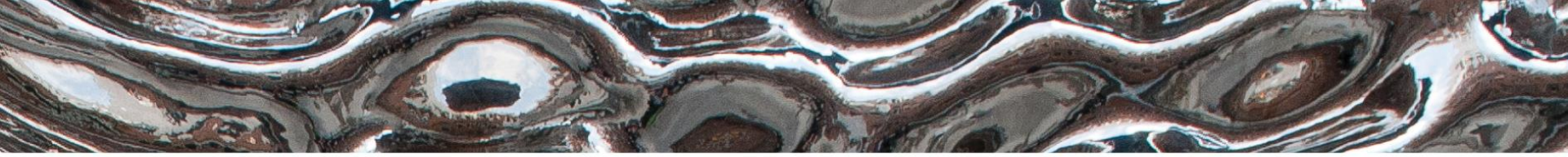


UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN1020 - Introduksjon til datateknologi

Kryptering i datakommunikasjon og som sikkerhetstiltak

27.10.2022

Kristin Skar & Håkon Kvale Stensland

simula

Plan for ”nettverksdelen” av IN1020

- *8. september - Introduksjon til operativsystemer*
- *20. oktober – Nettverk 101 – Introduksjon og historie*
- *26. oktober – Lagdeling og nettverksprotokoller*
- **27. oktober – Kryptering i datakommunikasjon og som sikkerhetstiltak**
- 2. november – Hvordan fungerer din trådløse ruter?
- 3. november – Tjenester i Internett

Introduksjon til kryptografi

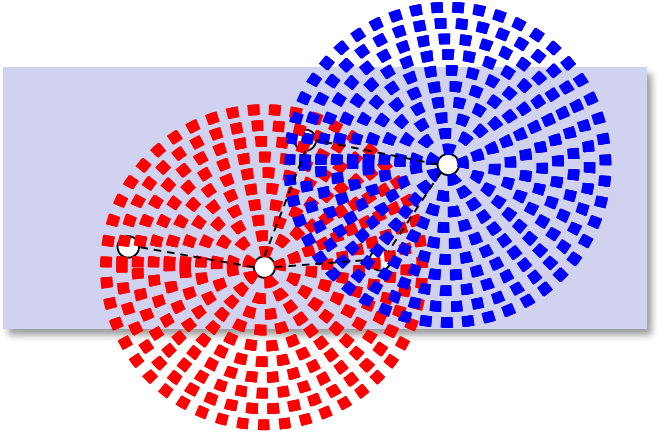
- Hvorfor trenger vi kryptografi?
- Hva er kryptografi?
- Hvordan ”knekke” en kryptering.
- Hemmelig nøkkelkryptering.
- Hash-algoritmer.
- Offentlig nøkkelkryptering.

Repetisjon: Nettverksstrukturer

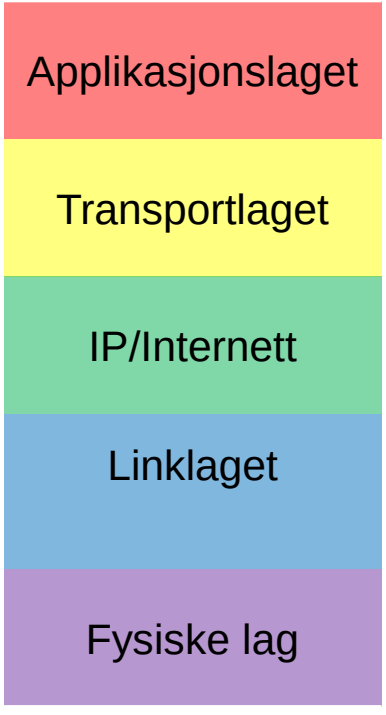
Broadcast-systemer:

- *Radio:*
  - WiFi (IEEE 802.11)
  - Mobiltelefoni: 3G, 4G, 5G
  - Satellitt

- ***Egenskaper:***
  - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig…
  - Feildeteksjon er viktig.
  - **Når en node sender kan alle noder som er i rekkevidde lytte på kommunikasjonen!**



Kryptering og sikkerhet i nettverket



Secure Sockets Layer – (**https**) Kryptering for ende-til-ende Applikasjoner – f.eks. nettbank eller butikker.

VPN (IPSEC etc.) – Kobler to nettverk sammen så det fungerer som ett LAN selv om de er fysisk adskilt

WPA – WiFi Protected Access - Kryptering på trådløse nettverk, krypterer forbindelsen mellom deg og aksesspunkt/ruter.

Kryptering på flere lag gjør det vanskeligere for uvedkomne å lytte til kommunikasjonen. Adressen (avsender / mottakeren) er vanskelig å kryptere, da router må vite hvor pakken skal leveres.

