9장 무결성 유지 기술

박 종 혁 교수

UCS Lab

Tel: 02-970-6702

Email: jhpark1@seoultech.ac.kr

개요

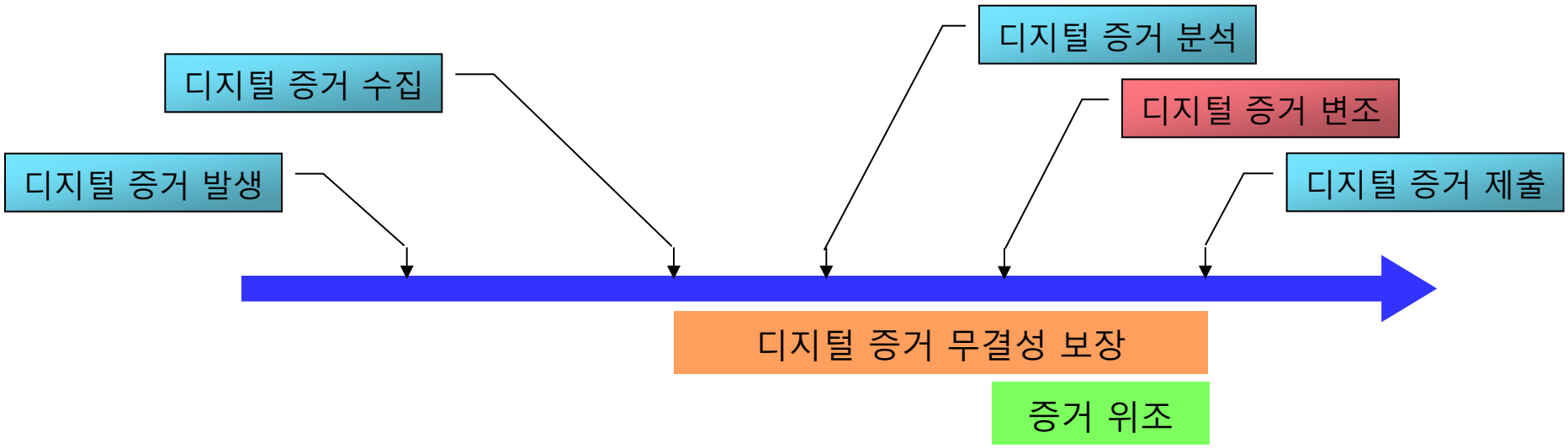
- 학습 목표
  - 디지털 데이터는 위변조가 쉬우므로 디지털 증거로 사용하기 위해서는 위변조를 입증할 수단이 필요하다. 이런 무결성 유지를 위해 필요한 수단인 전자 서명과 전자 서명의 요소인 해쉬함수를 학습한다.

- 학습 내용
  - 해쉬 함수
  - 전자 서명
  - 시점 확인 서비스
  - 디지털 증거의 인증

목 차

현재 디지털 증거 무결성 확보의 문제점

- 디지털 증거의 신뢰성
  - 디지털 증거가 위조되어 법정에 제출되는 경우
  - 디지털 증거가 위조되지 않았음에도 불구하고, 용의자 또는 피고소인이 디지털 증거가 위조되었을 가능성을 이유로, 증거 효력을 무력화시키려 하는 경우



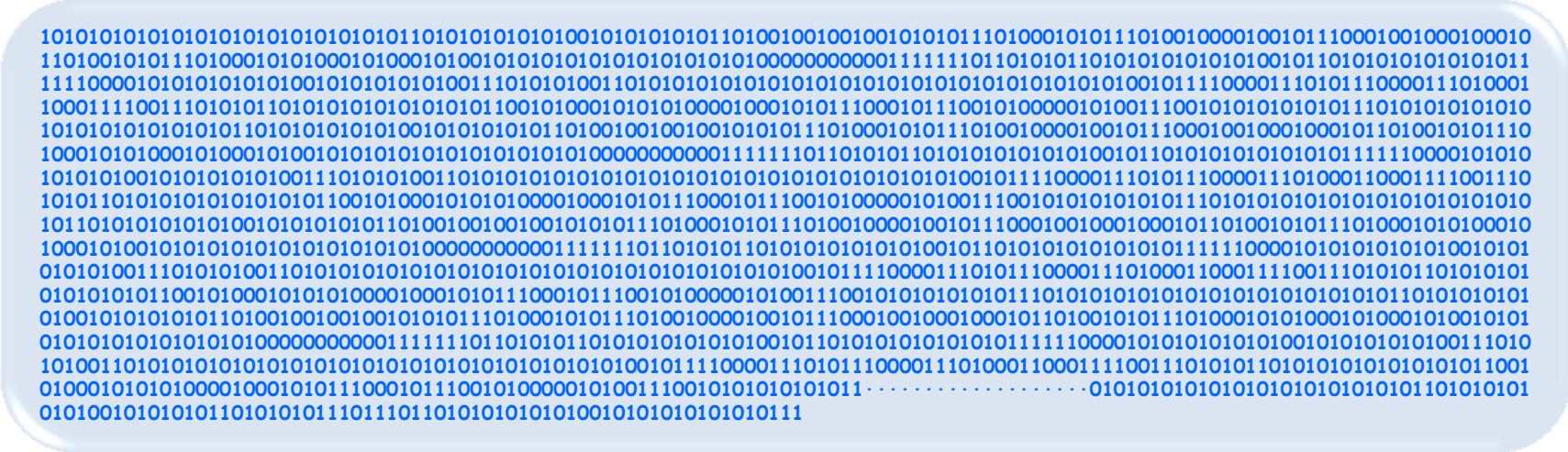
해쉬함수(1/10)

