

# 전자투표 시스템 실용화 현황과 전망

전웅렬\*, 이윤호\*, 원동호\*\*

## 요약

선거는 민주주의의 근본이 되는 절차로 투표는 국민이 주권을 행사할 수 있는 소중한 기회이다. 그러나 최근 들어 국내를 비롯한 여러 국가에서 투표율이 지속적으로 하락하는 추세를 나타내면서 민주주의의 근간이 흔들리는 것은 아닌지 우려를 자아낸다. 전자투표는 투표의 준비, 투표, 투표결과의 집계 과정에 전자적인 기법을 도입하여 진행되는 투표로, 기존 투표에 비해 시간적, 공간적 비용의 절감효과, 투표율의 상승을 기대할 수 있어 미국, 영국을 비롯한 여러 유럽 국가에서 도입하거나, 도입을 준비하고 있다. 그러나 전자투표는 투표 과정에서의 안전성을 반드시 보장해야 하며, 사용자 인터페이스를 강화하여 정보화 소외계층 및 노령층의 참여를 유도해야 하는 과제를 포함하고 있다. 이에 본 고에서는 전자투표의 기본적인 개념과 사용자의 친숙도를 강화한 전자투표 방식을 살펴봄으로써 전자투표의 실용화 방안에 대해 살펴보고자 한다.

## I. 서론

선거는 민주주의의 근본이 되는 절차로 민주주의의 근간이 되는 투표는 국민이 주권을 행사할 수 있는 소중한 기회이다. 그러나 최근 들어 국내를 비롯한 여러 국가에서 투표율이 지속적으로 하락하는 추세를 나타내면서 민주주의의 근간이 흔들리는 것은 아닌지 우려를 자아낸다. 국내의 경우 2008년 4월 실시된 18대 국회의원 선거에서 20대 유권자의 투표율은 28.1%에 불과한 반면, 60대 이상의 투표율은 65.5%로 상당한 차이를 나타냈다[1]. 젊은 유권자들의 투표를 저하는 정치에 대한 무관심과 더불어 현행 투표 방식의 불편함에 기인하고 있다.

현행 투표 방식은 지정된 날짜에 지정된 장소에서 유권자가 투표용지에 직접 기표를 하는 방식이다. 그러나 현행 투표 방식은 투표를 하기 위해 우선 유권자의 수에 맞춰 용지를 인쇄해야 하고, 투표를 진행하기 위한 공간을 확보해야 하며, 정해진 장소에서 투표를 진행하기 위해 시간을 소비해야 하는 단점이 있다. 게다가 사람이 직접 기표를 하는 방식이기 때문에 실수 혹은 고

의에 의한 무효표가 발생하며, 이로 인해 유권자의 의도를 반영하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

최근 미국과 영국, 에스토니아 등 유럽의 여러 국가들을 중심으로 현행 투표 방식의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 전자투표의 도입이 활발하게 논의되고 있다. 실제 미국의 경우 2000년 대선부터 일부 지역에서는 전자투표를 시행하고 있으며, 에스토니아의 경우 인터넷 투표 뿐만 아니라 2011년에는 모바일을 통한 투표도 도입할 예정이다[2]. 우리나라 역시 2005년 초 중앙선거관리위원회에서 터치스크린 방식의 전자투표기 도입 및 인터넷 투표 실시 계획을 담은 전자투표 실시계획을 발표한 이후 전자투표 도입을 위한 기반연구 및 제품 개발에 박차를 가하고 있다.

전자투표는 선거의 준비, 투표, 투표 결과의 집계 과정에 전자적인 기술을 도입하여 선거를 진행하는 것으로 다양한 방법으로 구성이 가능하다. 전자투표는 기존 투표방식에 비해 선거에 소요되는 시간이나 금전적인 비용을 절감할 수 있고, 기술에 따라 공간적 제약사항 역시 극복할 수 있다. 또 투표방식을 전자적으로 수행하여 무효표를 획기적으로 줄여, 유권자의 의도를 정확하

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0022945).

\* 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 정보통신보호연구실({wrjeon, yhlee}@security.re.kr)

\*\* 성균관대학교 정보통신공학부 교수(dhwon@security.re.kr)

게 반영할 수도 있다.

그러나 전자투표의 도입은 매우 신중히 결정해야 할 문제다. 앞서 언급한 바와 같이 선거는 민주주의의 근간을 이루는 매우 중요한 절차로서, 작은 오류 및 실수도 큰 과급효과를 일으킬 수 있기 때문이다. 실제 미국의 2004년 대선에서 그 사례를 찾을 수 있다. 2004년 미국의 대통령 선거에서 전자투표를 사용하는 일부 주(州)에서 전자투표기의 고장으로 인해 선거가 지연되거나, 투표기가 용량을 초과하여 이후의 투표결과를 반영되지 않는 등 여러 치명적인 문제가 발생하였다. 뿐만 아니라 집계과정에서도 특정 선거구의 결과가 중복해서 반영되는 등 전자투표와 관련하여 총 1,444건에 이르는 문제가 보고된 바가 있다[3].

이처럼 전자투표는 비용의 절감과 무효표 감소라는 측면에서 많은 장점을 지니고 있지만, 사회적 혼란을 야기할 수 있기 때문에 도입하는 과정에서 많은 검증과 합의가 필요하다.

이에 본 고에서는 전자투표의 실용화 현황과 그 전망에 대해 살펴보고자 한다. 이를 위해 본 고는 현재까지 발표된 주요 전자투표 기술에 대해 살펴보고, 전자투표를 성공적으로 도입하기 위한 향후 과제에 대해 살펴본다.