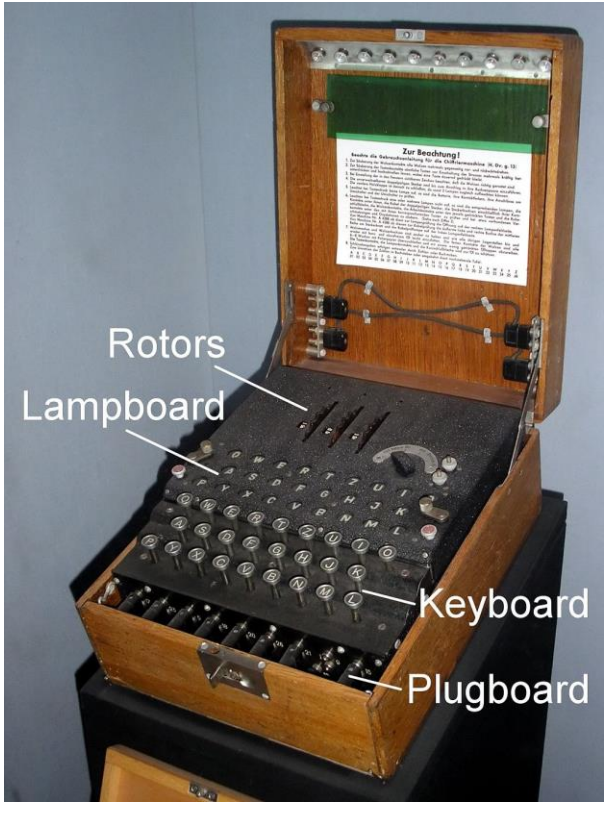
Kryptografi: Viktige definisjoner

- Beskjeder:
  - Plaintext / Klar tekst
  - Ciphertext / Kryptert tekst
- Ingredienser:
  - Algoritmer
  - Nøkler

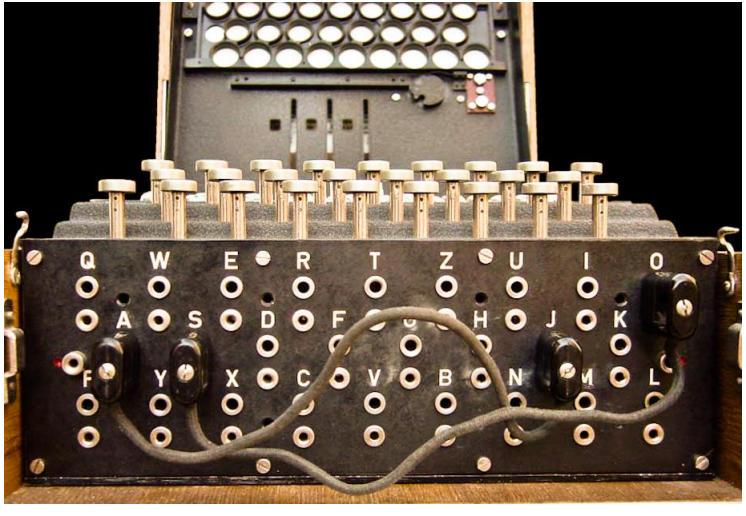
Hemmelige koder

- Cæsarchiffer
  - Skifte bokstaver 3 ganger fremover
    - DOZEN → GRCHQ
- Dekoderringer
  - Substituer bokstaver *n* bokstaver videre (*n* = 1..25)
    - HAL → IBM (*n* = 1)
- Monoalfabetisk chiffer
  - Tilfeldig mapping (26! = 4.03291461 × 10^{26})
    - 1 ms / forsøk → 10M år… *MEN*, bokstavfrekvens er en svakhet...

Enigma



Enigma er basert på en polyalfabetisk chiffer



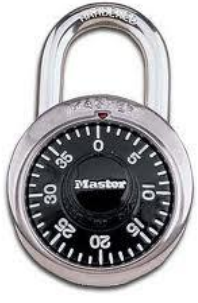
Images from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Enigma_machine

Hvordan ”knekke” en kryptering

- *Kun Ciphertext / kryptert tekst*
  - Prøve alle forskjellige nøkler (brute-force)
  - Trenger en lang nok chipertext
- *Deler av plaintext / klar tekst*
  - Har chipertext, sammenligne med forventede verdier
  - *Brukt mot den Japanske marinen i WW2*
- *Finne svakheter i krypteringsalgoritme*
- Finne svakheter i implementasjonen av algoritmen

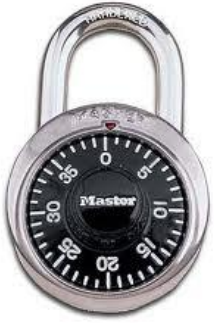
Kompleksitet vs. ”Brute-force”

- Algoritmen bør være effektiv å bruke
- Sikkerheten er avhengig av hvor komplekst koder er å knekke
- Eksempel: Kombinasjonslås
  - 3 tall, mellom 1 og 40 – 10 sekunder per forsøk
  - 4 tall mellom 1 og 40 – 13 sekunder per forsøk



Kompleksitet

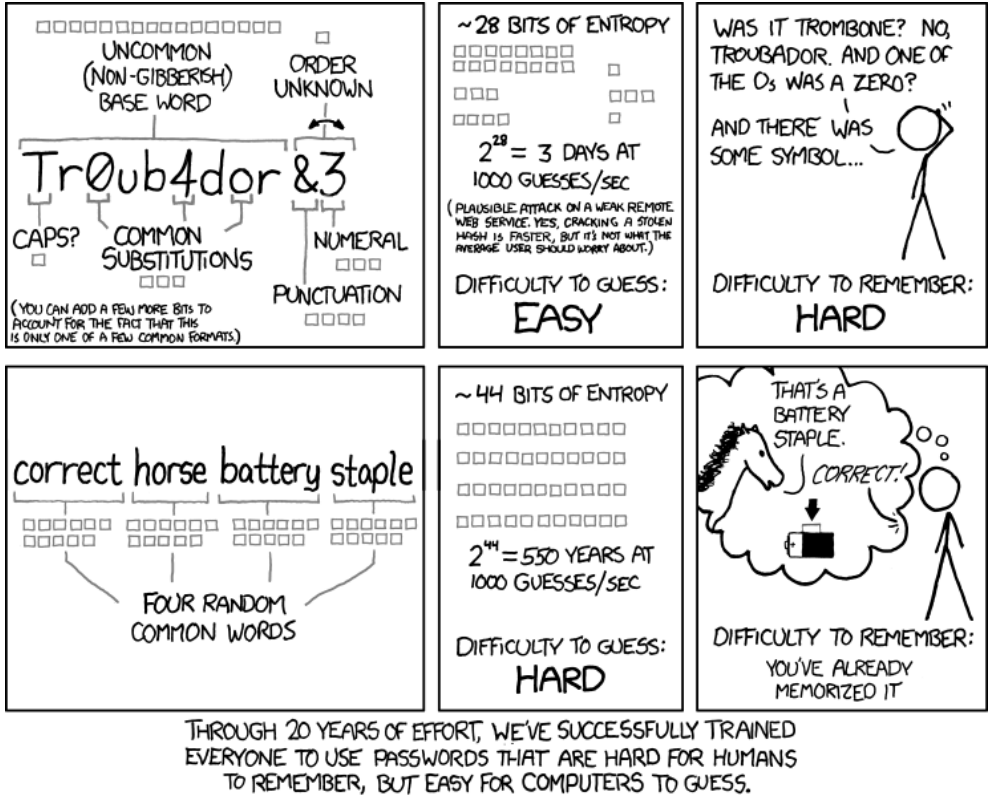
- Kombinasjonslås
  - 3 tall, mellom 1 og 40 – 10 sekunder per forsøk
    - Antall kombinasjoner: $40^3 = 64.000$
    - 178 timer
  - 4 tall, 13 sekunder per forsøk
    - $40^4 = 2,560.000$
    - 9244 timer



