left[ \frac{\exp(v_j)}{\sum_{i=1}^n \exp(v_i)} \right]$$

$\bigoplus_j^n$  : observed choice data  
 1 : j is choosen  
 0 : j is not choosen

(8)

## IV. 분석 결과

### 4.1 속성의 효용가치

각 속성별 부분가치는 Table 8.과 같다. 발급기관의 신뢰성 및 신원확인 수준의 부분가치는 0.68 ~ -0.44로 나타났다. 프로그램설치는 -0.31 ~ 0.39로 나타났다. 사용방법은 -0.36 ~ 0.39로 나타났다. 범용성(사용처)는 0.14 ~ -0.13으로 나타났다.

Table 8. Selected digital signature choice attributes

attribute	level	level type	part-worth
reliability of issuer	prefer to existing certificate	A	0.68
	institution requiring strict identification (bank, stock firm)	B	-0.24
	institution requiring convenient indentification (platform, mobile company)	C	-0.44
program installation	security program installation	A	-0.31
	app intallation	B	-0.08
	no installation	C	0.39
how to use	password	A	-0.37
	PIN/pattern	B	0.01
	BIO information	C	0.36
versatility (where to use)	most uses	A	0.14
	e-government + part of financial institution	B	-0.01
	e-government	C	-0.13

## 4.2 속성의 중요도

각 속성별 레벨의 최대값과 최소값의 차이를 구하면 중요도를 구할 수 있다. 범위가 크면 클수록 해당 속성은 중요하다. Table 7.의 부분가치의 범위를 기반으로 속성별 상대적 중요도(최대값 - 최소값)를 구해 차트화하면 Fig 3.와 같다.

속성별 부분가치는 발급기관의 신뢰성 및 신원확인 수준이 가장 중요하게 인식되었다. 일정부분 불편함을 감수하면서도 온라인상에서 자신을 증명하고, 각종 계약관계에 서명을 하는 인증서의 특성상 신뢰성을 우선시하며 엄격한 신원확인을 요구하는 인증서를 가장 선호함을 알 수 있다. 프로그램 설치 및 사용방법은 매번 사용할 때 사용자가 느끼는 부분으로 중간 정도의 선호함을 나타내고 있다. 이에 반해 사용처는 상대적으로 덜 중요한 것으로 인식되는데 이는 대부분의 사용자가 주로 사용하는 금융기관에서는 기존 인증서 또는 금융기관인증서(금융인증서 포함)로 사용하고 있고, 민원24, 국세청을 포함한 대부분의 전자정부는 다양한 인증서를 지원하고 있어 사용처에 대해 큰 불편이 없음을 알 수 있다. 또한 일반 민간 기관 포털 및 쇼핑몰 등은 굳이 인증서 없이도 대부분 사용 가능하여 인증서의 사용처에 대해 중속되지 않고 온라인 업무가 가능함을 알 수 있다.

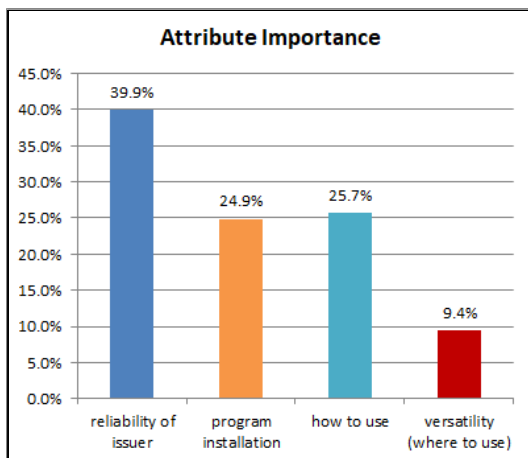


Fig. 3. Attribute importance

## 4.3 속성의 수준별 중요도

발급기관 신뢰성, 신원확인 수준, 이용습관의 부분가치에 있어서는 기존인증서가 0.68로 여전히 인

증서를 선택함에 중요한 요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다. 이는 기존 인증서가 사용하기 불편함에도 지난 20년간 쌓아온 신뢰성 및 사용자의 습관이 쉽게 변하지 않음을 알 수 있다. 또한 발급시에는 편리성 보다는 엄격한 신원확인을 통하여 제3자의 악의적 목적에 의한 발급 가능성을 차단하는 것을 선호함을 알 수 있다. 이에 반해 편리성 부분은 발급기관의 신뢰성 및 신원확인 수준에서는 상대적으로 낮은 부분가치(-0.44)를 부여함을 알 수 있다. 그러나 이와같은 결과는 향후 급격히 변하지는 않겠지만 사회 전반의 편리성을 추구하는 추세로 점차 변화할 것으로 예상된다.

