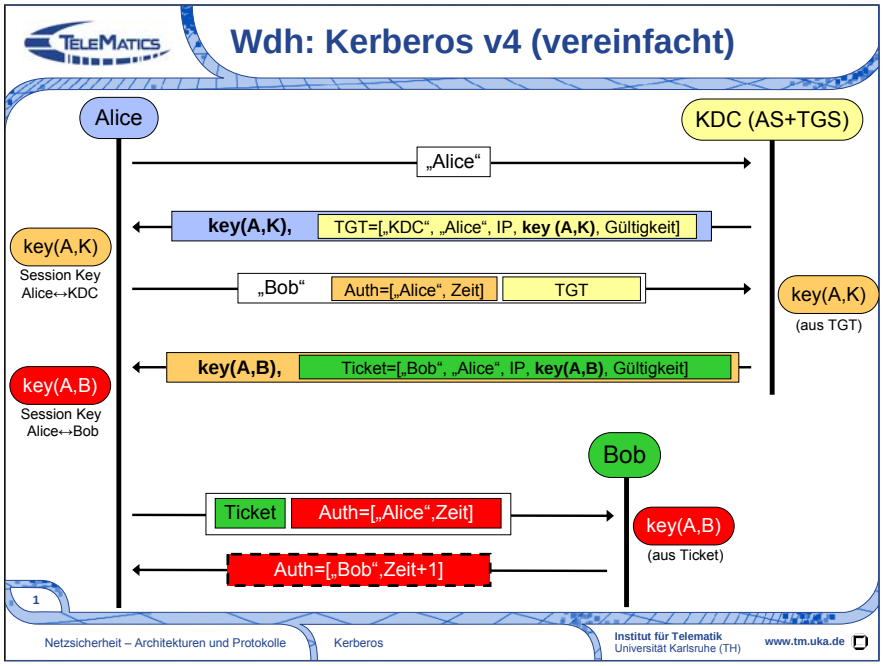


•Bitte drucken Sie dieses Bild in Farbe aus! Die einzelnen Farben stehen für die verschiedenen Schlüssel, mit denen eine Nachricht verschlüsselt ist. Schlüssel, die während des Protokollablaufs erzeugt werden stehen jeweils in einem abgerundeten Kasten. Ein Schlüssel zwischen Alice und dem KDC wird dargestellt als Key(A,K), der Schlüssel zwischen Alice und Bob mit Key(A,B) und so weiter. Im weiteren wird die Farbe des Kastens für die Verschlüsselung verwendet. Beispiel: Das Client Master Secret von Alice ist blau dargestellt. Der Schlüssel, der danach vom KDC geliefert wird, wird im Folgenden orange dargestellt.

•Hinweis für mündliche Prüfungen: es sollte klar sein, mit welchem Schlüssel welche Nachricht verschlüsselt ist. Es sollte klar sein, warum der entsprechende Schlüssel verwendet wird!

Kerberos Version 5

- Gleiches Konzept wie bei Kerberos v4, aber
  - Änderungen
    - verbesserter Schutz der Benutzer-Passwörter
    - Nachrichtenformat
      - v4: festes Format
      - v5: ASN.1 (Abstract Syntax Notation One)
    - freie Wahl des Verschlüsselungsverfahren
  - Erweiterungen
    - **Weitergabe der eigenen Rechte**
    - **flexiblere Gültigkeiten von Tickets**
  - Optimierungen
    - keine doppelte Verschlüsselung des TGT

•Kerberos V5 benutzt ASN.1 (bekannt aus der Vorlesung Telematik) zur Definition von Nachrichtenformaten und bietet mehr Flexibilität, um Anpassungen vorzunehmen. Kerberos V4 sieht z.B. starr 4 Byte für eine Netzwerkschicht-Adresse vor. Damit ist eine Erweiterung für IPv6 nicht ohne weiters möglich, da die Adressen in IPv6 länger sind. Bei Kerberos Version 5 kann das Nachrichtenformat einfacher angepasst werden, da es in ASN.1 kodiert ist. Details zum ASN.1 Format der Kerberos-Nachrichten finden Sie in RFC 1510 ab Kapitel 5.