Brute-force av kombinasjonslås med utnyttelse av svakheter:
https://youtu.be/09UgmwtL12c

Hva er egentlig et god passord?

- De mest vanlige passordene i 2022:
  - 123456, 123456789, qwerty, password, 1234567
- Passord generert med verktøy som 1Password?
  - cdHAY2DIVrX'+3Pt
- «Passphrase»:
  - laptop wrapped bow keyboard!



Frekvensanalyse

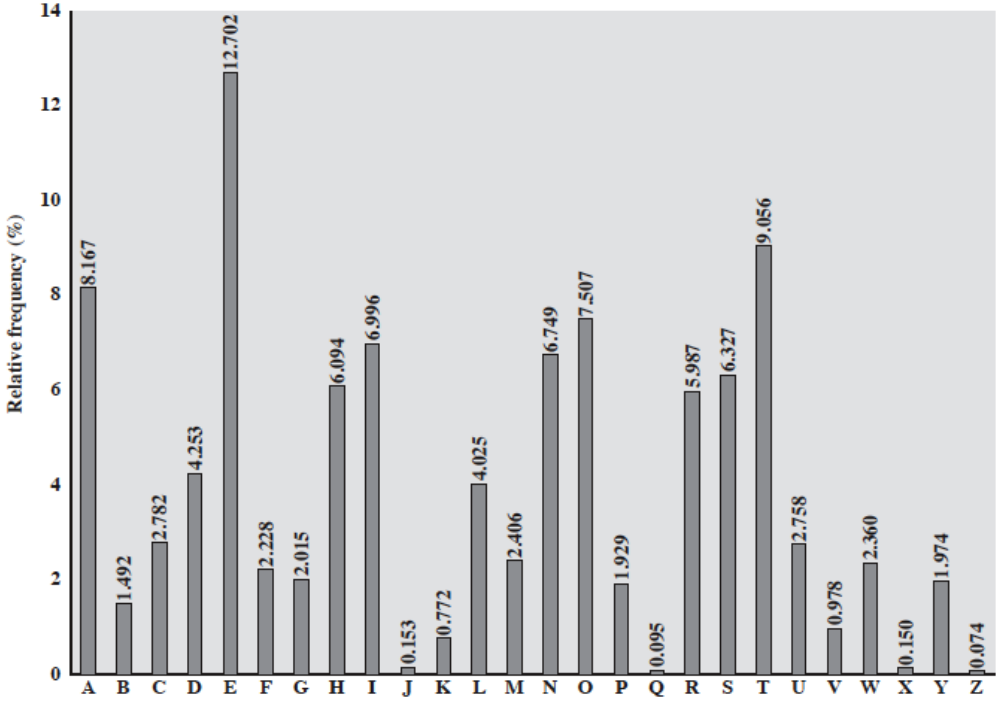


Figure 2.5 Relative Frequency of Letters in English Text

- Følgende passord:
  - Interdisciplinary
    Knekkes på få sekunder
  - Hvorfor? Er jo 18 tegn...
- Bruke av avskjæringer:
  - Frekvensanalyse
  - Bruk av ordlister

[Fra *Stallings, Cryptography & Network Security*]

16. Oktober 2017

Sikkerhet i trådløse nettverk?