## II. 전자투표

전자투표는 선거의 준비, 투표, 투표 결과의 집계 과정에 전자적인 기술을 도입하여 선거를 진행하는 것을 의미한다. 전자투표가 현행 투표방식과 동일한 효력을 지니기 위해서는 선거의 4대 원칙을 준수해야 한다. 선거의 4대원칙은 보통선거, 평등선거, 직접선거, 비밀선거로 각각은 [표 1]과 같다.

[표 1] 선거의 4대원칙

원칙	설명
보통선거	성별, 학력, 재산의 많고 적음에 관계없이 일정한 나이가 된 모든 성인에게 선거권과 피선거권을 부여함을 보장하는 원칙
평등선거	모든 투표자의 표가 동일한 가치와 효력을 발휘하는 것을 보장하는 원칙
직접선거	선거권자가 직접 투표에 참여하는 것을 보장하는 원칙
비밀선거	선거권자가 투표에 참여하여 어느 후보를 선택하였는지를 유권자 본인만 알 수 있도록 보장하는 원칙

[표 2] 전자투표 방식

방식	유형	내용
투표소 투표 방식 (Poll Site Voting)	터치스크린 시스템	터치스크린에서 정해진 부분을 터치하여 투표
	일반 PC	일반 컴퓨터를 이용하여 투표권을 등록하고 투표
	이동식 키오스크	투표의 편의증진을 위한 이동투표소 키패드나 터치스크린 기술 활용
	전화	유선전화나 이동전화를 이용하여 투표
원격 투표 방식 (Remote Voting)	SMS	휴대전화의 문자메시지 기능을 이용한 투표
	인터넷	인터넷을 이용한 투표

보통선거와 평등선거는 투표방식과는 무관한, 법적으로 보장될 수 있는 원칙이다. 그러나 직접선거와 비밀선거는 투표방식에 따라 훼손될 수 있으므로 두 원칙을 보장하기 위한 기술적 고려가 필요하다. 예를 들어 원격으로 투표를 하는 경우, 직접선거 원칙을 보장하기 위한 사용자 인증기술이 반드시 필요하다.

전자투표는 다양한 방법으로 구현이 가능한데, 장소를 기준으로 전자투표 방식을 구분할 수 있다. 아래 [표 2]는 전자투표의 여러 방식을 나타낸다[4].

투표소에서 투표를 하는 방식은 일반적으로 DRE (Direct Recording Electronic) 시스템을 사용한다. 유권자가 DRE 시스템을 이용하여 투표를 하면 이를 전자적으로 기록하여 서버에 전송하고, 서버에서는 투표결과를 고속으로 집계하는 방식이다. 투표소 투표 방식의 전자투표는 현행 투표의 시간적, 공간적 제약사항을 극복하기는 어렵지만, 물리적으로 유권자를 인증하고 투표소가 기밀성을 보장하기 때문에 직접선거와 비밀선거의 원칙을 보장할 수 있는 장점이 있다.

반면 원격 투표 방식은 시간적, 공간적 제약을 극복할 수 있는 장점이 있지만, 기술적으로 비밀투표를 보장할 수 없기 때문에 도입하기 위해서는 비밀투표의 원칙에 대한 사회적인 합의가 필요하다. 원격 투표 방식은 별도의 장비를 필요로 하지는 않는다. 유권자가 소지하고 있는 모바일 장치 및 PC로 충분히 시스템의 구현이 가능하다.

일반적으로 전자투표는 현행 투표와 비교해 위 [표 3]과 같은 장단점을 지닌다[4]. 본 장에서는 전자투표의 여러 단점 중 전자투표의 신뢰성 문제와 사용자의 친숙

(표 3) 현행 투표방식과 전자투표 방식 비교

구분	현행 투표방식	전자투표 방식
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지정된 투표소에서 종이명부에 의한 선거 인명 확인 및 종이투표지에 직접 기표</li> <li>- 투표 결과는 개표소에서 집계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자적인 방법으로 투표 및 개표를 실시</li> <li>- 방식에 따라 장소에 구애받지 않고 투표가 가능함</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수작업 투표 및 개표 진행으로 시스템 장애 가능성이 거의 없음</li> <li>- 투표결과에 대한 조작시비가 상대적으로 적음</li> <li>- 전통적인 투표방식으로 정보화 소외계층 및 노령층의 투표가 용이함</li> <li>- 일치락뒤치락 하는 개표과정을 드라마틱하게 확인할 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 투표 및 개표 과정을 전산화하여 최소의 인력과 최소의 비용으로 투표 및 개표가 가능</li> <li>- 원격 투표의 경우 장소에 구애받지 않고 투표를 진행할 수 있어 투표를 상승효과가 기대됨</li> <li>- 전통적으로 투표 참여율이 저조한 젊은 층의 투표 참여가 용이</li> <li>- 전자적으로 투표를 하는 경우 무효표가 없으므로 유권자의 뜻을 정확히 반영할 수 있음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 투표 및 개표에 소요되는 인력과 비용이 많이 소모</li> <li>- 투표 실수 또는 투표지 오염에 따라 무효표가 발생</li> <li>- 개표원의 판단기준에 따라 투표결과가 매번 달라질 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전산시스템 장애 시 선거자체가 중단될 수 있으며, 극심한 사회적 혼란을 야기할 수 있음</li> <li>- 서버 및 통신망 구축, 보안관리 등으로 초기 도입비용이 높을 수 있음</li> <li>- 투표결과에 대한 해킹 및 조작시비가 발생할 수 있음</li> <li>- 정보화 소외계층, 노령층의 투표 참여가 어려울 수 있음</li> <li>- 투표결과가 투표 종료와 함께 즉시 발표될 수 있으므로 드라마틱한 요소가 부족</li> </ul>

도 문제에 대해 살펴본다.

