Kryptographische Dateisysteme im professionellen Umfeld

Stefan Schumacher

www.sicherheitsforschung-magdeburg.de
Magdeburger Institut für Sicherheitsforschung

Chemnitzer Linux-Tage 2019



Über Mich



Über Mich

- Berater für Finanzinstitute, Regierungen, Sicherheitsbehörden
- Direktor des Magdeburger Instituts für Sicherheitsforschung
  Forschungsprogramme zur Unternehmenssicherheit
- Geek, Nerd, Hacker seit knapp 20 Jahren
- Herausgeber des Magdeburger Journals zur Sicherheitsforschung
- `www.Sicherheitsforschung-Magdeburg.de`
- CLT2004: Kryptographische Dateisysteme für NetBSD
- CLT2011: Kryptographische Dateisysteme genauer betrachtet

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung
2. Betriebsarten von Algorithmen
3. Kryptographische Dateisysteme
4. Cloud und Backup

Warum das alles?

- Kryptographie sichert Vertraulichkeit, Integrität, Authentizität von Daten
- kryptographische Dateisysteme verschlüsseln relativ bequem Dateien
- der einzig brauchbare Weg um Daten vor Verlust zu schützen, Zugriffsrechte im Betriebssystem lassen sich relativ einfach mit Live-System aushebeln
- kryptographische Dateisysteme sind wenig benutzerfreundlich
- Administration lässt zu wünschen übrig
- vor allem in großen Installationen (viele Benutzer)
- Kollaboration in der Cloud

Bedrohungsszenario

- Festplattenverschlüsselung ist komplex, kryptographische Dateisysteme sind komplex!
- TrueCrypt schützt mich vor Viren! Falsch!
- Threat Model: Wovor will ich mich schützen? Was kann der Angreifer?
- verschlüsselte Daten auf nicht-vertrauenswürdigem System (Angreifer ist `root`)

	Chiffrat	**gemountetes Dateisystem**
Eve	nur lesen	nur schreiben
Cloud	lesen - schreiben	kein Zugriff
Mallory	lesen - schreiben	lesen - schreiben auf einigen Verzeichnissen

Bedrohungsszenario

- Festplattenverschlüsselung ist komplex, kryptographische Dateisysteme sind komplex!
- TrueCrypt schützt mich vor Viren! Falsch!
- Threat Model: Wovor will ich mich schützen? Was kann der Angreifer?
- verschlüsselte Daten auf nicht-vertrauenswürdigem System (Angreifer ist `root`)

	Chiffrat	**gemountetes Dateisystem**
Eve	nur lesen	nur schreiben
Cloud	lesen - schreiben	kein Zugriff
Mallory	lesen - schreiben	lesen - schreiben auf einigen Verzeichnissen

Arten von kFS

- jede Datei einzeln verschlüsseln
  `openssl enc -aes256 -in Backup.txz -out Backup.txz.enc`
- portabel, funktioniert
- Aufwand

Arten von kFS

Vorteile/Nachteile

Container

- Gebrauch transparent
- Portabilität eingeschränkt (OS ./. Anwendungsprogramm)
- netzwerktauglich
- geringe Granularität auf Dateiebene und Benutzerebene, feste Größe (!)
- Container kann gesichert werden, aber: Platzbedarf, Passwortdatei nicht vergessen, inkrementelles/differentielles Backup geht nicht ohne eingebundenen Dateien, Datenmenge $>= 1$, idR $>> 1$
- keine Metadaten sichtbar!

Arten von kFS

Vorteile/Nachteile

Stacked Filesystem

- Gebrauch transparent
- Portabilität eingeschränkt (OS ./. Anwendungsprogramm)
- netzwerktauglich
- hohe Granularität auf Dateiebene und Benutzerebene
- verschl. Verz. kann problemlos gesichert werden und ist dann schon geschützt, inkrementelles/differentielles Backup funktioniert (Datenmenge= 1)
- Metadaten idR sichtbar!

Arten von kFS

Vorteile/Nachteile

Blockebene/Dateisystemebene

- Einrichtungs-Aufwand hoch
- Gebrauch transparent
- Portabilität eingeschränkt (OS ./. Anwendungsprogramm)
- nicht netzwerktauglich
- null Granularität auf Dateiebene und Benutzerebene: entweder an oder aus
- Device kann mit dd(1) gesichert werden, aber: Platzbedarf, Passwortdatei nicht vergessen, inkrementelles/differentielles Backup geht nicht ohne eingebundenen Dateien, Datenmenge >= 1, idR »1
- keine Metadaten sichtbar!