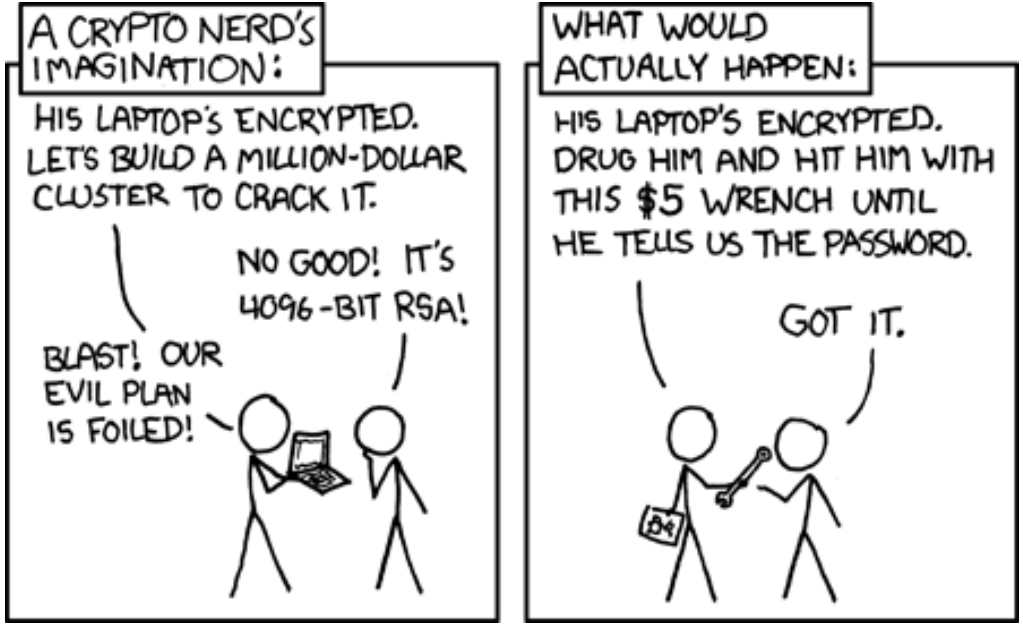
- Svakhet i protokoller og algoritmer
  - Key Reinstallation Attacks (KRACK)
    - Svakheter i ”handshake” mellom enheter
  - Svakheter i implementasjoner

KRACK: Svakheter i WPA:
https://www.krackattacks.com/

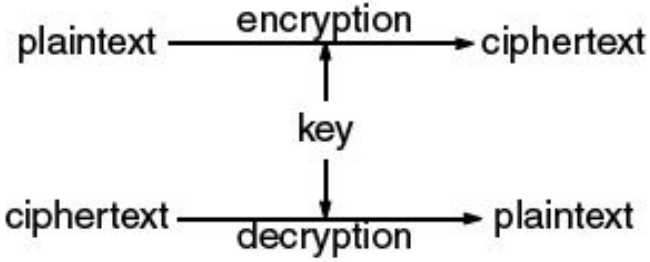
- Brute-force”
  - Teste alle mulige kombinasjoner
  - Moderne GPUer kan teste flere milliarder passord i sekundet
    - 8 siffer = Få sekunder
    - 8 store og små bokstaver = 2 minutter
    - 8 store og små bokstaver samt tall og symboler = 39 minutter
  - Ordbokangrep

Forskjellige typer kryptering

- *Symmetrisk kryptering*
  - *Hemmelig nøkkelkryptering*
  - En nøkkel: Men må deles mellom sender og mottaker)
- *Hash-algoritmer*
  - Enveis identifikasjon
  - Ingen nøkkel
- *Asymmetrisk kryptering*
  - Offentlig nøkkelkryptering
  - To nøkler:
    - Privat
    - Offentlig



Symmetrisk kryptering



Også kjent som “vanlig kryptering”

- To typer:
  - Block cipher (DES, 3DES, AES)
  - Stream cipher (RC4)
- Per dags dato er «block cipher» mest brukt, og gjerne i blokker på 128-bits (AES)

Anvendelse av symmetrisk kryptering

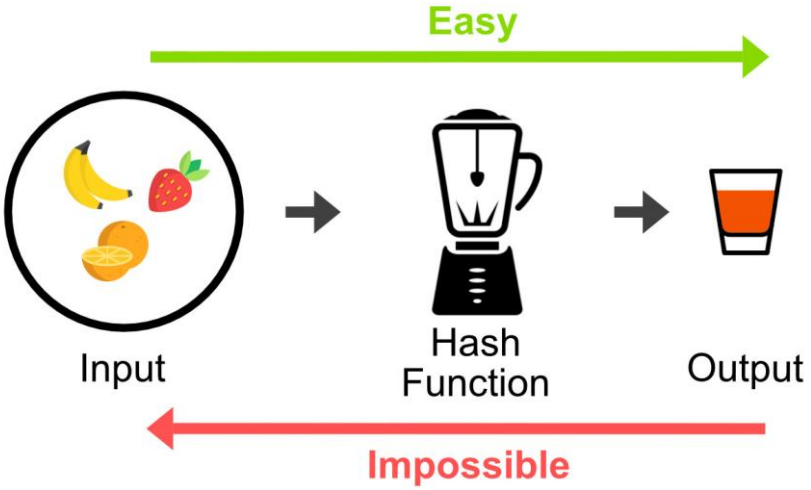
- Opererer med **identisk nøkkel** til kryptering og dekryptering.
- Anvendes til kryptering av data, kryptering av meldinger

- **Hvilke sikkerhetsmål kan ivaretas?**
  - Konfidensialitet? **JA**
  - Integritet? I praksis **JA**
  - Autentisitet til dataopprinnelse? I praksis **JA**
  - Uavviselighet? **NEI**

