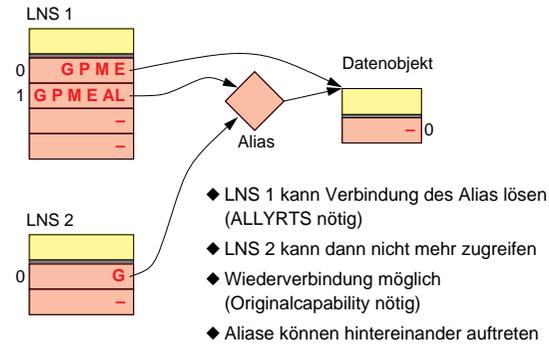


12 Rückruf von Capabilities

- Anwender möchte ausgegebene Capabilities für ungültig erklären
 - ◆ sofortiger Rückruf — Rückruf nach einiger Zeit erst wirksam
 - ◆ dauerhafter Rückruf — Rückruf nur zeitlich begrenzt wirksam
 - ◆ selektiver Rückruf — Rückruf für alle Benutzer eines Objekts
 - ◆ partieller Rückruf — Rückruf aller Rechte an einem Objekt
 - ◆ Recht zum Rückruf; Rückruf des Rückrufrechts
- ★ Hydra setzt sogenannte Aliase ein
 - ◆ Alias ist eine Indirektionsstufe zu Capabilities
 - ◆ Statt auf ein Objekt können Capabilities auf Aliase verweisen und diese wiederum auf andere Aliase oder schließlich auf das eigentliche Objekt
 - ◆ Verbindung vom Alias zum Objekt kann gelöst werden: Fehler beim Zugriff
 - ◆ Recht zum Lösen der Verbindung **ALLYRTS** (engl. *ally* = verbünden)

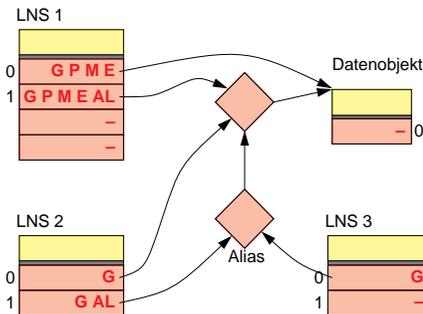
12 Rückruf von Capabilities (2)

- Beispiel: Weitergabe einer rückrufbaren Capability



12 Rückruf von Capabilities (3)

- Beispiel: Aliasketten

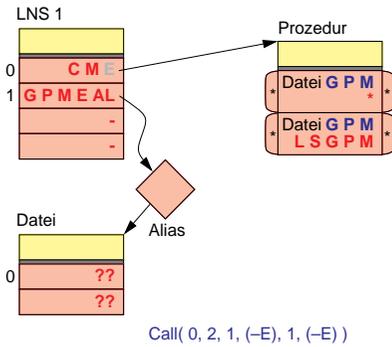


12 Rückruf von Capabilities (4)

- ▲ Problem: Rückruf während der Bearbeitung eines Objekts
 - ◆ inkonsistente Zustände möglich
- ★ Lösung in Hydra
 - ◆ Parameter-Capabilities, die durch eine rechteverstärkende Parameterschablone angenommen werden, zeigen auf das Originalobjekt
- ▲ Nachteil
 - ◆ nicht vertrauenswürdige Prozeduren können rückrufreie Capability erlangen
 - ◆ Problem fällt in die selbe Kategorie wie rechteverstärkende Parameterschablonen an sich

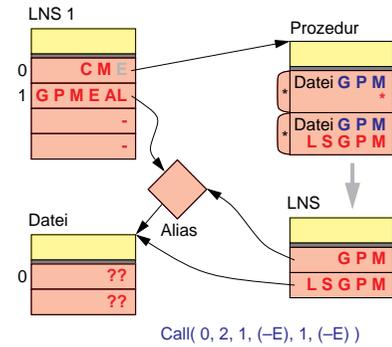
12 Rückruf von Capabilities (5)

■ Beispiel:



12 Rückruf von Capabilities (5)

■ Beispiel:



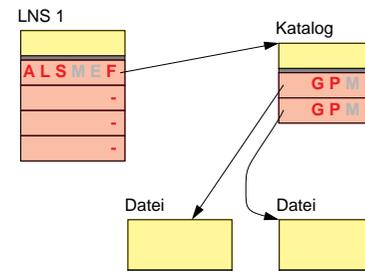
13 Garantierter Zugriff

■ Schutz vor Rückruf

- ◆ Modifizierende Benutzer eines Objekts
 - kooperierende Benutzer: Rückruf keine Gefahr
 - nicht kooperierende Benutzer: Rückruf nötig
- ◆ Benutzer eines Objekts ohne modifizierende Zugriffe
 - Aufruf von Prozeduren ist unkritisch, da Aufrufe nicht rückrufbar sind
 - lesende Zugriffe auf Objekte sind kritisch: Verhindern des Rückrufs ist jedoch nicht ausreichend
 - Daten im Objekt könnten gelöscht oder verfälscht werden
 - Capabilities im Objekt oder deren Rechte könnten entfernt werden
- ★ Hydra führt das Einfrierrecht (*Freeze right FRZRTS*) ein
 - ◆ Einfrieren nimmt Modifikationsrecht weg
 - ◆ ein Objekt kann nur gefroren werden, wenn alle Capabilities in der C-List bereits das Einfrierrecht haben

13 Garantierter Zugriff (2)

■ Beispiel:



14 Bewertung von Hydra

- Hydra demonstrierte die Beherrschbarkeit einer ganzen Reihen von Sicherheitsproblemen
 - ◆ Ergebnisse flossen in eine ganze Reihe von Systemen
 - ◆ reine Capability-basierte Systeme haben sich jedoch nie durchgesetzt
- Hydras Probleme
 - ◆ lagen im wesentlichen nicht am Capability-Mechanismus
 - ◆ es gabe keine vernünftigen Editoren und Compiler
 - ◆ Hardware besaß keine Spezialhardware zur Unterstützung von Paging

D.5 Schutz von Dateien

1 Zugriffskontrolle in UNIX

- Beispiel für Zugriffskontrolle in einem klassischen Betriebssystem
 - zu schützende Objekte: Verzeichnisse und Dateien
 - Subjekte: Benutzer, Benutzergruppen und Prozesse
 - ➔ Zugriffskontrollkonzept zunächst sehr beschränkt
 - spezielle Objekte (Geräte, Prozesse, Arbeitsspeicher) werden als Dateien modelliert (*special files*)
 - Konzept wurde nachträglich auch auf einige weitere Systemobjekte (Semaphore, Shared Memory Segmente, Message Queues) erweitert
 - ➔ Zugriffskontrolle deckt die meisten relevanten Objekte im System ab
 - ABER: die Abbildung auf den Typ "Datei" mit den Operationen *read*, *write*, *ioctl* ist äußerst grobgranular

1 Zugriffskontrolle in UNIX (2)

- Zugriffsrechte pro Datei
 - lesen, schreiben, ausführen
 - ggf. ergänzt durch individuellere ACLs
- Zugriffsrechte im Dateibaum
 - lesen, schreiben (=Einträge erzeugen/löschen), durchgreifen
 - Rechte auf Directories limitieren ggf. den Zugriff auf darunterliegende Dateien
 - Durchgriffsrecht ohne Leserecht wird oft zum "Verstecken" von Dateien verwendet → fragwürdiger Schutz
 - Schreibrecht auf Directory kann mit Rechten darunterliegender Dateien kollidieren
 - Löschen und Neuanlegen einer Datei, auf die man kein Schreibrecht hätte ist möglich

2 Zugriffskontrolle unter Windows

- Authentisierung eines Benutzers führt zur Vergabe eines *Access Tokens* (enthält Security-Ids des Benutzers und seiner Gruppen, Default-ACL, ...)
 - entspricht einer Credential-Struktur
 - Access Token wird Prozess zugeordnet und an neu erzeugte Prozesse vererbt
- Objekte enthalten Security Descriptor
 - SID des Benutzers und der Gruppe
 - Discretionary ACL mit Liste von ACE (Access Control Elements)
 - Erlaubnis- und Verbots-ACEs
 - geben SID und erlaubte/verbotene Operationen an
 - pro Objekt 16 verschiedene Zugriffsrechtstypen möglich (z. B. *synchronize*, *write_owner*, *write_DAC*, *read*, *write*)
- Zugriffsberechtigung bei open
 - anschließend Vergabe eines Object Handles (Capability) an den Prozess zur Vorlage bei den konkreten Zugriffe

D.6 Verschlüsselung von Dateien

1 Motivation

- 2004 in Londoner Taxis liegen geblieben: 4.973 Laptops, 5.838 PDAs, 63.135 Mobiltelefone
- Reuters, 2005: Citigroup meldet den Verlust von Bändern mit den Daten - einschl. Sozialversicherungsnummern - von 3,9 Mio. Kunden
- Leyden, 2004: Kundendatenbank und die aktuellen Zugriffscores für das Intranet eines der größten Finanzdienstleister in EU waren auf einer Platte, die bei eBay zum Verkauf angeboten worden war
- Noguchi, 2005: Laptop mit Namen und Sozialvers.nummern von 16.500 MCI Mitarbeitern wurde gestohlen.
- Reuters, 2005: Iron Mountain ... meldet Verlust von Bändern mit den Daten von 600.000 Time Warner Arbeitern

...