### 2.1 전자투표의 신뢰성

전자투표는 유권자가 직접 투표를 하는 것이 아니라 투표기(DRE, 또는 사용자의 장치에 설치된 응용 프로그램)를 통해 유권자의 의사를 표시한다. 이때 악의적인 공격자가 투표기를 공격하여 투표 결과를 조작하거나, 외부로 유출시키는 경우 심각한 문제를 초래할 수 있다.

따라서 전자투표를 도입하기 위해서는 우선 투표기의 안전성이 보장되어야 한다.

전자투표 과정에서 신뢰성은 크게 다음 두 가지로 귀결된다[5-7].

- Cast-as-Intended : 투표자 개개인 자신의 투표가 의도한 대로 기록되었음을 확신할 수 있어야 한다.
- Counted-as-Cast : 모든 투표자는 투표가 개표결과에 정확히 반영되었음을 확신할 수 있어야 한다.

첫 번째, Cast-as-Intended는 유권자가 투표기를 통해 투표를 하는 과정에 대한 신뢰성을 의미한다. 투표기가 유권자에게 거짓된 선거정보를 제공하거나, 유권자의 투표를 조작하여 저장하는 형태의 공격이 가능하다. 두

번째, Counted-as-Cast는 투표 종료 후 개표 과정에서의 신뢰성을 의미한다. 모든 투표가 정확히 진행되었다 해도 개표과정에서 결과를 조작한다면 심각한 사회적 문제를 야기할 수 있다.

따라서 투표과정 및 개표과정에서의 신뢰성을 확보하기 위해서는 다양한 암호학적 기술들이 적용된다. 현재 개표 과정에서의 신뢰성 확보는 다양한 기술들을 통해 구현되고 있으며, 안전성 증명이 이루어진 상태다. 대표적인 예로 믹스넷(Mix-net)을 들 수 있다[8-10].

믹스넷은 1981년 David Chaum에 의해 소개된 방법으로 입력값과 출력값 사이의 연결 정보를 알 수 없도록 섞는 기술이다. 믹스넷은 다수의 믹스서버로 구성이 되는데, 각각의 믹스서버는 초기 입력값 또는 이전 믹스서버의 출력값을 입력받아 섞는 과정을 반복한다. 이 때 각 믹스서버는 자신의 동작이 올바름을 증명해야 하는데, 증명방법으로는 영지식 증명, RPC(Randomization Parity Check) 등이 사용된다. 믹스넷은 크게 복호화 믹스넷(Decryption mix-net)과 재암호화 믹스넷(Re-decryption mix-net)으로 구분하며 재암호화가 가능한 ElGamal 암호 알고리즘을 주로 사용한다. 믹스넷을 사용하면 투표 당사자를 확인할 수 없기 때문에 유권자의 프라이버시를 보호할 수 있고, 믹스넷의 동작과정 및 결과를 누구나 검증할 수 있기 때문에 개표과정의 신뢰성을 확보할 수 있다.

투표과정에서의 신뢰성을 확보하는 방법은 전자투표 시스템의 구성방법에 따라 조금씩 차이가 있으며, 높은 신뢰성을 확보하기 위해서 추가되는 일련의 과정들이 사용자 친숙도를 떨어뜨리는 결과를 낳기도 한다.

이에 몇몇 전자투표 방식은 스캐너를 사용하여 투표 결과를 입력하고 투표 자체는 종이를 그대로 사용하기도 한다. 이는 사용자 친숙도와 전자투표기의 신뢰성 사이에서 친숙도를 우선시한 방법이라 할 수 있다. 사용자 친숙도를 우선으로 하는 전자투표 방식의 대표적인 예로 Pret a Voter와 Scantegrity를 들 수 있는데, 해당 전자투표 방식에 대해서는 3장에서 살펴본다.

## 2.2 사용자 친숙도

앞서 잠깐 언급한 바와 같이 전자투표를 도입하기 위해서는 투표과정에 대한 신뢰성을 확보해야 한다. 개표과정에서의 신뢰성은 현재 여러 연구를 통해 보장이 가능하다. 그러나 투표과정에서의 신뢰성은 전자투표 방식에 따라 조금씩 차이가 있는데, 신뢰성을 확보하기 위해 사용자의 친숙도를 저하하는 결과를 낳기도 한다. 그러나 투표기의 신뢰성을 확보하기 위해 사용자 친숙도를 경시하는 것은 매우 위험한 문제이다. 사용자 친숙도는 보통선거, 평등선거의 원칙과 밀접한 연관이 되어 있기 때문이다.

선거는 주권을 지닌 국민에게 평등한 자격과 권리를 부여하는 절차인데, 이때 성별이나 학력의 차에 따라 차별이 있어서는 안된다. 사용자 친숙도가 떨어지면 유권자의 학력에 따라 투표 과정에 어려움을 겪을 수 있다.