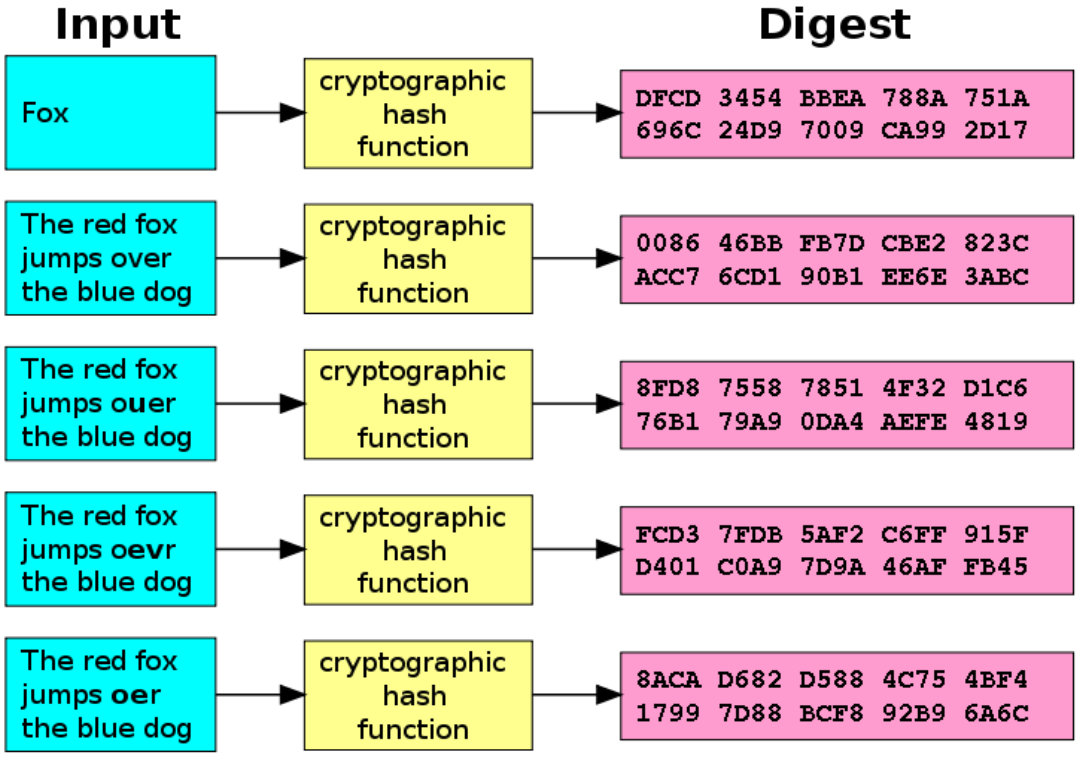
- Farer: Nøkkel på avveie, nøkkel tapt

Kryptografiske enveisfunksjoner (hash-funksjoner)

- Sjekke dataintegritet / ikke-reverserbar
- Kriterier for en god sjekksumalgoritme:
  - Enkelt å regne ut sjekksum for en gitt beskjed.
  - Ikke mulig (vanskelig) å finne en beskjed for en gitt sjekksum.
  - Ikke mulig (vanskelig) å endre en beskjed uten at sjekksummen blir endret.
  - Ikke mulig (vanskelig) å finne to forskjellige beskjeder med same sjekksum