프로그램 설치의 수준별 부분가치에 있어서는 무설치를 가장 선호했다(0.39). 각종 보안프로그램의 설치하는 사용자가 매번 이용해야 할 때 마다 느끼는 불편함으로 부분가치가 가장 낮았다(-0.31). 앱설치는 이미 모바일에서 앱 설치에 익숙해 있기 때문에 설치하건, 설치하지 않건 크게 의미를 부여하지 않음(-0.08)을 알 수 있다.

사용방법의 수준별 부분가치에 있어서는 사람의 기억에 의존하면서 복잡한 숫자, 문자, 특수문자를 입력해야 하는 비밀번호는 중요하지 않은 것으로 나타났다(-0.37). 이에 반해 바이오정보의 입력은 중요한 것으로 나타났는데(0.36), 이는 대부분의 스마트폰에서 바이오정보가 보편화되고 사용에 대한 거부감을 갖고 있지 않다보니 바이오정보 입력을 선호함을 알 수 있다. 또한 기억에 의존하지 않아 망각으로부터 자유로울 수 있고, 사용시 별도의 입력이 없기 때문이다. 향후 인증서와 바이오정보의 결합은 더욱 강화되리라 예상된다. 스마트폰 사용패턴(위치)과 바이오정보가 결합한 무자각 인증의 형태로 발전할 것으로 예상된다. PIN/패턴은 선호와 비선호 사이에서 크게 의미를 부여하지는 않았다(0.01).

범용성(사용처)의 수준별 부분가치에 있어서는 대부분의 사용처를 가장 선호했다(0.14). 그러나 대부분의 사용처에 대한 부분가치는 0.14로 타 속성의 가장 높은 수준의 부분가치에 비해 낮음을 알 수 있다.

## V. 결 론

전자서명법 전면 개정으로 공인인증서가 폐지되고 다양한 인증서가 시장에 출시되고 있는 되고 상황에서 인증서의 선택요인을 식별하고, 선택요인들 간에 효용도를 설문조사를 통하여 측정하였고, 선택요인

내에 수준이 어떤 차이를 보이며 선호되는지를 측정해보았다. 선택요인 식별을 위해 선행논문 및 관련기관 설문조사 내역을 참조하였고, 이를 기반으로 전문가 설문조사를 델파이방식으로 2차에 걸쳐 실시하였다. 조사결과로 식별된 인증서 선택요인은 발급기관 신뢰성(신원확인 수준, 이용습관 포함), 프로그램 설치, 인증서 사용방법, 범용성(사용처)이었다.

식별된 인증서 선택요인으로 직교배열, PBIBD로 실험계획(설문계획)을 세워 인증서가 고르게 분포되도록 설문조사내역을 작성한 후, 2차에 걸쳐 소비자 설문조사를 실시하였다. 설문조사 내역을 컨조인트 방법으로 분석 결과, 식별된 인증서 선택요인에서는 발급기관 신뢰성이 가장 중요한 요인으로 분석되었으며, 사용방법, 프로그램 설치, 사용처 순으로 나타났다. 각 속성별 수준의 효용도에 있어서는 발급기관 신뢰성 부분에서는 여전히 기존인증서나, 철저한 신원확인을 하는 발급기관의 인증서에 대해 더 높은 효용도가 나타났다. 프로그램 설치의 보안을 위한 프로그램 설치보다는 무설치를 선호하였다. 사용방법은 비밀번호 입력, PIN/패턴 입력과 같은 기억을 해야 하는 사용방법 보다, 망각으로부터 자유로운 바이오정보를 통한 인증서 사용을 선호하였다. 사용처는 대부분의 사용처에서 사용되는 것을 선호하였으나, 타 속성대비 중요도는 낮은 것으로 나타났다.