실제 미국의 사례를 살펴보자[11]. 전자투표 기기에 아무런 이상이 없어도 투표소 직원 또는 자원봉사자들의 미숙함이 충분히 실수를 야기할 수 있다. 2000년도에 치러진 미국 대선 중 플로리다 주에서 발생한 사고도 부분적으로 따지면 직원들의 책임 역시 피할 수 없다.

미국의 경우 단기간 내에 투표기와 방법이 자주 바뀌는 바람에 정작 투표소에서 투표를 돕는 직원 및 자원봉사자들조차 정확한 투표과정과 투표기의 사용법에 대해 모르는 경우가 발생함을 확인하였다. 이는 결국 유권자들의 실수로 이어질 수 있으며, 선거 결과에 영향을 미칠 수 있다. 투표기 자체는 엄격한 검증과정을 거친 것들이지만, 인터페이스를 테스트 하는 항목이 없었기 때문에 이러한 문제가 발생한 것이다.

사전 훈련을 받는 투표소 직원들조차 실수를 할 수

있는데, 유권자라고 실수를 하지 않으리라는 보장은 없다. 실제로 오프라 윈프리는 자신의 투표소에서 자신이 투표에 실패할 뻔했음을 밝혔다. 윈프리는 시카고에서 소중한 한표를 행사하기 위해 투표장을 찾았지만, 터치스크린의 사용 미숙으로 결국 투표에 실패할 뻔 했다고 자신의 TV쇼에서 밝혔다. 다행히 윈프리는 직원의 도움으로 실수를 바로잡을 수 있었다.

이처럼 사용자 친숙도 또한 투표결과에 영향을 지대한 영향을 미칠 수 있기 때문에 투표기의 신뢰성뿐만 아니라 사용자 친숙도 역시 전자투표 도입의 중요한 요소로서 다루어져야 한다.

## III. Pret a Voter와 Scantegrity

본 장에서는 사용자 친숙도가 높은 전자투표 방식 중 Pret a Voter와 Scantegrity에 대해 살펴본다. 두 전자투표 방식은 현행 투표와 진행과정이 매우 유사하기 때문에 유권자가 혼란을 빚을 가능성이 매우 낮은 것으로 평가되고 있다. 또 투표 시 투표기를 사용하지 않으므로써, 전자투표의 초기 도입비용을 낮추었으며, 투표기에 대한 신뢰도 문제 역시 해결한 방법이다. 그러나 현행 투표방식과 매우 유사하기 때문에 다른 전자투표 방식에 비해 시간적, 금전적 비용의 절감효과는 크지 않은 단점이 있다. 이제 각각에 대해 설명한다.

### 3.1 Pret a Voter

Pret a Voter는 2005년 Peter Y. A. Ryan과 Steve Schneider가 발표한 전자투표 방식으로 현행 투표와 매우 유사한 방법으로 투표가 진행되는 것이 특징이다[12].

Pret a Voter는 투표소 투표 방식을 근간으로 한다. 따라서 유권자에 대한 인증을 오프라인에서 진행할 수 있기 때문에 보통선거, 직접선거의 원칙을 보장할 수 있다. Pret a Voter는 현행 투표방식과 비교하여 두 가지 점에서 차이를 나타내는데 하나는 투표용지이며, 다른 하나는 투표 결과의 입력 방식이다. 우선 기존 투표용지에 대해 살펴보자. 아래 [그림 1]은 기존 투표용지를 나타낸다.

위 [그림 1]은 일반적인 투표용지를 나타낸다. 왼쪽에는 후보자 목록이 순서대로 나열되어 있고, 유권자는 오른쪽 공란에 기표함으로써 자신의 의사를 표현할 수 있다. 그리고 투표를 완료한 유권자는 기표결과가 드러

나지 않도록 투표용지를 접어 투표함에 넣음으로써 투표를 완료한다.

Anarchist	
Buddhist	
Nihilist	
Solipsist	
Sophist	

[그림 1] 일반적인 투표용지

이제 Pret a Voter의 투표용지를 살펴보자. Pret a Voter의 투표용지는 아래 [그림 2]와 같다.

Nihilist	
Buddhist	
Anarchist	
Sophist	
Solipsist	
	7rJ94K

[그림 2] Pret a Voter 투표용지

[그림 2]에서 왼쪽에 표시된 항목들은 후보자 목록을 나타낸다. 기존 투표용지에서 후보자 목록이 알파벳순으로 정렬된 것인데 반해, Pret a Voter에서는 후보자 목록이 무작위 순으로 섞여있는 것을 확인할 수 있다.

우측 하단에 위치한 “7rJ94K”는 후보자 목록의 Permutation 값을 암호화한 것이다. 즉, Pret a Voter의 투표용지는 후보자 목록을 임의의 조합으로 섞고, 조합의 결과를 우측 하단에 표시한 것이다. [그림 2]에서 후보자 목록이 명시된 부분은 left-hand, 그리고 기표를 위한 공란과 암호화된 조합(Permutation)값이 명시된 부분을 right-hand라고 한다.

투표과정은 다음과 같다. 우선 유권자는 해당 투표용지를 받아 지정된 장소에서 공란에 기표를 한다. 그리고 left-hand와 right-hand를 분리한 후, right-hand만 개표기(스캐너)에 입력하여 투표결과를 기록한다. 투표를 마친 후 유권자는 left-hand는 폐기하고 right-hand는 투표 영수증으로 보관한다. 투표 이후 유권자는 자신의 영수증이 공개계시판에 정확히 등록되었는지를 확인함으로써, 자신의 투표가 반영되었는지 여부를 알 수 있다. 따라서 Pret a Voter는 Cast-as-Intended를 충족할 수

있다.