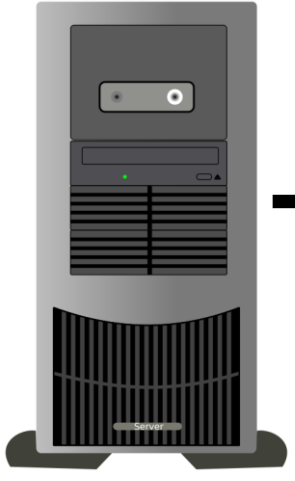


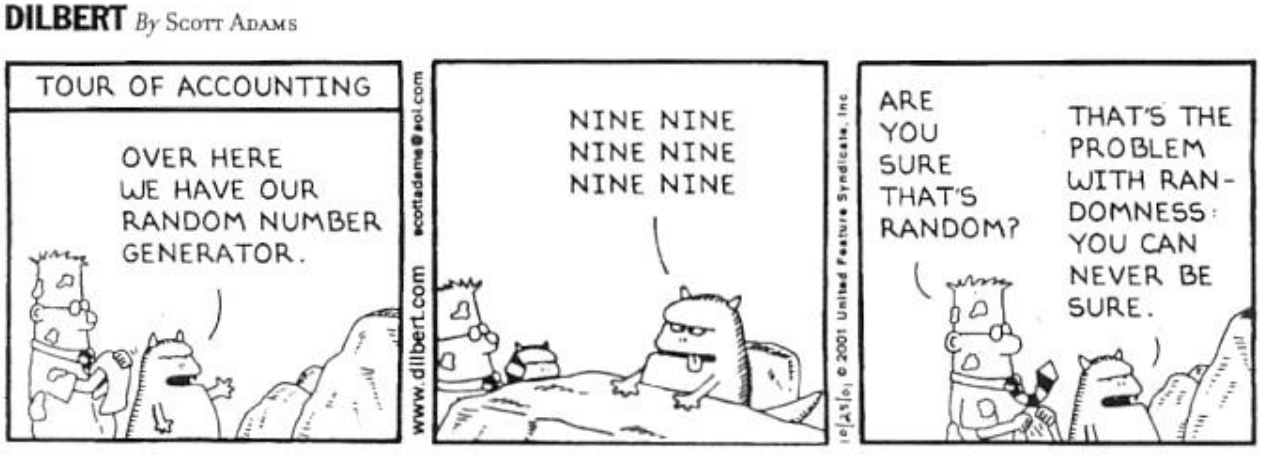
Hash-algoritmer



http://en.wikipedia.org/wiki/Cryptographic_hash_function

Viktigheten av gode tilfeldige tall

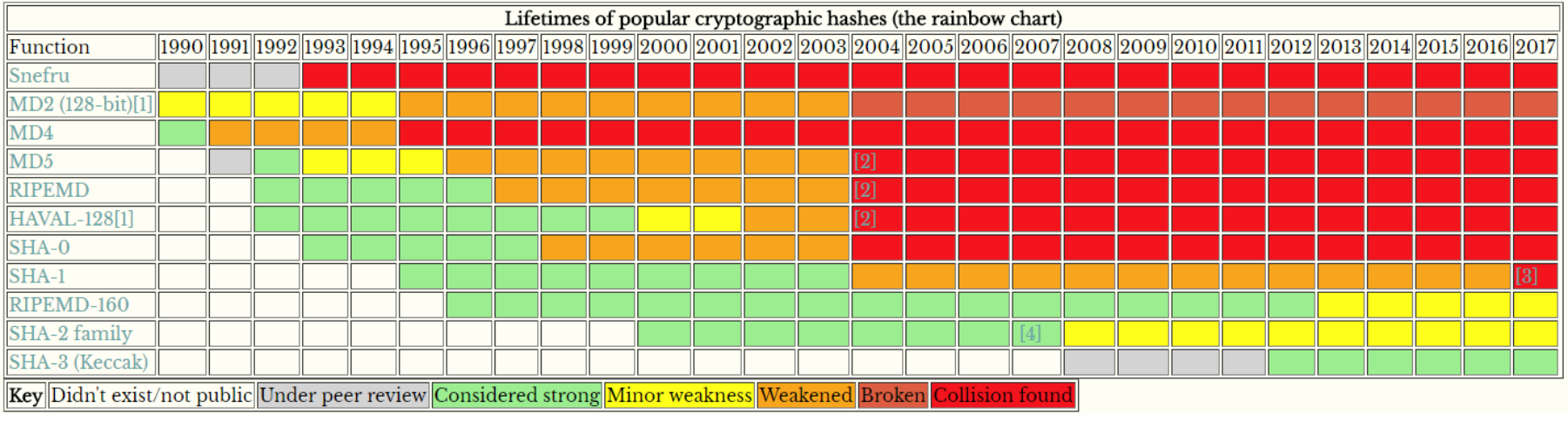




- Brukes til å generere kryptografiske nøkler
- Brukes for å gjøre det vanskeligere å gjette seg frem til kryptografiske nøkler
- Kan f.eks. brukes som «salt» når man genererer nøkler

Tilfeldig tallgenerator: NSA bakdør:
https://en.wikipedia.org/wiki/Dual_EC_DRBG

Kryptografisk Hashlivssykel



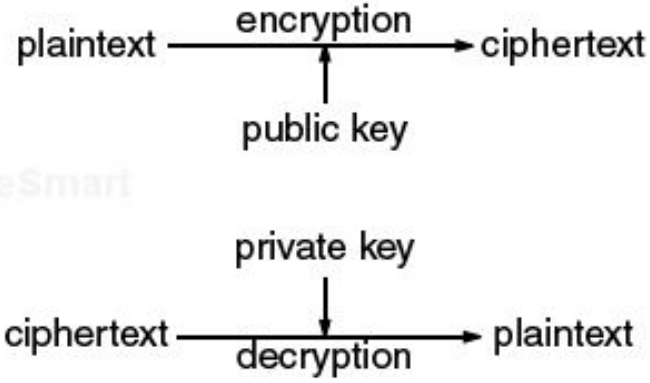
Lifetimes of popular cryptographic hashes (the rainbow chart)

Function	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Snefru																												
MD2 (128-bit)[1]																												
MD4																												
MD5															[2]													
RIPEMD															[2]													
HAVAL-128[1]															[2]													
SHA-0																												
SHA-1																												[3]
RIPEMD-160																												
SHA-2 family																		[4]										
SHA-3 (Keccak)																												

Key: Didn't exist/not public | Under peer review | Considered strong | Minor weakness | Weakened | Broken | Collision found

Status på Hash-algoritmer:
http://valerieaurora.org/hash.html

Asymmetrisk kryptering



Også kjent som «offentlig nøkkelkryptering»

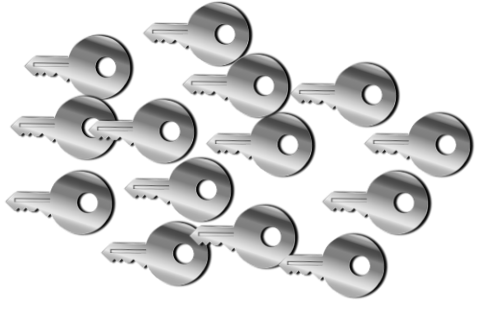
Offentlig nøkkel: publisert, gjerne åpnet på nettet for alle
Privat nøkkel: hemmelig og ikke offentlig