정 의 계산 용이성 (Ease of computation)

함수 h와 입력 x가 주어졌을 때, h(x)를 계산하는 것이 용이

정 의 압축성 (Compression) : 함수 h는 임의의 길이 입력 x를

길이가 n(비트)인 출력 h(x)에 대응



HAS-160, SHA-1 의 경우 160 비트 출력

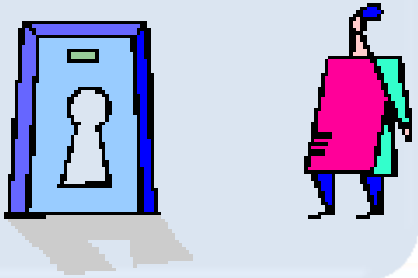
해쉬함수(2/10)

응 용 전용 해쉬 함수의 응용분야

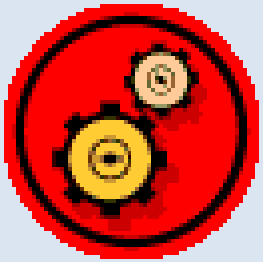
◈ 데이터 무결성 검사

◈ 전자서명

◈ 인증



◈ 난수 생성기



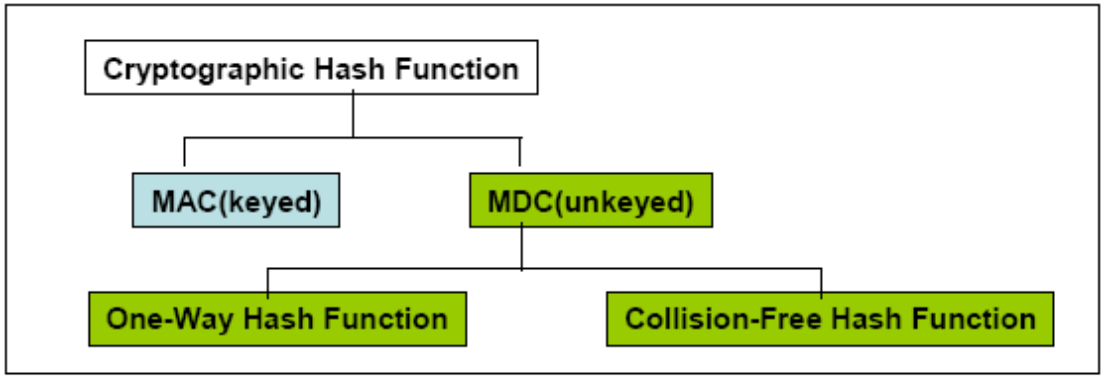
해쉬함수(3/10)

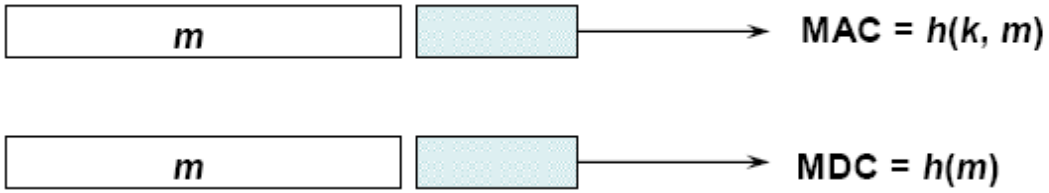
필요성 암호학적 해쉬함수는 왜 필요한가?

무결성	악의적인 사용자에 의한 데이터 위변조 확인
효율성	데이터의 거대화 방지 전자서명시 연산의 효율성을 증대시킴

해쉬함수 (4/10)

분류 키 사용 유무에 따른 해쉬함수의 분류





해쉬함수(5/10)

성질 안전성 측면에서 고려되어야 할 중요한 성질

역상 저항성 (Preimage Resistance)	y가 주어지고, $h(x)=y$ 인 x 를 찾는 것이 어려움
제 2 역상 저항성 (2^{nd}-Preimage Resistance)	$h(x)=y$ 인 x 와 y가 주어지고, $h(x')=y$ 인 $x'(\neq x)$를 찾는 것이 어려움
충돌 저항성 (Collision Resistance)	$h(x)=h(x')$인 $x, x'(\neq x)$ 를 찾는 것이 어려움

해쉬함수(6/10)

특 성 해쉬함수의 안전성 성질들 간의 관계

- 역상저항성 !➔ 제 2역상저항성
- 제2역상저항성 !➔ 역상저항성
- 충돌저항성 ➔ 제2역상저항성

해쉬함수(7/10)

생일역설 생일 역설(Birthday paradox)과 해쉬함수의 안전성

생일 역설

가능한 데이터의 개수가 2^n일 때, $2^{n/2}$정도의 데이터가 있으면 일치하는 데이터가 존재할 확률이 ½보다 크다.

- 어느 집단에서 생일이 같은 한 쌍이상의 학생이 존재할 확률(p)이 0.5이상이 되기 위한 학생수(r) ?
- p = 1 - 1(1-1/n)(1-2/n) .... (1-{r-1}/n)
- When n=365 and r >= 23, p >= 0.5

해쉬함수(8/10)

생일역설 생일 역설(Birthday paradox)과 해쉬함수의 안전성

해쉬함수의 안전성

해쉬함수의 출력길이가 n비트이면, 생일 역설에 의해 그 해쉬함수의 안전성은 $2^{n/2}$를 넘을 수 없다.