Pret a Voter의 장점은 높은 사용자 친숙도를 들 수 있다. 현행 투표방식과 비교해 진행과정이 매우 유사하기 때문에 정보화 소외 계층 및 노령층의 투표가 용이하다. 또 현행 투표방식에 비해 추가적인 장비를 필요로 하지 않기 때문에 초기 전자투표 도입비용이 저렴한 것 역시 장점이다. 그러나 Pret a Voter는 높은 친숙도만큼 다양한 단점도 지니고 있다.

첫째, 투표기 대신 종이를 이용한 투표방식을 채택하고 있기 때문에, 사전에 많은 투표용지를 제작해야 하는 단점이 있다. 투표용지의 신뢰성을 보장하기 위해서는 사전에 유권자 수보다 많은 투표용지를 제작하여 모의투표를 통해 투표용지가 조작되지 않았음을 검증해야 하는데, 이 때문에 오히려 현행 투표방식보다 용지 소모가 더 많을 수도 있다.

둘째, Pret a Voter는 유권자가 직접 기표하는 방식이기 때문에 기표의 위치에 따라 무효표가 등장할 수 있다.

셋째, 사용자가 직접 투표용지의 left-hand를 폐기해야 하는데, 이를 적절히 관리할 수 있는 방안이 필요하다. 만약 사용자가 left-hand를 폐기하지 않고 보관할 경우 left-hand와 right-hand를 통해 매표가 가능하다.

넷째, 후보자의 목록이 뒤섞이기 때문에 후보자별로 부여되는 기호의 의미가 무색해진다. 기호는 일반적으로 정당 및 현재 국회의 의석수를 반영하고 있으며, 1번을 획득하기 위한 경쟁 또한 치열한데, Pret a Voter 방식에서는 후보자의 기호가 의미가 없다.

### 3.2 Scantegrity

Scantegrity는 2008년 David Chaum 등에 의해 소개된 전자투표 방식으로 Pret a Voter와는 달리 후보자의 순서를 섞지 않고 후보자를 나타내는 letter를 첨부한 것이 특징이다[13].

아래 [그림 3]은 Scantegrity의 투표용지를 나타낸다.



[그림 3] Scantegrity 투표용지

투표용지는 위 [그림 3]에서 좌측과 같다. 투표용지에는 후보자의 목록(그림에서는 Alice와 Bob)과 기표를 위한 난이 표시된다. 투표용지의 우측 하단에 표시된 것은 투표용지의 일련번호이다. 투표용지의 일련번호는 바코드 형태와 숫자 형태로 표시된다. 이 일련번호는 또 투표영수증으로 활용된다.

투표용지에서 각 후보자는 하나의 코드와 대응하는데, Alice는 현재 코드 B, Bob은 현재 코드 A와 대응하고 있다.

코드는 투표용지마다 상이하게 배정되기 때문에 B라는 코드만 가지고는 어떤 후보를 나타내는지 결정할 수 없다.

투표과정은 Pret a Voter와 동일하다. 유권자는 지정된 장소에서 인증을 완료한 후 투표를 시작하는데, [그림 3]과 같은 투표용지를 받아 직접 기표를 한다. 기표를 마친 유권자는 개표기(스캐너)를 통해 투표용지를 등록함으로써 투표결과를 기록한다.

투표를 마친 유권자는 투표용지에서 바코드를 [그림 3]과 같이 잘라냄으로써 일련번호를 영수증으로 보관한다. 추후 유권자는 일련번호와 자신이 선택한 후보의 코드를 공개계시관을 통해 확인함으로써 투표결과를 검증할 수 있다.

Scantegrity 역시 현행 투표방식과 매우 유사한 절차로 투표를 진행되기 때문에 사용자 친숙도 면에서 우수하다. 그리고 Pret a Voter와는 달리 후보자 목록을 섞지 않기 때문에 기호의 의미 역시 보존할 수 있다. 그러나 사람이 직접 기표하는 방식이기 때문에 일부 무효표가 발생할 수 있으며, 종이로 된 투표용지를 사용해야 하기 때문에 전자투표의 도입으로 인한 비용의 절감효과가 미미하다.

### 3.3 투표기의 신뢰도와 사용자 친숙도

본 장에서 살펴본 2개의 전자투표 방식은 모두 현행 투표와 유사한 방법을 택함으로써 사용자 친숙도를 높였다. 따라서 전자투표의 도입으로 인한 별도의 유권자 교육과정이 필요하지 않으며, 투표기를 사용하지 않기 때문에 투표기에 대한 조작시비 역시 발생하지 않는다. 또 별도의 추가적인 장비를 필요로 하지 않기 때문에 전자투표를 도입하는 과정에 필요한 초기비용이 낮은 편이다.

그러나 종이를 사용하여 사람이 직접 기표를 하는 방

식이기 때문에 무효표가 필연적으로 발생하며, 기존 투표방식과 비교했을 때, 비용의 절감효과는 미미하다고 할 수 있다. 비용의 절감효과, 시간 및 공간적 제약을 극복하기 위해서는 투표기의 사용이 필요하다. 하지만 투표기의 사용은 투표기의 신뢰성에 대한 논쟁을 야기할 수 있기 때문에 이에 대한 적절한 대책이 강구되어야 한다. 이에 투표기를 사용하는 전자투표 방식은 투표기의 신뢰성을 검증하기 위해 Cut-and-Choose 기법을 도입하기도 하였다[5,14,17]. 그러나 투표기의 신뢰성을 검증하기 위한 단계가 추가되면서 투표과정이 현행 투표에 비해 복잡해진다. 즉, 사용자의 편의성과 투표기의 신뢰성 사이에서 반비례 관계가 성립하는 것이다.