•Die freie Wahl der Verwendeten kryptographischen Verschlüsselungsverfahren ist wichtig, um eine lange Lebenszeit eines Protokolls zu erreichen, denn mit einer freien Wahl der Verfahren wird es möglich, gebrochene oder qualitativ schlechte Algorithmen durch bessere Algorithmen auszutauschen. So unterstützt z.B. Kerberos in Windows Vista den Verschlüsselungsalgorithmus AES.

•Adressen in Kerberos V5 in ASN.1: HostAddress ::= SEQUENCE { addr-type[0] INTEGER, address[1] OCTET STRING } . Dabei steht addr-type für den Typ der Adresse (z.B. AF_INET für IPv4, AF_INET6 für IPv6, AF_APPLETALK für Appletalk...), die eigentliche Adresse ist dann in address enthalten.

Rechteübertragung

- Problem in Kerberos v4
  - Absender IP-Adresse im Ticket enthalten
  - Änderung der Ticket IP-Adresse nicht möglich

  → *Übertragung der Rechte nicht möglich*

→ welche Anforderungen würden Sie an ein übertragbares Ticket stellen?

→ welche Tickets würden Sie in Kerberos übertragbar machen?

→ wen würden Sie über die Übertragbarkeit von Tickets entscheiden lassen?

•Unübertragbarkeit von Rechten war in Kerberos Version 4 als Feature gedacht

•Erschweren des Diebstahl von Tickets

•Übertragbarkeit aber in manchen Anwendungsfällen wünschbar!

Rechteübertragung

- Anforderungen an übertragbares Ticket
  - zeitliche Beschränkung der Rechteübertragung
  - Beschränkung der übertragenen Rechte durch Besitzer
- Mögliche übertragbare Tickets
  - *Ticket Granting Ticket*
  - *Tickets*
- Wer darf über Übertragbarkeit entscheiden?
  - Nutzer (beim Beantragen)
  - KDC (über Richtlinie beim Ausstellen)
  - Ressource (über Akzeptanz bei der Annahme → Transparenz nötig)

•Wird das Ticket Granting Ticket übertragbar gemacht, so können also im Namen des legitimen Nutzers Tickets für alle Ressourcen beantragt werden

•Wird ein Ticket für eine Ressource übertragbar gemacht, so kann im Namen des legitimen Nutzers das Ticket lediglich für den Zugriff auf diese eine Ressource verwendet werden.

Übertragbare Tickets in Kerberos v5

- Übertragbare Tickets
  - Forwardable TGT: übertragbares Ticket-Granting Ticket
  - Proxy Ticket: übertragbares Ticket
- Gültigkeit von Tickets
  - Angabe der IP-Adresse(n), von wo Ticket verwendet werden kann
  - überall gültig wenn keine IP, mehrere Adressen möglich
  - Restriktion durch IP-Spoofing umgehbar
    - *"Including the network addresses only makes it more difficult, not impossible, for an attacker to walk off with stolen credentials and then use them from a "safe" location."* (RFC1510)
- weiteres
  - Erkennung übertragbarer Tickets durch Flag
  - Übergabe des dazugehörigen Sitzungs-Schlüssel mit dem übertragbaren Ticket

•Mit einem Forwardable TGT können beliebige weiter Tickets angefordert werden, während das Proxy Ticket nur für genau eine Ressource gilt.

•Die übertragbaren Tickets und das Recht zur Übertragung von Tickets werden über Flags erkannt: FORWARDABLE flag und FORWARDED flag bzw. PROXIABLE flag und PROXY flag. FORWARDED und PROXY bedeuten dabei jeweils, dass die Übertragung für dieses Ticket stattgefunden hat. FORWARDABLE und PROXIABLE, dass eine Übertragung erlaubt ist.