- MD4, MD5의 경우 : 해쉬함수의 출력 길이가 128비트이므로 해쉬함수의 안전성은 2^{64}
- HAS-160, SHA-1의 경우 : 해쉬함수의 출력 길이가 160 비트이므로 해쉬함수의 안전성은 2^{80}
- SHA-256 의 경우 : 해쉬함수의 출력 길이가 256비트이므로 해쉬함수의 안전성은 2^{128}

해쉬함수(9/10)

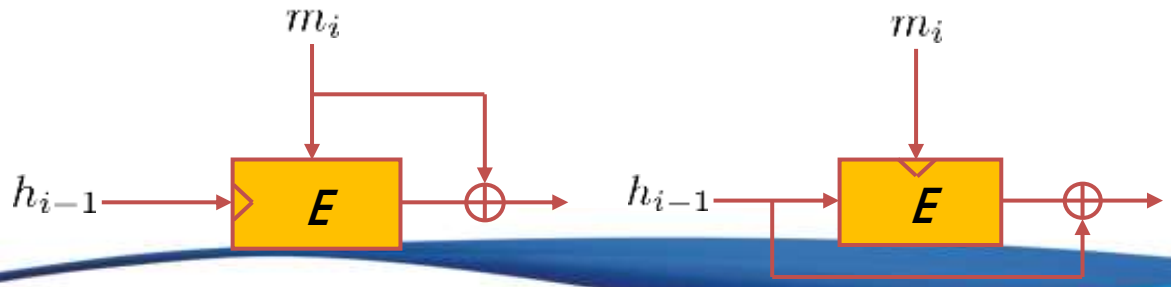
MD 구성방법 1989년 CRYPTO에서 Merkle과 Damgard에 의해 제안됨

설계논리	고정된 입출력 크기를 갖는 함수를 이용하여 임의의 길이의 입력값을 다루는 해쉬 함수를 구성하는 방법
압축함수(f)	고정된 입출력 크기를 갖는 함수 : 압축함수(Compression function)

해쉬함수(10/10)

압축함수 설계논리 해쉬함수의 기반이 되는 압축함수의 설계논리에 따른 분류

전용 해쉬함수	MD4. MD5, SHA-1, SHA-2, HAS-160 등과 같이 순수하게 해쉬함수로서 이용되기 위하여 설계됨
블록암호(E)기반 해쉬함수	블록암호를 기반으로 역상저항성을 만족하도록 변형하여 설계됨(MDC-2, MDC-4, PGV 모델)



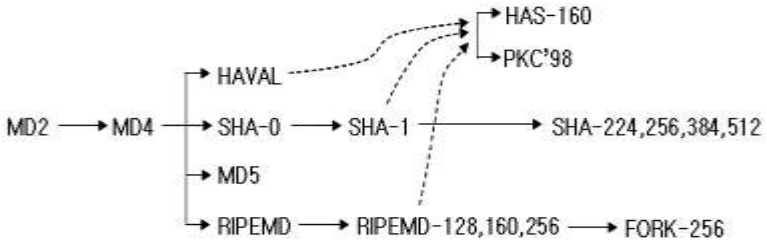
해쉬 함수의 안전성

- 해쉬 함수의 충돌 쌍을 효과적으로 찾을 수 있는 공격법이 개발
  - 표준 해쉬 함수를 만들기 위한 프로젝트가 미국 NIST에서 진행
- **MD5에서 충돌 쌍이 발견되어 안전성에 대한 문제가 제기**
  - 문제 원인 : 제 2 역상을 발견할 수 있어야 하는데, 충돌 쌍을 발견하는 것과 제 2 역상을 발견하는 것은 근본적인 차이가 있으며, 제 2 역상을 효과적으로 찾는 방법은 알려져 있지 않음
  - 무결성 유지를 위한 MD5 해쉬 함수의 사용 문제 없음
- **향후 SHA-3를 사용하는 것이 바람직함**
  - 새롭게 표준 해쉬 함수 SHA-3를 개발하고 있으며, 안전도에 대한 기준이 80비트에서 128비트 변화

해쉬함수 설계 및 분석동향 (1/4)

MD 계열 전용 해쉬함수 설계 동향

- 1989 MD2
- 1990 MD4, RIPEMD
- 1991 SHA-0
- 1992 MD5, HAVAL
- 1993 SHA-1
- 1996 RIPEMD-128,160, Tiger
- 2000 HAS-160,Whirlpool, SHA-256,384,512
- 2002 SHA-224



해쉬함수 설계 및 분석동향 (2/4)

분석동향 전용 해쉬 함수의 분석 사례

◈ 2004 : MD4, MD5, HAVAL, RIPEMD 분석

◈ 2005 : SHA-0, SHA-1 분석

해쉬함수 응용환경에 대한 공격

- MD4와 MD5 기반 HMAC/NMAC에 대한 키 복구
- MD4와 MD5 기반 APOP 프로토콜에서의 키 복구 공격

But

- 충돌쌍 공격은 발견되었지만, 실제 응용환경에 적용 가능한 제 2 역상 공격은 발견되지 않았다.

해쉬함수 설계 및 분석동향 (3/4)

표준화 NIST 해쉬함수 표준 공모

- 다양한 H/W & S/W 환경에서 구현 가능 (8, 32, 64 비트 플랫폼)
- 256 비트 이상의 메시지 입력
- 224, 256, 384, 512 비트 해쉬 값 생성

- 해쉬함수 후보 제출 마감 : 2008년 10월 31일
- 제 1 차 후보 선정 : 2008년 12월 9일
  (기본 요구사항을 만족하는 알고리즘 선정)
- 제 2 차 후보 선정 : 2009년 7월 24일 (안전성 분석을 통한 알고리즘 선정)
- 제 3 차 후보 선정 : 2010년 8월 예정
- 최종 알고리즘 선정 : 2012년 2월 예정

해쉬함수 설계 및 분석동향 (4/4)

수명 HAS-160 / SHA-1 사용기간

◆ SHA-1은 2010년 이후 충돌저항성이 만족되어야 하는 모든 응용분야에서 사용을 금해야 한다.