Swap und Temp

- Auslagerung von RAM bzw. temporäre Inhalte
- d.h. Swap und Temp können eigentlich verschlüsselte Inhalte unverschlüsselt enthalten
- müssen verschlüsselt werden (oder RAM-Disk)
- idR nur auf Blockebene praktikabel

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

2 Betriebsarten von Algorithmen

3 Kryptographische Dateisysteme

4 Cloud und Backup

Sicherheit

Nimm AES-256, das ist sicher!



Block und Strom

- Stromchiffre: Daten und Schlüssel als Strom, die miteinander verknüpft werden, bspw. Sprachdaten im Telefon
- Blockchiffre: Daten und Schlüssel werden in gleichgroße Blöcke zerlegt und blockweise verknüpft
- Datenträger sind in Blöcken organisiert $\rightsquigarrow$ Blockmodi einsetzen

```
Rindflei schettik etierung süberwac hungserg
PASSWORT PASSWORT PASSWORT PASSWORT PASSWORT
änzungsg esetz000
PASSWORT PASSW000
```

Betriebsarten

- Electronic Code Book (ECB): selber Klartextblock $\rightsquigarrow$ selbes Chiffrat
- Cipher Block Chaining (CBC): (Klartextblock n + Chiffrat $n-1$ + Passwort)
  Lawineneffekt, daher Gruppierung, Watermarking-Attacke möglich
- Encrypted Salt-Sector IV (ESSIV): Clemens Frühwirth für LUKS: IV aus der verschlüsselten Sektornummer und einem Hash aus dem Passwort, Passwort ist nicht vorhersagbar
- Galois/Counter Mode (GCM): Authenticated Encryption with Associated Data:
  Verschlüsselung *und* Authentifikation
  wahlfreier Zugriff auf jeden Block möglich, parallelisierber

scrypt

- Schlüsselableitungsfunktion
- früher: Passwort als Hash gespeichert (MD5, SHA1, SHA1(MD5(Passwort+Salz)))
- leicht brechbar durch Wörterbuchattacke, auch bei Passwort mit Zahl und Sonderzeichen (`geheim!`, `passwort1`)
- PBKDF2 (RFC 2898, 2000) und bcrypt (1999, Niels Provos) entwickelt
- anpassbare Rundenzahlen, Zufallswert in jeder Runde (z.B. HMAC), Salt
- erschweren Wörterbuchattacken massiv, aber angreifbar durch Hardware (FPGA, GPU) da geringe Speicheranforderungen (4kb)
- Hash-Runden parallelisierbar
- scrypt 2010 von Colin Percival (FreeBSD) entwickelt
- fordert standardmäßig einen 16MB-RAM-Vektor an
- damit sequenziell Speicher-intensiv

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

2 Betriebsarten von Algorithmen

3 Kryptographische Dateisysteme

4 Cloud und Backup

kFS Kurzüberblick

Hardwareverschlüsselung

- bei HDDs/SHDDs/SSDs möglich, Standard bei Samsung SSDs
- Transparent für Nutzer und OS, lediglich Passwort beim booten erforderlich
- aber: fehlerhafte Implementierungen (Self-encrypting deception: weaknesses in the encryption of solid state drives (SSDs) by Meijer and Gastel)

TrueCrypt/Veracrypt

- Container (ein großer BLOB) oder Blockebene
- Windows, MacOS X, Linux

kFS Kurzüberblick

LUKS/LVM

- Festplattenvollverschlüsselung möglich
- externe Datenträger (USB-Stick, Festplatte) komplett verschlüsselbar
- Datei als Schlüssel und/oder 2FA mit Yubikey möglich
- Freischaltung über Netzwerk mit Clevis und Tang möglich (entwickelt von Red Hat) Dabei wird kein Geheimnis über das Netz übertragen (modifizierter DHKE)

ext4

- unterstützt Verschlüsselung, selten in Benutzung
- einzelne Verzeichnisse werden verschlüsselt
- portabel auf Linux

eCryptFS

- ab Linux-Kernel 2.6.19
- Metadaten *in* der Datei $\rightsquigarrow$ Portabilität
- stark auf Ubuntu zugeschnitten
- Einrichtung vergleichsweise komplex
- Zukunft in der Schwebe