Asymmetrisk kryptering

Privat nøkkel

Offentlig nøkkel

Den offentlige nøkkelen kopieres og gjøres lett tilgjengelig for dine kontakter



Asymmetrisk kryptering - kryptere

Omid ønsker å sende en melding til Kristin

Klartekst

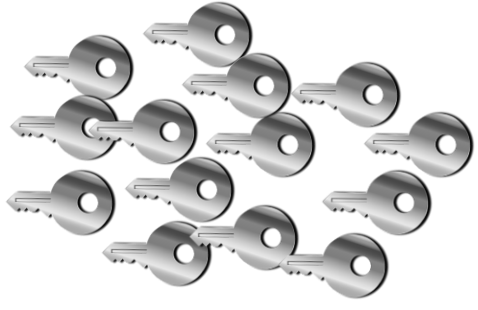
Eksamen i IN1020
Høsten 2022

Chiffertekst

27fdbe64 8588b3d1
21ed8e8e ed01c340
982c50a4 8d87c7b2

Kryptere meldingen med Kristin sin offentlige nøkkel

Kristin sin offentlige nøkkel



Asymmetrisk kryptering - dekryptere

Kristin mottar chiffertekst fra Omid

Chiffertekst

27fdbe64 8588b3d1
21ed8e8e ed01c340
982c50a4 8d87c7b2

Kristin sin private nøkkel

Klartekst

Eksamen i IN1020
Høsten 2022

Utfordringer med asymmetrisk kryptering

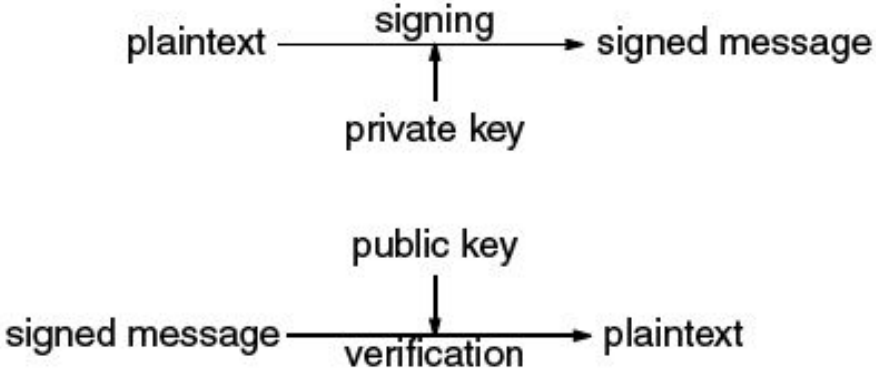
- Effektivitet
  - Asymmetriske krypteringsalgoritmer er mange ganger tregere enn symmetriske algoritmer.

- Løsning: hybrid modell
  - Asymmetrisk kryptering brukes for å bli enige om en midlertidig nøkkel.
    - Den vanligste teknikken er kjent som Diffie-Hellman nøkkelutveksling
  - Symmetrisk kryptering brukes under resten av kommunikasjonen.

Anvendelse av asymmetrisk kryptering for meldingsutveksling:

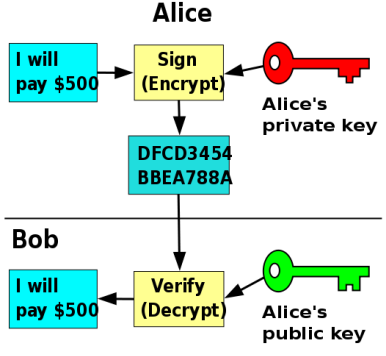
- **Nøkkelpar**: Sender benytter mottagers offentlige nøkkel for å kryptere en melding, mottager benytter sin private nøkkel til å dekryptere meldingen.
- Anvendes for trygg overføring av data/melding, men også for autentisering
- **Hvilke sikkerhetsmål kan ivaretas?**
  - Konfidensialitet? **JA**
  - Integritet? I praksis **JA**
  - Autentisitet til dataopprinnelse? **NEI**
  - Uavviselighet? **NEI**
  - Mottagers autentisitet **JA**
- Farer: Nøkkel på avveie, falske nøkler

Digital signatur



Asymmetri:
Signatur kan kun bli generert av eier eller noen som kjenner privat nøkkel.
Signatur kan bli *verifisert* av alle som har tilgang til offentlig nøkkel.

En korrekt verifisert signatur bekrefter avsenderens identitet, og at meldingen Ikke ble endret fra sending til mottak.



Anvendelse av asymmetrisk kryptering for digital signering:

- Sender krypterer (og dermed signerer) en melding med sin private nøkkel. Mottager dekrypterer meldingen med senders offentlige nøkkel.
- Anvendes for å ivareta tillitt til at data/meldinger kommer fra en hevdet mottager.
- **Hvilke sikkerhetsmål kan ivaretas?**
  - Konfidensialitet? **NEI**
  - Integritet? I praksis **JA**
  - Autentisering av dataopprinnelse? **JA**
  - Uavviselighet? **JA**
- Farer: Nøkkel på avveie, falske nøkler

Nøkkelutveksling og sertifikater

- Utfordring: Hvordan stole på at en offentlig nøkkel er ekte?

  Løsning: *Et sertifikat* som følger den offentlige nøkkelen knytter sammen nøkkel og en identitet.

- Neste utfordring: Hvordan stole på at sertifikatet er ekte?

  Løsning: Sertifikatet utstedes av en *betrodd virksomhet* (sertifikat-myndighet - CA), som går god for at nøklene er autentiske – altså *tilhører identiteten den utgir seg for å tilhøre*.

Men hva er et sertifikat?

- Et sertifikat består av den offentlige nøkkelen, samt en rekke attributer knyttet til nøkkelen:
  - *Eier, gyldighetsperiode, utsteder, kryptoalgoritme brukt, nøkkelstørrelse, etc.*
- Attributtene pakkes sammen og signeres av sertifikatutstederen = vi har et sertifikat
- Har *standarder* for hva et sertifikat skal inneholde (f.eks. såkalt X.509)

Og hvordan distribuere offentlige nøkler?

- **Man lager en «Offentlig-nøkkel infrastruktur» (PKI)**
  - PKI er et *rammeverk* for *utstedelse, administrasjon og bruk* av digitale sertifikater med offentlige nøkler
- **Hovedformål**: Sikre *ektheten* av offentlige nøkler, samt trygg og forsvarlig nøkkel-distribusjon.
- **En PKI må inneholde**:
  - En policy for sertifikat-håndtering
  - Teknologi for å implementere policyen
  - Prosedyrer for hvordan håndtere og forvalte nøklene
  - Tillittsmodell for sertifikatene med offentlige nøkler

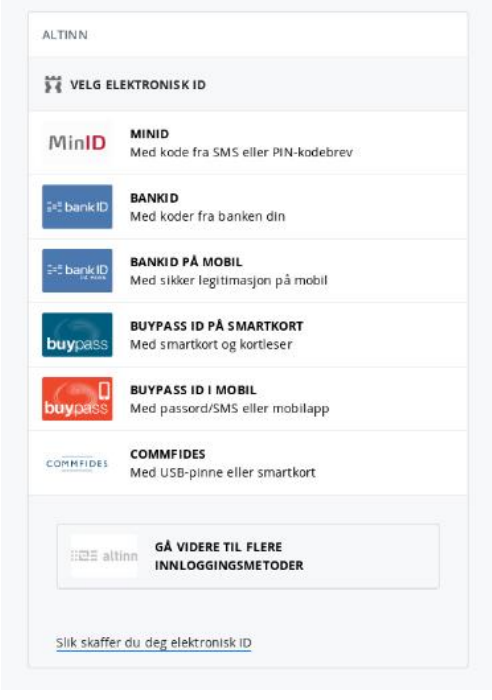
Hvordan fungerer en PKI?