분석결과를 종합해보면 인증서 사용자는 발급할 때는 불편함이 있더라도 철저한 신원확인과 같은 신뢰성에 더 많은 효용도를 부여하였으며, 이용 할 때는 편리성과 보안성을 갖추고 있고 망각으로부터 자유로운 바이오정보에 대해 효용가치를 부여함을 알 수 있었다. 정부 정책 입안시 혹은 인증서 제공 기업이 인증서제품을 설계시 인증서 선택속성에 대한 소비자 효용가치를 참조한다면 도움이 될 것이다.

본 논문 작성에 많은 도움을 주신 연세대학교 산업공학과 모정훈 교수님께 진심으로 감사드립니다.

## References

- [1] Korea Internet & Security Agency, "The public use survey of digital signature in 2017. Available online: <https://www.kisa.or.kr/204/form?postSeq=0012072#fnPostAttachDownload>
- [2] Soo-Hyun Kim, "Factors affecting the user satisfaction with e-Authentication," The Journal of the Korea Contents Association, 20(9), pp. 389-396, Sept. 2020.
- [3] A-Young Kim, Tae-Sung Oh, Ha-Keong Oh, "Factors Influencing the intention to adopt new electronic authentication services : Focusing on mobile financial service," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Science, 43(2), pp. 461-474, Feb. 2018.
- [4] Green, P.E. and V. Srinivasan, "Conjoint Analysis in Marketing: New Developments with Implications for Research and Practice," Journal of Marketing, vol. 54, no. 4, pp. 3-19, Oct. 1990
- [5] Lazari, A. G. and Anderson, D. A. "Designs of discrete choice set experiments for estimating both attribute and availability cross effects," Journal of Marketing Research, vol. 31, no. 3, pp. 375 - 383, Aug. 1994.
- [6] William L. Moore, Morris B. Holbrook, Conjoint Analysis on Objects with Environmentally Correlated Attributes: The Questionable Importance of Representative Design," Journal of Consumer Research, vol. 16, no. 4, pp. 490 - 497, Mar. 1990.
- [7] Taguchi Orthogonal Arrays. Available online: [https://www.reliawiki.org/index.php/Taguchi\\_Orthogonal\\_Arrays](https://www.reliawiki.org/index.php/Taguchi_Orthogonal_Arrays)
- [8] Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., and Li, W. "Applied Linear Statistical Models," McGraw Hill, [https://users.stat.ufl.edu/~winner/sta4211/ALSM\\_5Ed\\_Kutner.pdf](https://users.stat.ufl.edu/~winner/sta4211/ALSM_5Ed_Kutner.pdf), 1415, pp. 1173-1182, 2005.
- [9] Cochran & Cox. "Experimental Design", <https://online.stat.psu.edu/onlinecourses/sites/stat503/files/lesson04/Coch>

- ran\_Cox.pdf, pp. 469-482, 1992.
- [10] Jyoti Sharma, D. K. Ghosh and Jagdish Prasad. "Construction of Partially Balanced Incomplete Block Designs," International Journal of Statistics and Systems, vol. 11, no 1, pp. 67-76, 2016.
- [11] Dae-Heung Jang, "λ Matrix for Evaluating an Incomplete Block Design," The Korean Journal of applied Statistics, 24(4), pp. 647-656, Aug. 2011.
- [12] Charles F. Manski, "The structure of random utility models," Theory and Decision, Vol. 8, no.3, pp. 229-254, Jul. 1977.
- [13] In Jae Myung, "Tutorial on maximum likelihood estimation," Journal of Mathematical Psychology, 47(1), pp. 90-100, Feb. 2011.

### 〈 저자 소개 〉



강 환 철 (Whanchul Kang) 정회원  
 1997년 2월: 아주대학교 컴퓨터공학 졸업  
 2005년 2월: 카이스트 소프트웨어공학 석사  
 2020년 3월~현재: 연세대학교 기술정책협동 박사과정  
 <관심분야> 전자서명, 전자금융, 금융보안