투표기의 신뢰성 문제는 기술적으로 검증하는 것 외에 절차적인 방법으로도 보장할 수 있다. 투표기의 개발과정에서부터 배포에 이르기까지 전체 과정을 공공기관 주도 하에 엄격하게 검증하고, 검증결과를 인증함으로써 투표기에 대한 신뢰를 획득할 수 있다. 그러나 이 방법 또한 투표기가 공격당했을 경우 발생할 수 있는 사회적 혼란에 대한 대책은 될 수 없다.

따라서 전자투표를 효과적으로 실용화하기 위해서는 성숙한 사회문화와 사회구성원 간의 합의가 필요하다. 이에 대한 대표적인 예로 에스토니아를 들 수 있다. 에스토니아는 2005년 세계에서 최초로 인터넷 전자투표를 실시하였으며, 2011년에는 모바일 전자투표를 도입할 계획이다. 다음 장에서는 에스토니아의 전자투표 실용화 사례에 대해 살펴본다.

## IV. 에스토니아의 전자투표

에스토니아는 2005년 총선에서 세계 최초로 인터넷 전자투표를 도입하였다[15]. 특히 인터넷 방식의 전자투표는 원격 투표방식으로 기술의 안전성 이전에 비밀투표의 원칙을 보장할 수 없기 때문에 도입이 매우 까다로운데 에스토니아는 이를 실현했다는 점에서 큰 의의가 있다.

에스토니아가 인터넷 전자투표 방식을 도입할 수 있었던 이유는 아래와 같다[15].

첫째, 에스토니아는 1998년부터 직접정부(Direct Government, Vahetu Riik) 프로젝트를 통해 공공기관을 중심으로 전자정부 계획을 착실히 진행하였다. 대표적인 예로 2001년 6월 25일 개설한 TOM(<http://tom.rikk.ee>)를 들 수 있다. 이 사이트는 모든 법안의 초안과

개정안에 대한 정보를 제공하는데, 에스토니아 국민은 누구나 해당 정보를 열람하고 의견을 개진할 수 있는 일종의 온라인 토론방이다. 본 사이트는 월 방문자가 8만명 정도에 이르는 대형 토론 사이트이다. 이처럼 에스토니아는 전자정부 프로젝트를 통해 각종 민원 및 정치 현안을 온라인으로 국민과 공유함으로써 온라인에 대한 전국민의 친숙도를 매우 향상시켰다.

둘째, 에스토니아는 유럽의 다른 선진국들에 비해 IT 인프라가 매우 잘 구축되어 있다. 2007년 자료에 따르면 6세에서 74세이 이르는 인구 중 63%가 인터넷을 사용하며, 전체 가구의 53%가 컴퓨터를 소유하고 있으며, 53%의 가구 중 83%가 인터넷을 사용하는 것으로 나타났다. 또, 에스토니아 전체 납세자의 86%가 인터넷을 통해 세금을 납부한 경험이 있는 것으로 나타났다. 이처럼 에스토니아는 인터넷 보급률과 활용도가 매우 높은 국가이다. 물론 에스토니아가 약 135만명에 이르는 작은 나라이기 때문에 인프라의 구축이 수월한 측면도 있지만, 인프라 구축에 국가가 주도적으로 나섰음은 분명하다.

셋째, 에스토니아 국민의 80%는 eID 카드를 소지하고 있다. 원격 투표 방식에서는 직접선거와 비밀선거의 원칙을 보장하기 어렵다. 직접선거를 보증하기 위해서는 개인을 인증하기 위한 안전한 인증도구가 필요하고, 비밀선거의 원칙을 보장하기 위해서는 사회적 합의가 필요한데, 에스토니아의 eID 카드는 직접선거의 원칙을 보장하는데 큰 역할을 수행한다. 아래 [그림 4]는 에스토니아의 eID 카드를 나타낸다.



(그림 4) 에스토니아의 eID 카드

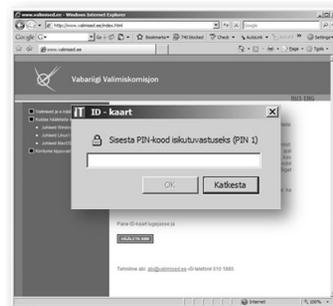
에스토니아의 eID 카드에는 전자서명과 인증서가 포함되어 있기 때문에 본 카드를 사용하면 개인에 대한 인증이 수월하다. 또 보안을 위해 2개의 비밀번호를 포함하고 있기 때문에 신뢰성을 확보할 수 있었다.

넷째, 에스토니아는 인터넷 전자투표 방식을 도입하기 위해 사회적 합의를 도출하였다. 인터넷 전자투표 방식은 기술적으로 비밀투표의 원칙을 보장할 수 없다. 그러나 에스토니아는 정부의 주도로 전자투표를 도입함으로써 얻을 수 있는 장점, 투표율이 상승함으로써 민주주의에 긍정적인 효과를 창출할 수 있다는 점을 부각시켜 인터넷 전자투표를 도입하기 위한 법적 기반 마련에 착수한다. 그 결과, 에스토니아는 인터넷 전자투표의 경우 비밀투표의 원칙이 훼손되는 점을 보완하기 위해 인터넷 투표에 한해서는 투표기간동안 유권자가 투표내용을 바꿀 수 있고, 최종 투표기록만 반영되도록 하는 법안을 제정하였다.