2 Anforderungen

- Schutz der Dateiinhalte
- Schutz der Metadaten
- Schutz muss auch gewährleistet sein
 - ▶ bei direktem Zugriff auf Datenträger
 - ▶ Transport der Daten über Netzwerke
 - ▶ für Datensicherung und Archivierung
 - langfristige Schlüsselaufbewahrung
 - automatische Schlüsselaktualisierung
- Mehraufwand für Benutzer begrenzen
 - ▶ Schutz möglichst transparent gewährleisten
- Einsatz in Mehrbenutzerumgebungen
 - ▶ Gruppenzugriffe
- Umgang mit Schlüsselverlust

3 Programme zur Dateiverschlüsselung

- Benutzer kann individuell für einzelne Dateien entscheiden, ob und wie sie verschlüsselt werden sollen
- Realisierung
 - ◆ Werkzeuge
 - ▶ PGP, GnuPG, Ncrypt
 - ◆ Betriebssystemmechanismen
- + Verschlüsselung nur dort, wo es tatsächlich erforderlich ist
- + unterschiedliche Schlüssel für unterschiedliche Dateien möglich
- Datei-Metadaten (Name, Attribute) sind nicht verschlüsselt
- großes Risiko undichter Stellen (*Leakage*)

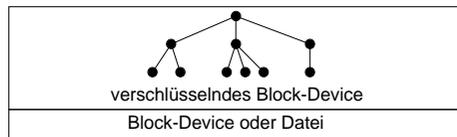
4 Undichte Stellen bei Verschlüsselung einzelner Dateien

- Um mit den Daten zu arbeiten, müssen sie unverschlüsselt vorliegen
- Viele Programme erzeugen temporäre Kopien
 - ▶ bei Abstürzen des Programms oder des Rechners können die Kopien unbemerkt liegen bleiben
 - ▶ auch wenn die Dateien gelöscht werden, bleiben die Daten auf der Platte, bis der Platz wiederverwendet wird
- Absturz/Abschalten des Rechners während die Verschlüsselung noch läuft
- Swap-Partition enthält Teile des Arbeitsspeichers
- ↪ Verschlüsselte Daten sickern in unverschlüsselte Teile des Speichermediums durch
- ↪ Dateiverschlüsselung wird wirkungslos

5 Verschlüsselung von Dateisystem-Partitionen

■ Schicht zwischen Dateisystem und Plattentreiber sorgt für Verschlüsselung

- Pseudo-Plattentreiber - verhält sich "nach oben" wie eine Partition, ver-/entschlüsselt und greift auf Dateien oder "normale" Partition zu



- Aufbau auf herkömmlichem Block-Device: alle Daten werden einheitlich verschlüsselt
- Aufbau auf Datei: Benutzer kann sich mehrere kleine Dateisysteme schaffen, die unterschiedlich verschlüsselt sind
- ◆ Beispiel: *dm-crypt* für Linux

5 Verschlüsselung von Dateisystem-Partitionen (2)

+ Vorteile

- Datei-Metadaten (Name, Attribute) werden mitverschlüsselt
- alle Daten auf der Partition werden grundsätzlich verschlüsselt
- Risiko undichter Stellen wird erheblich reduziert

- Nachteile

- Dateibaum und Dateiattribute nicht mehr erkennbar
 - z. B. kein selektives Backup mehr möglich
- ein gemeinsamer Schlüssel für alle Daten der Partition
- Austausch von Schlüsseln schwierig
- so lange nicht ALLE Partitionen verschlüsselt werden bleibt das Risiko undichter Stellen
 - problematisch vor allem bei kleinen, benutzerspezifischen Dateisystemen

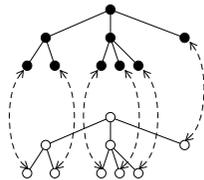
6 Verschlüsselnde Dateisysteme

■ Aufsatz eines verschlüsselnden Dateisystems auf einem normalen unverschlüsselten Dateisystem

- *Stacked Filesystem*

◆ Grundprinzip:

Inhalt und Meta-Daten von Dateien des verschlüsselnden Dateisystems werden in Dateien des darunterliegenden Dateisystems abgelegt



- Struktur der Partition bleibt sichtbar (Directorystruktur und Dateiattribute)

6 Verschlüsselnde Dateisysteme (2)

■ Design-Alternativen

◆ Verschlüsselung von Datei- und Directorynamen

- + zusätzliche Sicherheit, da keine Schlüsse aus den Datei-Metadaten gezogen werden können
- Management wird komplexer (z. B. Backup-Restaurierung)

◆ Realisierung als Teil des Betriebssystemkerns

- z. B. EFS unter Windows, eCryptfs in Linux
- + bessere Performance
- weniger flexibel

◆ Realisierung als Anwendungsprozess (*Userland File System*)

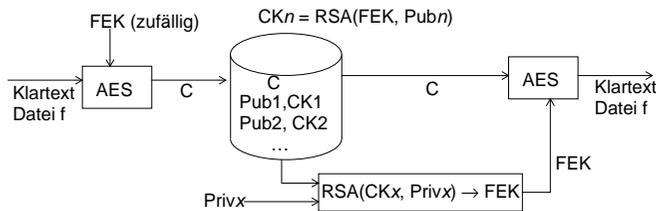
- z. B. CryptoFS oder EncFS unter Linux
- mehr Flexibilität, schlechterer Performance

◆ Ein- oder Mehrbenutzerfähigkeit

- wird ein einheitlicher Schlüssel verwendet oder kann jeder Benutzer eigene Schlüssel einsetzen?

7 Verschlüsselnde Dateisysteme — EFS

- seit Windows 2000, Erweiterungen in XP und Vista
 - Verschlüsselung mit AES, früher DES3 oder DESX
 - setzt auf NTFS auf (nicht auf FAT-Dateisystemen)
- Mehrbenutzerfähig
 - Datei mit zufälligem Schlüssel (FEK - File Encryption Key) verschlüsselt
 - FEK wird mit Public Key aller berechtigten Benutzer verschlüsselt (CK), Ablage in Attributen der verschlüsselten Datei



7 Verschlüsselnde Dateisysteme — EFS (2)

- ▲ Kritische Punkte
 - Speicherung der privaten Schlüssel
 - idealerweise auf Smartcard (ab Vista unterstützt)
 - sonst verschlüsselt (mit Passwort der Benutzers oder Smartcard-Schlüssel) auf der Festplatte
 - privater Schlüssel kann bei login in EFS-Prozess geladen werden und steht danach für den Benutzer zur Verfügung
 - EFS-Prozess sperrt Seiten mit Schlüssel-Information gegen Paging
 - im Hauptspeicher sind die privaten Schlüssel aber vorhanden
 - Angriffe auf den EFS-Prozess?
 - Benutzerpasswort meist deutlich schwächer als erzeugte Schlüssel
 - Änderung des Benutzerpassworts durch Admin führt dazu, die privaten Schlüssel für den Benutzer nicht mehr lesbar sind (→ private Schlüssel außerhalb sichern!)

7 Verschlüsselnde Dateisysteme — EFS (3)

- ▲ Kritische Punkte (2)
 - Schlüssel-Recovery
 - Recovery-Agent (z. B. Administrator) kann verschlüsselte Dateien restaurieren
 - FEKs werden auch mit Public Key des Recovery Agenten verschlüsselt
 - aus X509-Zertifikat des Recovery Agenten
 - wenn Zertifikat abgelaufen ist, muss der Recovery-Schlüssel bei erneutem Speichern einer Datei erneuert werden
 - Private Recovery Key kann außerhalb des Systems verwahrt werden (eigentlich MUSS! - sonst reicht es, Administrator-Rechte zu erlangen, um alle verschlüsselten Dateien entschlüsseln zu können)
 - alte Schlüssel müssen aufbewahrt werden (für alte Dateien)

7 Verschlüsselnde Dateisysteme — EFS (4)

- ▲ Kritische Punkte (3)
 - Verschlüsselung auf NTFS-Dateisysteme beschränkt
 - vom Benutzer für ein Verzeichnis und ggf. alle Unterverzeichnisse einstellbar
 - Dateien werden beim Kopieren auf andere Dateisysteme entschlüsselt
 - Transfer von Dateien über Netzverbindungen unverschlüsselt
 - Verschlüsselung der privaten Schlüssel mit dem Benutzer-Passwort
 - schwaches Glied in der Kette
 - Problem wenn Administrator Benutzer-PW ändert
 - privaten Schlüssel extrahieren und separat speichern