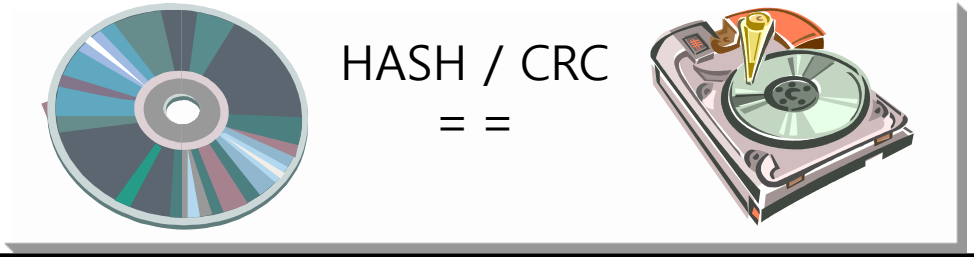
- 전자서명 / 디지털 타임 스탬프 등등
- 2010년 이후부터는 SHA-2를 이용하여야만 한다.
- SHA-1은 2010년 이후 HMACs / KDFs / RNGs에서만 이용될 수 있음

◆ HAS-160은 현재까지 전체 라운드에 대한 충돌쌍 공격이 알려져 있지 않음

- SHA-1에 비하여 메시지 확산과정이 좋음
- 하지만 2010년 이후에는 SHA-2와 같이 해쉬값의 길이가 256비트인 국내 표준 해쉬함수의 개발이 요구됨

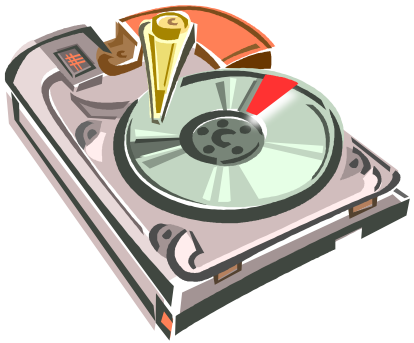
해쉬함수를 이용한 증거 위변조 방지

- 비트 스트림 복제(**Bit Stream Clone**) 방식으로 저장매체를 전체 복사하여 하드 디스크 드라이브 이미지를 생성한 후, 해쉬함수를 적용
- 해쉬 및 오류 검증 알고리즘을 저장매체와 이미지에 적용
  - 해쉬 알고리즘 (Hash Algorithm)의 특성
    - 원본 데이터를 1-bit만 바꿔도 해쉬 함수의 결과 값은 전혀 다른 출력 값을 생성하기 때문에, 증거 무결성에 활용되고 있음
  - 오류 검증 알고리즘의 특성
    - CRC (Cyclic Redundancy Check) : 전송 데이터 내에 에러가 있는지를 확인하기 위한 방법 중의 하나
    - 검증값이 불일치하면 데이터에 오류가 존재함