이러한 이유들로 인해 에스토니아는 전세계에서 최초로 총선에 인터넷 전자투표를 도입할 수 있었다. 에스토니아의 전자투표 과정은 [표 4]와 같다.

[표 4] 에스토니아 전자투표 과정

단계	설명
1단계	유권자는 카드리더기에 eID 카드를 넣고 전자투표 웹사이트에 접속
2단계	eID 카드의 PIN1을 입력하고, 서버는 PIN을 통해 등록된 유권자인지를 확인
3단계	유권자가 거주하는 선거구의 후보자가 화면에 출력되고 유권자는 원하는 후보자에게 투표
4단계	유권자는 PIN2를 입력하여 자신의 투표 결과를 확인 투표결과는 선거위원회의 공개키로 암호화한 후 유권자의 전자서명을 포함하여 서버로 전송
5단계	유권자의 전자서명을 삭제하고, 익명의 자료를 취합하여 개표
6단계	전자투표와 실제 투표 결과를 취합하여 집계

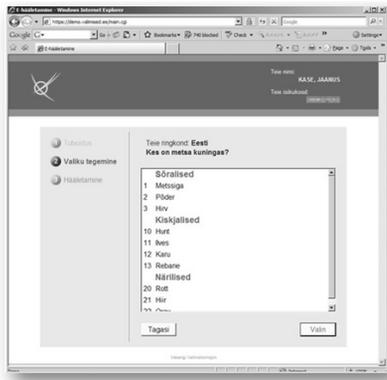


(그림 5) 투표 전 인증화면

아래 [그림 5]는 투표 전 인증과정을 나타낸다. 유권

자는 eID 카드의 PIN1을 사용하여 투표 전 유권자 인증을 완료할 수 있다.

실제 투표화면으로 넘어가면, 유권자가 현재 소속된 지역의 후보자 명단이 화면에 나타난다. 유권자는 화면에서 후보자를 선택하는 방법으로 간단히 투표를 진행할 수 있다. 아래 [그림 6]은 유권자가 실제 투표에 사용하는 화면을 나타낸다.



(그림 6) 인터넷 전자투표 화면

후보자를 선택하고 나면 유권자는 자신의 투표값이 정확한지 확인할 수 있다. 아래 [그림 7]은 유권자가 투표결과를 확인하는 화면을 나타낸다.



(그림 7) 투표 완료 화면

투표를 완료하기 위해 유권자는 자신의 투표결과를 확인하고 PIN2를 입력해야 한다. PIN2를 입력하고 나면 투표가 완료된다. 앞서 언급한 바와 같이 에스토니아

의 전자투표는 투표기간 중 유권자가 반복해서 투표를 할 수 있으며, 집계는 유권자가 마지막으로 투표한 결과를 사용한다.

특이한 점은 에스토니아의 경우, 2007년 전자투표에서 젊은층 못지않게 노령층의 전자투표 참여율도 매우 높게 나타났다[16]. 전체 전자투표 참여자 중 20대의 비율이 28.06%였는데, 60대 이상의 비율도 10.16으로 40대나 50대에 비해서는 오히려 더 높은 수치를 나타내었다. 이는 전자투표의 도입이 젊은층 뿐만 아니라 노령층에서도 주권의 수월한 행사를 유도할 수 있음을 의미한다.

## V. 결 론

선거는 민주주의의 근본이 되는 절차로 투표는 국민이 주권을 행사할 수 있는 소중한 기회이다. 그러나 최근 들어 국내를 비롯한 여러 국가에서 투표율이 지속적으로 하락하는 추세를 나타내면서 민주주의의 근간이 흔들리는 것은 아닌지 우려를 자아낸다.

전자투표는 투표의 준비, 투표, 투표결과의 집계 과정에 전자적인 기법을 도입하여 진행되는 투표로, 기존 투표에 비해 시간적, 공간적 비용의 절감효과, 투표율의 상승을 기대할 수 있어 미국, 영국을 비롯한 여러 유럽 국가에서 도입하거나, 도입을 준비하고 있다. 그러나 전자투표는 투표 과정에서의 안전성을 반드시 보장해야 하며, 사용자 인터페이스를 강화하여 정보화 소외계층 및 노령층의 참여를 유도해야 하는 과제를 포함하고 있다.

이에 본 고에서는 전자투표의 기본적인 개념과 사용자의 친숙도를 강화한 전자투표 방식을 살펴봄으로써 전자투표의 실용화 방안에 대해 살펴보았다.

전자투표는 방식에 따라 실용화 과정에서 차이가 있을 수 있는데, 투표기를 사용하는 경우 비용의 절감효과를 기대할 수 있지만, 대신 투표기의 신뢰성을 보장해야 하는 단점이 있었다. 투표기의 신뢰성을 보장하기 위해서는 필연적으로 사용자 친숙도가 저하되는데, 미국의 사례를 살펴볼 때 이는 쉽게 결정할 수 있는 부분이 아니다. 또 투표기를 사용하지 않는 전자투표의 경우 신뢰성에 대한 문제는 어느 정도 해결이 되지만 전자투표의 장점인 시간, 공간적 비용의 절감효과가 상쇄되는 효과가 나타났다.

따라서 에스토니아의 사례를 통해 살펴보았듯 전자투표의 도입에 있어서는 사회적 합의가 필수적이라 할 수 있다.