•The FORWARDABLE flag is normally only interpreted by the TGS, and can be ignored by end servers. When set, this flag tells the ticket-granting server that it is OK to issue a new TGT with a different network address based on the presented ticket.

•The PROXIABLE flag is normally only interpreted by the TGS, and can be ignored by end servers. The PROXIABLE flag has an interpretation identical to that of the FORWARDABLE flag, except that the PROXIABLE flag tells the ticket-granting server that only non-TGTs may be issued with different network addresses.

Einschränkungen übertragbarer Tickets

- Sicherheitsrichtlinien des KDC regelt Vergabe von übertragbaren Tickets
  - z.B. Einschränkung der Ausgabe von Tickets ohne IP-Adresse
- Jede Ressource (Anwendung) regelt die Akzeptanz von übertragbaren Tickets selbst
  - erkennt übertragenes Ticket durch Flag „Proxy“ bzw. „Forwarded“
  - Sicherheitsrichtlinien für jede Ressource (Anwendung)
  - Akzeptanz bzw. Ablehnung von Tickets ohne IP-Adresse

Lebenszeit von Tickets

- Problem der Lebenszeit von Tickets
  - feste und begrenzte Lebenszeit in Kerberos v4
  - in Kerberos v5 Beschreibung wg. ASN.1 kein Problem
  - Gefahr durch langlebige Tickets
    - Widerrufen schwierig
    - keine Auswirkung von geänderten Zugriffsrechten auf bereits ausgestellte Tickets
- Zwei neue Arten von Tickets in Kerberos v5
  - *erneuerbare Tickets* (langfristig gültige Tickets)
  - *zukünftige Tickets* (Gültigkeitsbeginn in der Zukunft)

  → *auf folgenden Folien*

•Die Lebenszeit von Kerberos V4 Tickets ist stark begrenzt, da das Nachrichtenformat von Kerberos V4 fest ist → ein Oktett hält die Lebenszeit, wobei die Einheit 5 Minuten ist

•dadurch ist die maximale Lebenszeit von Tickets in Kerberos V4: 5 min* 255 = 21,25 Stunden

•In Kerberos V5 stellt dies kein Problem dar, da die höchste Datumsangabe in ASN.1 der 31. Dez. 9999 ist

Erneuerbare Tickets

- Einsatzgebiet *erneuerbarer Tickets*
  → regelmäßige Wartungsarbeiten wie Batch-Jobs
  - Renewable-Flag im Ticket gesetzt
  - Gültigkeit des Tickets bis: End-Time
    - festgelegt in KDC-Konfiguration
    - Überprüfung durch Ressource
  - Einschränkung: Regelmäßige Erneuerung des Tickets möglich (jeweils vor End-Time)
    - Erneuerung des Tickets durch KDC maximal bis Renew-Till
    - Überschreitung der End-Time: Ticket nicht mehr erneuerbar
  - Widerrufen der Tickets nach Ausstellung jederzeit möglich
    - müssen nur minimale Zeit gespeichert werden (wegen Behandlung von abgelaufenen Tickets)
  - Speicherung abgelaufener Tickets im KDC *nicht* notwendig

•Zeitangaben in erneuerbaren Tickets

- •End-Time: Zeitpunkt, zu dem die aktuelle Ausprägung des Tickets ungültig wird (aber vor End-Time Erneuerung des Tickets möglich)
- •Renew-Till: Zeitpunkt, zu dem das Ticket nicht mehr erneuert werden kann.
- •Auth-Time: Zeitpunkt, zu dem das TGT erstellt wurde. Kopie des Zeitpunkts in jedem Ticket, das aus diesem TGT erzeugt wird.

•Für Erneuerung eines Tickets muss man als Benutzer nicht eingeloggt sein. Das System kann dies selbst durchführen

•Hinweis für mündliche Prüfungen: die Bedeutung der verschiedenen Zeitfelder sollte an einem Beispiel gezeigt werden können.