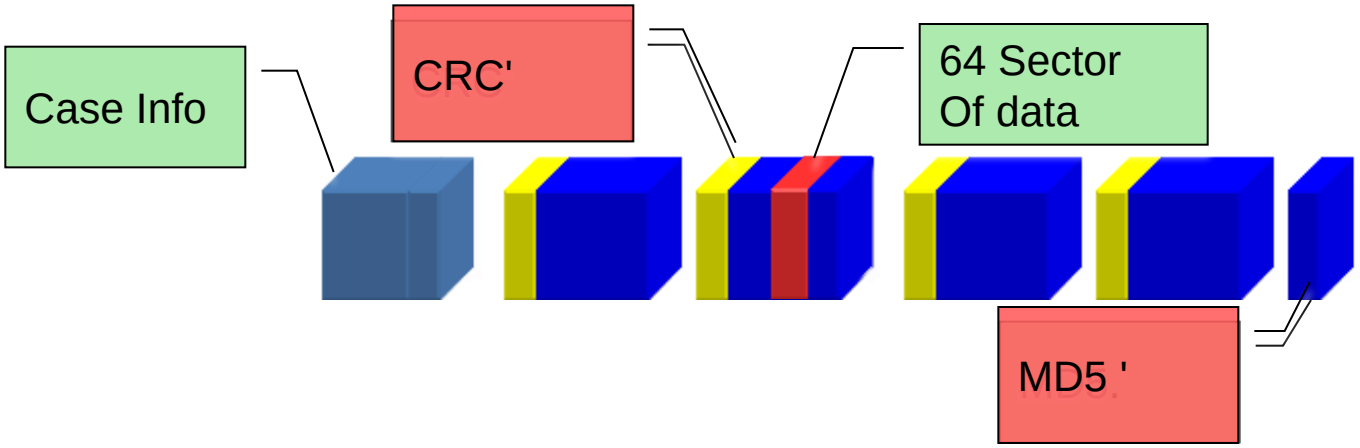


해쉬 및 오류 검증 알고리즘을 원본 Disk와 Disk Image에 적용하여 보관한 뒤, 법정 증거 제출 시 무결성을 주장

EnCase의 디지털 증거 무결성 확보 방법



Disk Imaging



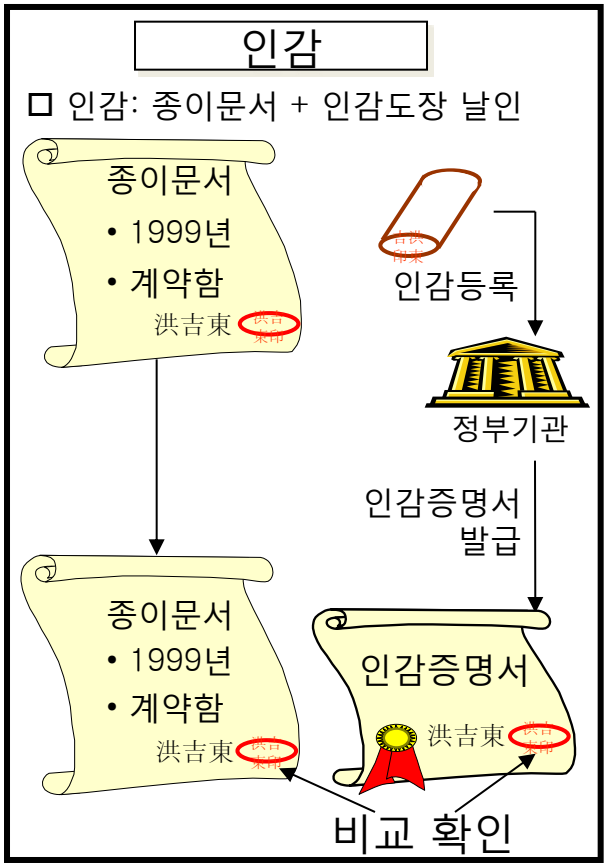
$$V = h(H) = h(I) \qquad V' = h(H') = h(I')$$

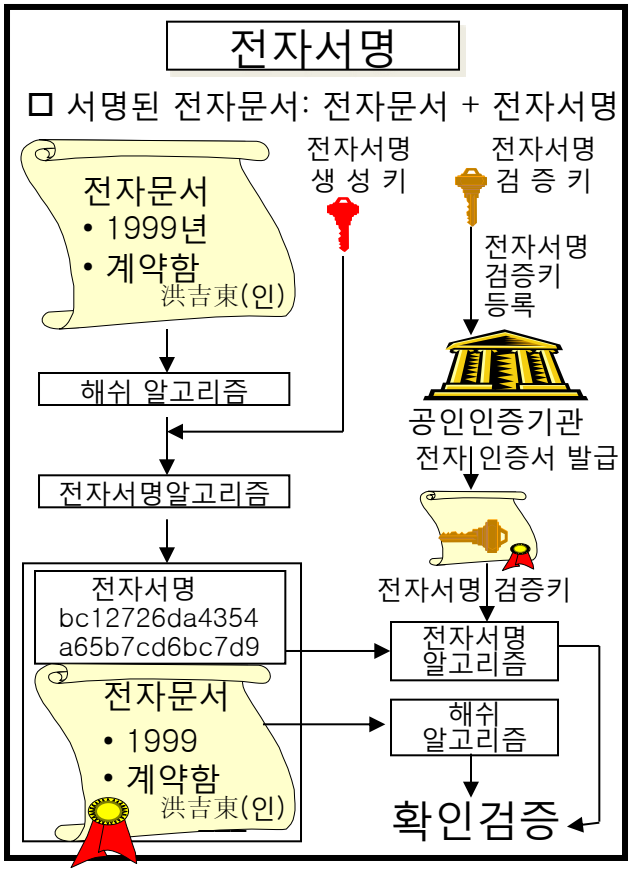
전자서명

- 현재 사용되고 있는 도장이나 서명을 디지털로 실현(사용자 인증+메시지 인증)

- 특징
  - 무결성(Integrity) : 서명한 데이터의 전송 과정에서 변형되지 않음
  - 위조 불가(Unforgeable) : 서명자만이 서명 생성가능
  - 서명자 인증(Authentic) : 서명자를 확인 가능
  - 재사용 불가(Not Reusable) : 다른 문서의 서명으로 사용불가
  - 변경 불가(Unalterable) : 서명된 문서의 내용 변경 불가
  - 부인 불가(Nonrepudiation) : 서명 사실 부인 불가