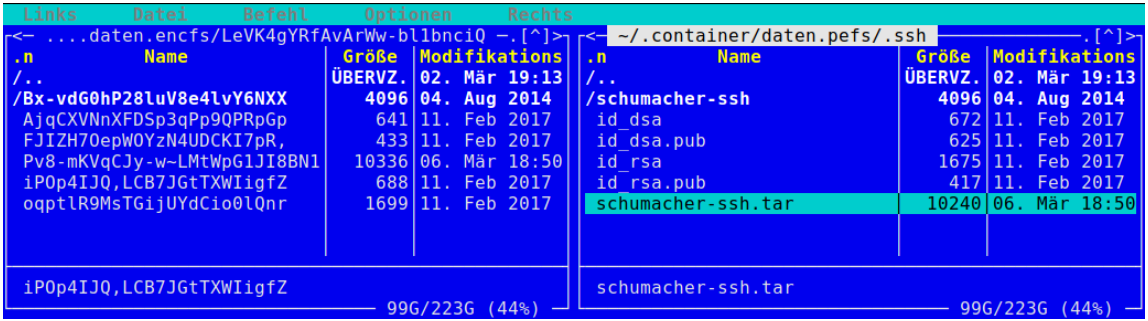
EncFS

Überblick

- FUSE-basiert, entwickelt seit 2003
- unterstützt die im Linux-Kernel vorhandenen Kryptalgorithmen
- kann jede Datei mit eigenem IV verschlüsseln
- 8-Bit-Prüfsumme für jede Datei (Überprüfung kann in .conf abgeschaltet werden)
- Linux, FreeBSD, Mac OS X, Windows
- Prinzipiell für Cloud geeignet
- aber: Sicherheitsbedenken!

EncFS

Sicherheitsbedenken



Metadaten sichtbar

Nutzbar z.B. für rsync, duplicity etc.

EncFS

Sicherheitsbedenken

- EncFS 1.7.4 Security Audit by Taylor Hornby
- 7/10 Schwachstellen noch offen
- *EncFS is not safe if the adversary has the opportunity to see two or more snapshots of the ciphertext at different times.*
- Angriff möglich, wenn unterschiedliche Versionen einer verschlüsselten Datei vorliegen
- Nicht sicher im Cloud-Betrieb!
- Version 2.0 eher unwahrscheinlich

CryFS

- Master-Arbeit von Sebastian Messmer 2015 am KIT
- Stacked Filesystem (FUSE)
- versteckt Metadaten wie Dateigröße, [mca]time und komplette Verzeichnisstruktur
- Nutzt aes-256-gcm (Galois/Counter Mode), ein authentifizierter Verschlüsselungsmodus
- Dateien werden in gleichgroße Blöcke zerlegt und in einer Baumstruktur verteilt
- kein Rückschluss auf Original-Dateistruktur möglich
- Speicher-Overhead kann vergleichsweise groß werden
- Verschlüsselungs-Schlüssel zufallsgeneriert und mit scrypt-abgeleitetem Benutzerpasswort verschlüsselt, `cryfs.config` kann in Cloud liegen



CryFS

```
.CloudArchivCryFS/000
.CloudArchivCryFS/000/1B7E011BB56CDBCE2A03867205475
.CloudArchivCryFS/000/8187B021FCDC4111D75F1B0DD7866
.CloudArchivCryFS/000/83774EE59D5E374F24EF759357CC1
.CloudArchivCryFS/000/869FA7754CED7A200D118783942FD
.CloudArchivCryFS/000/BBE33C35117E0E9A1192B071CDF3C
.CloudArchivCryFS/000/E32BE40536C427D26C97C03FF7100
.CloudArchivCryFS/000/EB51F900C9B806E9F8E50918AB984
.CloudArchivCryFS/001
.CloudArchivCryFS/001/77F6A4A61EFA462050214C908F496
.CloudArchivCryFS/001/7BE814DEB0899DF1D316BBBD9877F
.CloudArchivCryFS/001/856C8D10FC5E90D016FBF262DBF85
.CloudArchivCryFS/001/A1FAEE159930F0CB7810FCBE2AB03
.CloudArchivCryFS/001/A349527B295D2A2D5FA02C4FADEAD
.CloudArchivCryFS/001/F0868ED109E739885694F7F7656F6
.CloudArchivCryFS/002
```



CryFS

```
find CloudArchiv -type f | wc -l
726

find .CloudArchivCryFS -type f | wc -l
29125

du -sm CloudArchiv .CloudArchivCryFS
437     CloudArchiv
472     .CloudArchivCryFS
```

GoCryptFS

- Stacked Filesystem, FUSE
- Implementiert in Go
- Gilt als Nachfolger von EncFS
- Security Audit von Taylor Hornby von 2017 (2 Tage)
- nutzt bessere kryptographische Primitiven als EncFS