투표율이 하락하고 투표일을 공휴일로 여기는 것이 비단 외국의 사례만은 아니다. 국내 역시 최근 들어 급락하는 20대 유권자의 투표율 때문에 많은 고민거리를 낳고 있다. 전자투표의 도입은 분명 이러한 현상을 해결하는데 기여할 수 있다. 단, 전자투표의 도입을 위해서는 기술적인 안전성 보장, 사용자 편의성 보장 그리고 성숙한 시민문화를 바탕으로 한 사회적 합의가 반드시 선행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 중앙선거관리위원회, <http://www.nec.go.kr>
- [2] 디지털타임스 칼럼, [http://www.dt.co.kr/contents.html?article\\_no=2011012802010151697024](http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2011012802010151697024)
- [3] Election Incident Reporting System, <https://vote-protect.org>
- [4] 전자선거추진협의회, <http://www.e-voting.go.kr>
- [5] 이윤호, 이광우, 박상준, 김승주, 원동호, “향상된 사용자 편의성을 갖는 안전한 전자 투표 영수증 발급 방식”, 한국정보보호학회 논문지 제17권 제4호, 2007.08.
- [6] C.A.Neff and J.Adler, "Verifiable e-Voting:Indisputable Electronic Elections at PollingPlaces", [http://www.votehere.net/vhti/documentation/VH\\_VHTi\\_WhitePaper.pdf](http://www.votehere.net/vhti/documentation/VH_VHTi_WhitePaper.pdf), VoteHere Inc, 2003.
- [7] C.Karlof, N.Sastry and D.Wagner, "Cryptographic Voting Protocol : A Systems Perspective", Proc of 14th USENIX Security Symposium(USENIX 2005), pp33-50, 2005.
- [8] 이광우, 이윤호, 원동호, 김승주, “전자투표 신뢰성 향상을 위한 투표자 검증용 영수증 발급 기술”, 한국정보보호학회 논문지 제16권 제4호, 2006.08.
- [9] P.Golle, M.Jakobsson, A.Juels, and P.Syverson, "Universal Re-Encryption for Mixnets", CT-RSA 2004, LNCS 2964, pp38-47, Jan. 2004.
- [10] C.A.Neff, "A Verifiable Secret Shuffle and Its Application to E-Voting", Proc of the 8th ACM Conference on Computers and Communications Security, pp116-125, 2001.
- [11] 미국 대선 전자투표의 잠재적 위험, <http://www.idg.co.kr/newscenter/common/newCommonView.do?newsId=51831>
- [12] Peter Y.A. Ryan, and T.Peacock, "Pret a Voter: a System Perspective", <http://www.cs.ncl.ac.uk/research/pubs/trs/papers/929.pdf>, School of Computing Science, University of Newcastle, Sep. 2005.
- [13] D.Chaun, A.Essex, R.Carback, A.Sherman, J. Clark, S.Popoveniuc and P.Vora, "Scantegrity: End-to-End Voter-Verifiable Optical Scan Voting", IEEE Security & Privacy, pp40-46, Jun. 2008.
- [14] D.Chaun, P.Y.A.Ryan and S.Schneider, "A Practical Voter-Verifiable Election Scheme", Proc of 10th European Symposium on Research in Computer Security(ESORICS2005), LNCS3679, pp 118-139, 2005.
- [15] 조희정, “전자민주주의와 인터넷 투표 - 에스토니아 사례를 중심으로”, 한국정당학회 학회보 제7권 제2호, pp159-187, 2008.
- [16] R.Michael Alvarez, Thad E. Hall, and Alexander H. Trechsel, "Internet Voting in Comparative Perspective: The Case of Estonia", PS: Political Science & Politics Volume 42, Issue 03, pp497-505, Jun. 2009.
- [17] Yunho Lee, Sangjoon Park, Masahiro Mambo, Seungjoo Kim, and Dongho Won, "Towards trustworthy e-voting using paper receipts", Computer Standards & Interface, Volume 32, Issues 5-6, pp305-311, Oct. 2010.

## 〈著者紹介〉

**전 응렬 (Woongryul Jeon)**

학생회원

2006년 성균관대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)

2008년 성균관대학교 대학원 전기전자컴퓨터공학과(공학석사)

현재 성균관대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 전자투표, 키 교환 프로토콜, 암호이론, 정보보호제품 보안성 평가

**이 윤 호 (Yunho Lee)**

정회원

1993년 성균관대학교 정보공학과(공학석사)

1993년~2000년 한국통신(KT) 연구개발본부 전임연구원

2000년~2005년 KBS인터넷(주) 기술지원팀장

2008년 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과(공학박사)

2008년~현재 성균관대학교 연구교수

관심분야 : 전자투표, 암호이론, 정보보호응용, 워터마킹

**원 동 호 (Dongho Won)**

증신회원

1976년~1988년 성균관대학교 전자공학과 (학사, 석사, 박사)

1978년~1980년 한국전자통신연구원 전임연구원

1995년~1997년 성균관대학교 교학처장

1997년~1998년 정보화추진위원회 자문위원 (발령 정보화추진위원회 위원장 국무총리)

1999년~2001년 성균관대학교 정보통신대학원 원장

2002년~2003년 한국정보보호학회 회장

2002년~2004년 성균관대학교 연구처장

2005년~현재 정보보호인증기술연구소 소장

2009년~현재 성균관대학교 BK21 사업단장

관심분야 : 암호이론, 정보이론, 정보보호