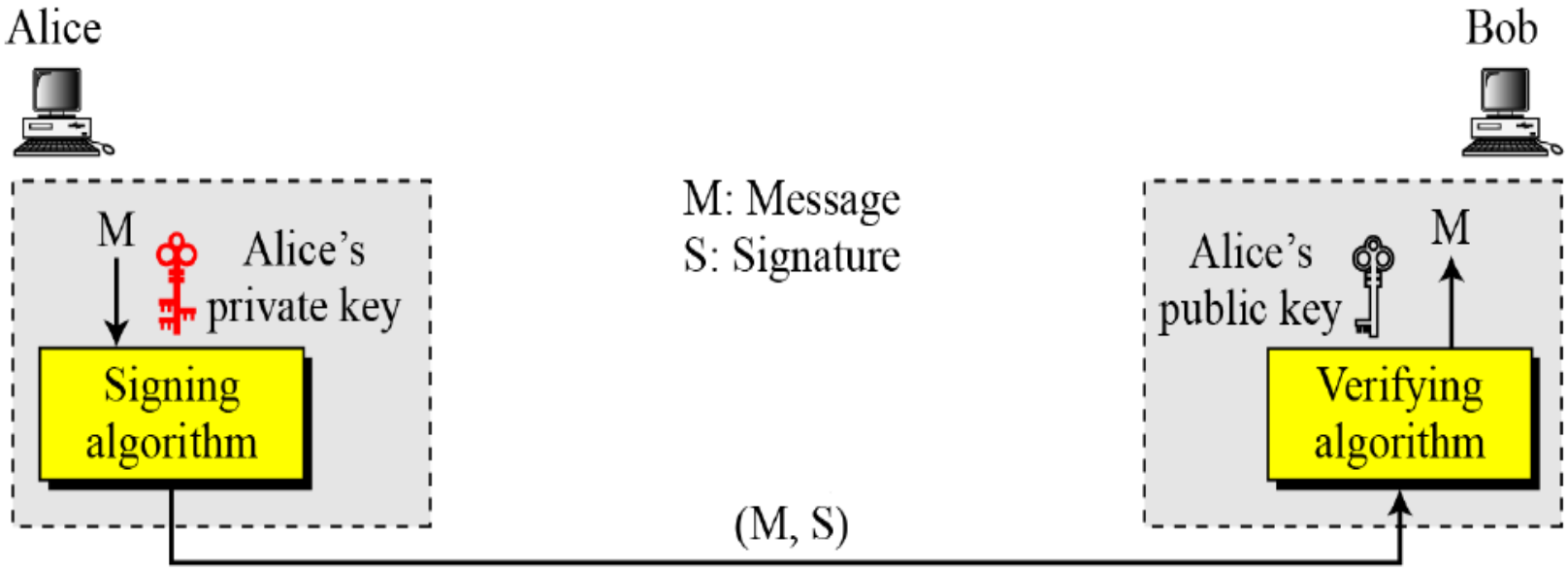
전자서명


인감
□ 인감: 종이문서 + 인감도장 날인
종이문서
• 1999년
• 계약함
洪吉東
인감등록
정부기관
인감증명서
발급
종이문서
• 1999년
• 계약함
洪吉東
인감증명서
洪吉東
비교 확인


전자서명
□ 서명된 전자문서: 전자문서 + 전자서명
전자문서
• 1999년
• 계약함
洪吉東(인)
전자서명
생 성 키
전자서명
검 증 키
전자서명
검증키
등록
해쉬 알고리즘
공인인증기관
전자인증서 발급
전자서명알고리즘
전자서명
검증키
전자서명
bc12726da4354
a65b7cd6bc7d9
전자서명
알고리즘
전자문서
• 1999
• 계약함
洪吉東(인)
해쉬
알고리즘
확인검증