- Hver eneste offentlige nøkkel bakes inn i hvert sitt *elektroniske sertifikat* som knytter nøkkel og identitet sammen.
- Et *sertifikat* utstedes av en *tiltrodd sertifikatutsteder* (Certificate Authority), som går god for den offentlige nøkkelens ekthet.
- Den tilhørende private nøkkelen kan oppbevares på en datamaskin, på SIM-kortet i en mobil, på et smartkort, i banken (Bank ID).
- Sertifikatene med de offentlige nøklene gjøres tilgjengelig for alle mottagere som skal kryptere og dekryptere meldinger.

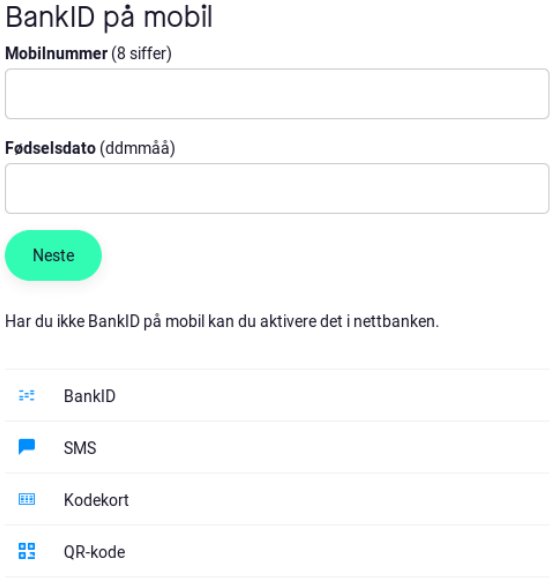
(I praksis mer komplekst enn dette, da man opererer med *hierarki av sertifikater*, *tillitskjeder*, mm. Utenfor IN1020-pensum ☺)

Eksempler på PKI-er i bruk

- Sikker kommunikasjon i helsevesenet:
  - eResept, elektronisk sykemelding, etc
  - Knytter melding til individ (signatur med personlig sertifikat for lege) og sikre konfidensialitet (kryptering av forsendelse).
- Publikumsrettede PKIer i Norge:
  - MinID (offentlig), BankID, Buypass, Commfides (private)
  - Difi tilbyr ID-porten, en felles infrastruktur for innlogging til offentlige tjenester, basert på ovenfornevnte.
- Web PKI/Browser PKI
  - Nettlesere kjenner den offentlige nøkkelen til alle betrodde sertifikatutstedere (CA), og bruker denne til å forsikre seg om at sertifikatet er gyldig.



Eksempel: Tjenesten BankID



- Tilbyr en «elektronisk legitimasjon» - eID
- Obligatorisk to-faktor-autentisering
- Baserer seg på en PKI:
  - BankID: Banklagret privat nøkkel
  - BankID på mobil: SIM-lagret privat nøkkel. *I ferd med å fases ut.*
- Bruksområder:
  - Autentisering og digital signering basert på kryptografi
- Brukes (som en av flere eIDer) av offentlige tjenester og banker

For den interesserte:

- https://vipps.no/documents/29/BankID_sertifikatpolicy_v2.0_for-kvalifiserte-sertifikater-fysiske-personer-banklagret.pdf
- https://www.bankid.no/globalassets/dokumenter/apne-sider/bankid/bankid-tsps-personal-or-employee-v1.7.pdf
- https://www.bankid.no/en/bid_pds_personal/

Kryptering oppsummert:

- Hovedmål:
  - Sikre konfidensialitet og/eller integritet
  - Sikre autentisitet
  - Autentisering av dataopprinnelse og for å oppnå uavviselighet.
- Krypteringsformer:
  - Hash-algoritmer (enveis-kryptering)
  - Symmetrisk (én hemmelig delt nøkkel)
  - Asymmetrisk (nøkkelpar: offentlig + privat nøkkel)

Krypteringsformer, læringsmål:

- Hash-algoritmer
  - Hva kjennetegner hash-algoritmer
  - Vanlige bruksområder: Verifikasjon av data og meldinger (integritet)
- Symmetrisk kryptering
  - Hva kjennetegner symmetrisk kryptering
  - Vanlige bruksområder: Kryptering av data og meldinger
- Asymmetrisk kryptering:
  - Hva kjennetegner asymmetrisk kryptering
  - Vanlige bruksområder: Kryptering av data og meldinger, digital signatur
  - Hvorfor det er behov for sertifikater og offentlig nøkkel-infrastruktur (PKI)

Ekstramateriale:

- *Bøker og artikler:*
  - W. Stallings. Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th Edition), 2016, Pearson
- *Sikkerhetskurs på IFI og MatNat:*
  - IN2120 – Informasjonssikkerhet
  - IN3210 – Network Security
  - TEK5510 – Sikkerhet i operativsystemer og programvare