GoCryptFS

Sicherheit

- scrypt für Schlüsselableitung des KEK
- EME-Verschlüsselung des Dateinamens
- AES-GCM-Verschlüsselung des Dateiinhalts
- Dateien in 4KiB-Blöcke zerlegt, jeder Block mit eigenem IV
- AES-256-EME-Verschlüsselung der Dateinamen, IV per Verzeichnis
- Dateinamen bis 255 Zeichen möglich

GoCryptFS

Reverse Mode

unverschlüsseltes Verzeichniss wird in ein verschlüsseltes Verzeichnis synchronisiert

1. `gocryptfs -init -reverse /home/alice`
2. `gocryptfs -reverse /home/alice /tmp/reverse`
3. `date > /home/alice/date.txt`
4. `ls /tmp/reverse/6g7UuJbwo8n1oEh4SZ1DHw`
5. `sshfs alice@raspberry:/home/alicebackup /mnt/alicebackup`
6. `cp -r /tmp/reverse/ /mnt/alicebackup`
7. `fusermount -u /tmp/reverse`

Benchmark

FS	tar xpf	rm -rf
ohne	0m10,862s	0m1,458s
encfs p	1m6,941s	0m21,877s
encfs	0m55,878s	0m17,176s
gocryptfs	0m38,431s	0m14,556s
cryfs	0m54,010s	0m39,007s

`time tar xpf linux-4.20.14.tar.xz` 925MB 66638 Dateien



Fazit

- **eCryptFS**: komplizierte Benutzung, Zukunft ungewiss, hätte Mehrbenutzerpotenzial
- **encfs**: veraltend, Sicherheitsprobleme in der Cloud, 2.0 sehr unwahrscheinlich
- **GoCryptFS**: modernere Methoden, Integritätssicherung, schnell, leaked Metadaten
- **CryFS**: modernere Methoden, Integritätssicherung, verschleiert Metadaten komplett, langsam bei Benutzung und u.U. beim synchronisiern
- Abwägung Geschwindigkeit/Platz vs. Metadaten-Leak
- Prüfen wo Bottleneck liegt, ob Geschwindigkeitseinschränkung überhaupt zum Tragen kommt

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

2 Betriebsarten von Algorithmen

3 Kryptographische Dateisysteme

4 Cloud und Backup

einfaches Backup

- `tar cpf /mnt/usb/daten-‘date -I‘.tar  /.daten.encfs`
- `scp  /.daten.encfs stefan@raspi:/home/backup`
- Verschlüsselung vs Kompression

Duplicity

- unterstützt inkrementelle Backups via rsync-Algorithmus
- erzeugt tarballs die mit GnuPG verschlüsselt werden
- kann auf entfernte Ziele schreiben (ssh, sftp, webdav, Amazon S3, Dropbox)

rclone

- »rsync für Clouddienste«
- Konsole, screen
- FTP, SFTP, HTTP, DAV, local, Google, Dropbox, Nextcloud, Owncloud, Amazon ...
- MD5/SHA1 Hashes, Check modus, Update, Sync, FUSE-Mount
- Verschlüsselungsmodus
- `rclone sync  /Backup GoogleDrive:Backup/ -progress -v`



Mein Backup

- duplicity von gocryptfs-verschlüsseltem Verzeichnis von SSD nach HDD
- rsync von HDD auf Raspberry Pi
- des nächtens: rclone vom Raspberry Pi nach NextCloud im Büro, Google, Dropbox
- rsync von HDD auf externe HDD

Social Engineering / Security Awareness

- Mittwoch früh: Praktische Security Awareness am Beispiel von Passwörtern und 2-Faktor-Authentifikation
  keine Technik notwendig
- Heinlein Akademie ab Oktober 2019: Social Engineering / Security Awareness Workshop (3d)

- sicherheitsforschung-magdeburg.de
- stefan.schumacher@sicherheitsforschung-magdeburg.de
- sicherheitsforschung-magdeburg.de/publikationen/journal.html



- youtube.de/Sicherheitsforschung
- Twitter: 0xKaishakunin
- LinkedIn/Xing: Stefan Schumacher
- ZRTP: 0xKaishakunin@ostel.co

- sicherheitsforschung-magdeburg.de
- stefan.schumacher@sicherheitsforschung-magdeburg.de
- sicherheitsforschung-magdeburg.de/publikationen/journal.html



- youtube.de/Sicherheitsforschung
- Twitter: 0xKaishakunin
- LinkedIn/Xing: Stefan Schumacher
- ZRTP: 0xKaishakunin@ostel.co