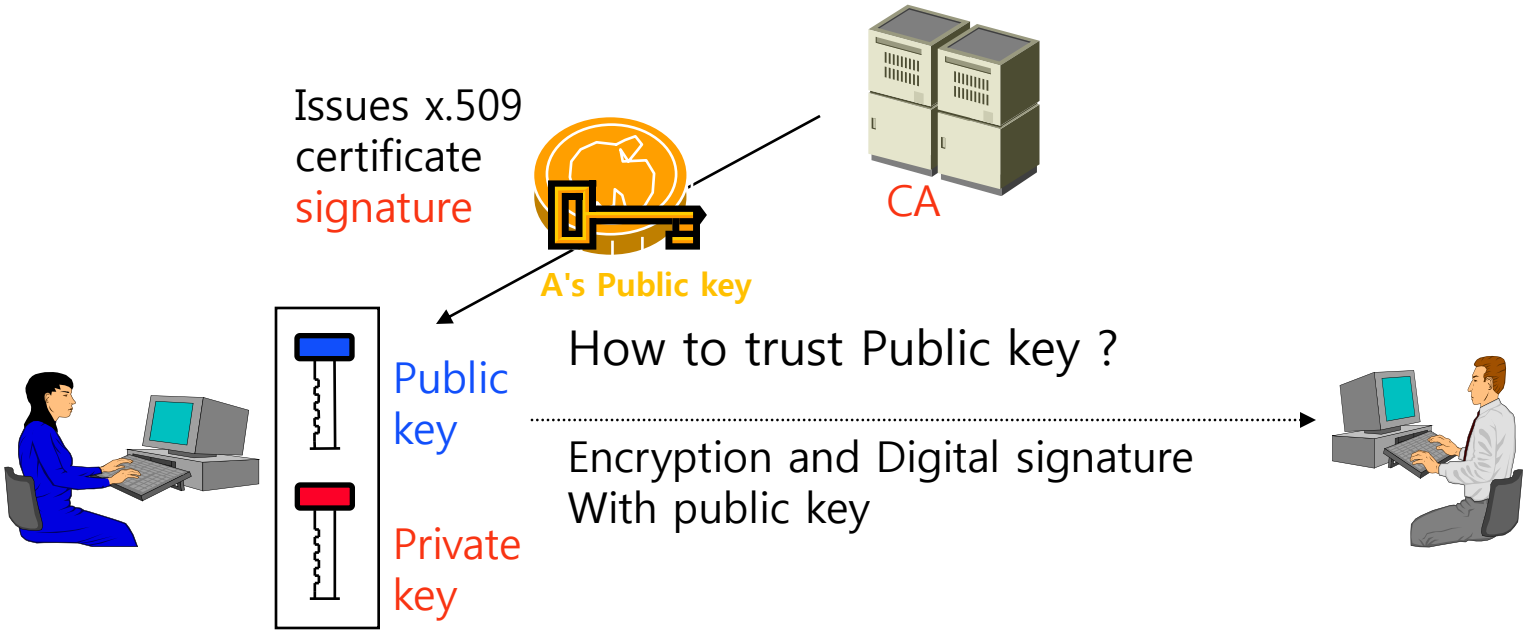
전자 서명

- 전자 서명의 동작 원리



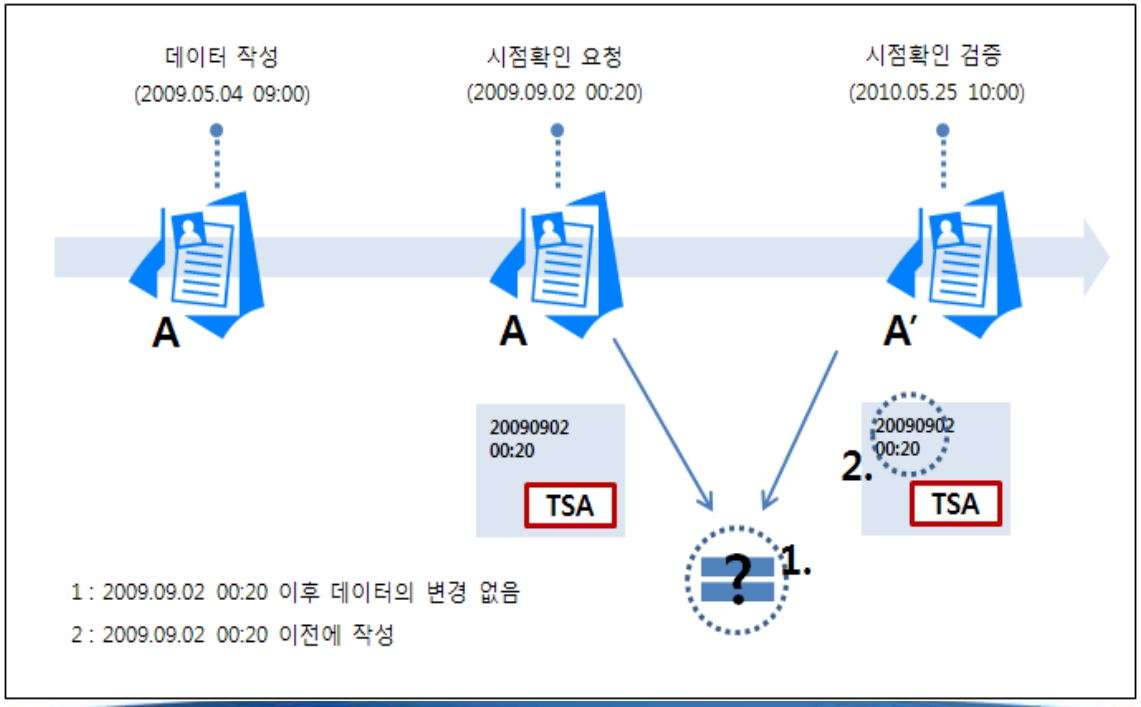
공개키 기반 구조(PKI)

- 공개키 등록,유지,폐기 등의 관리체계가 필요



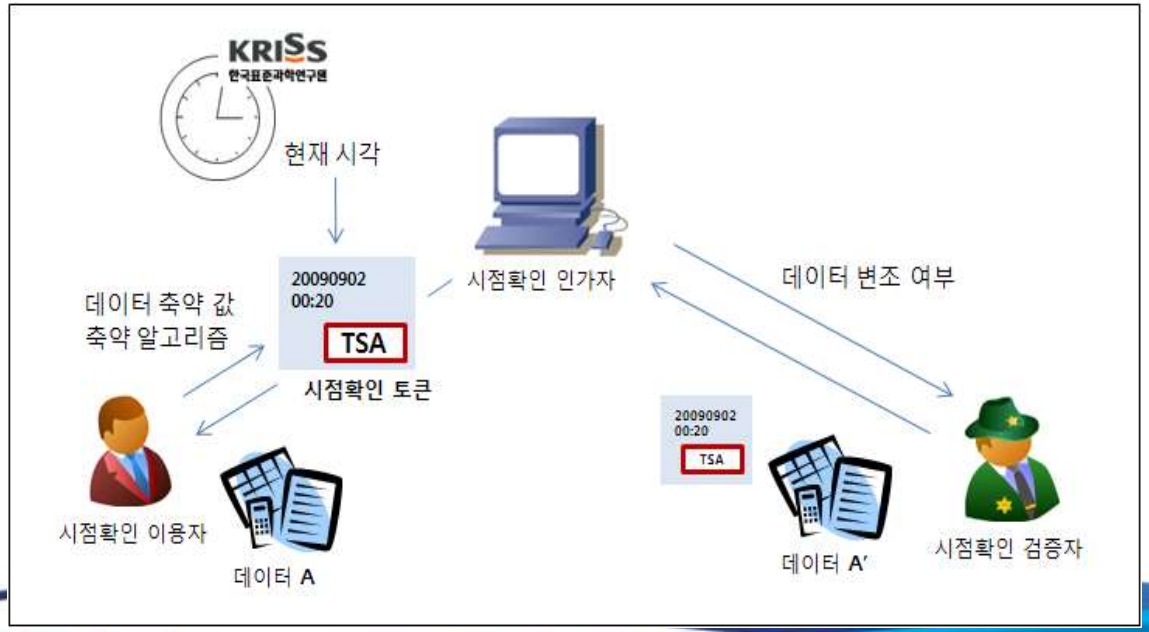
시점 확인 서비스(Time Stamping Service)

- 임의의 디지털 데이터가 특정한 시점에 존재하였으며, 특정 시점 이후에는 데이터의 내용이 변경되지 않았음을 증명해주는 서비스
- 디지털 데이터와 객관적인 시각 정보를 결합한 뒤 제 **3**자의 전자 서명을 거쳐 시점 확인 토큰**(Time Stamping Token)**을 생성



시점 확인 서비스(Time Stamping Service)

- 전자 서명과의 차이
  - 전자 서명 : 누가 서명 했느냐에 초점
  - 시점 확인 서비스 : 언제 서명했느냐에 초점
- 시점 확인 서비스의 주체
  - 시점확인 인가자(Time Stamping Authority, TSA) : 토큰 발행
  - 시점확인 이용자 : 시점 확인 요청
  - 시점확인 검증자 : 이용자 및 토큰의 유효성 검증

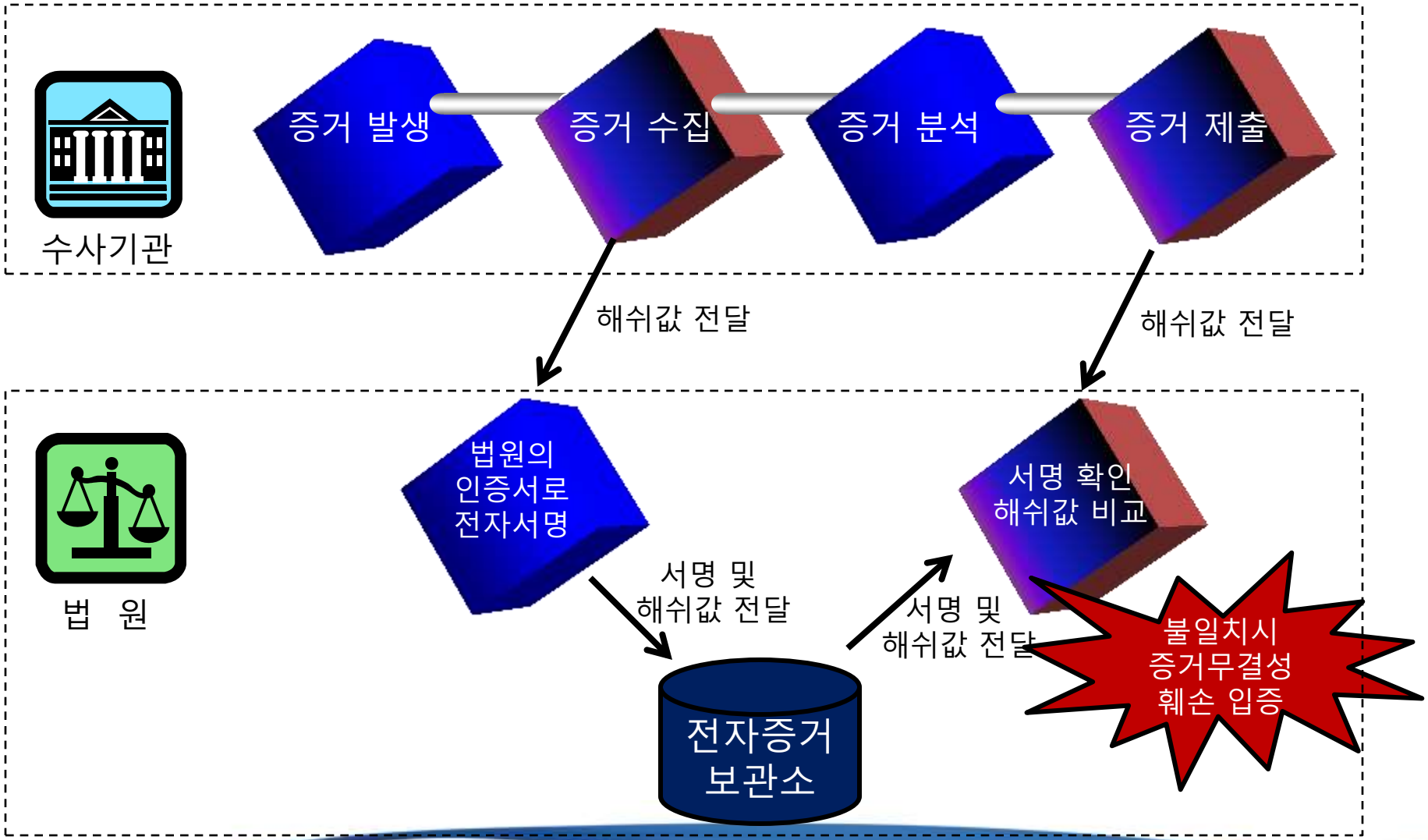


시점 확인 서비스(Time Stamping Service)

- 시점확인 인가자 : 토큰의 무결성 검증을 위해서는 신뢰할수 있는 제 3의 기관(Third Trusted Party, TTP)
  - 한국정보인증, 코스콤 공인인증센터, 금융결제원 전자인증센터

- 시점확인 토큰에 디지털 데이터의 존재성과 무결성에 대한 법적 효력을 명시적으로 부여하고 있지 않음
  - 공인전자서명의 경우 전자서명법 제3조 2항에 의거 서명자 본인 추정력과 내용의 무결성이 인정
  - TTP에 의해 발급된 시점확인 토큰이 디지털 데이터의 존재 시점과 무결성을 입증하기 위해 사용될 수 있음

디지털 증거의 인증


수사기관
증거 발생
증거 수집
증거 분석
증거 제출
해쉬값 전달
해쉬값 전달
법 원
법원의
인증서로
전자서명
서명 확인
해쉬값 비교
서명 및
해쉬값 전달
서명 및
해쉬값 전달
불일치시
증거무결성
훼손 입증
전자증거
보관소

Q & A