Zukünftige Tickets

- Einsatzgebiete *zukünftiger Tickets*
  → beispielsweise Backup
  - Flags
    - May-postdate-Flag im TGT
      - Flag gesetzt: Ausstellung zukünftiger Tickets möglich
    - Invalid-Flag und Postdated-Flag im Ticket gesetzt
    - Start-Time in der Zukunft
  - Wiedervorlage des Ticket zum Startzeitpunkt beim KDC
    - löschen des Invalid-Flags
    - Widerruf des Tickets nach Ausstellung möglich
  - Jede Anwendung regelt Akzeptanz von zukünftigen Tickets selbst
    - Postdated-Flag bleibt nach „Aktivierung“ bestehen

•Zeitangaben in zukünftigen Tickets

- •Start-Time: Zeitpunkt, ab der das Ticket gültig ist
- •End-Time: Zeitpunkt, zu dem das Ticket ungültig wird
- •Auth-Time: Zeitpunkt, zu dem das TGT erstellt wurde. Kopie des Zeitpunkts in jedem Ticket, das aus diesem TGT erzeugt wird

•Hinweis für mündliche Prüfungen: die Bedeutung der verschiedenen Zeitfelder sollte an einem Beispiel gezeigt werden können.

Vorteile/Nachteile Rechteübertragung

- Vorteile
  - Protokollierung aller Rechteübertragungen durch KDC
  - Beschränkung der Rechteübertragungen durch KDC und Anwendung
- Nachteile
  - Verringerung der Performanz durch Kontaktierung des KDC
  - Komplizierte Zugriffsbeschränkungsregeln im KDC und in den Anwendungen

•Da spezielle Tickets angefordert werden, kann das KDC die Übertragung von Rechten protokollieren und beschränken

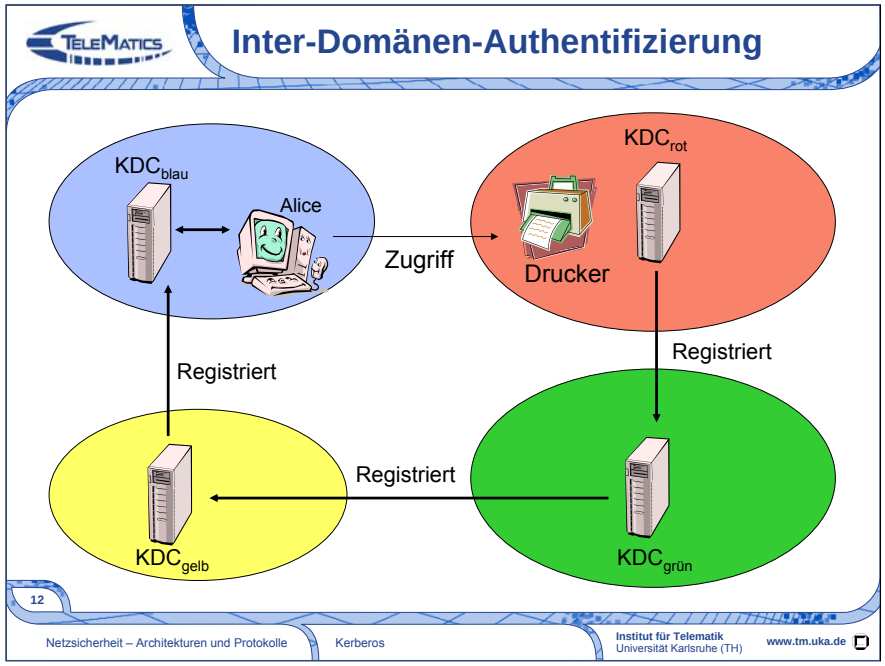
•Da für die Nutzung jeweils noch einmal das KDC kontaktiert werden muss sinkt die Performance des KDC.

Inter-Domänen Authentifizierung

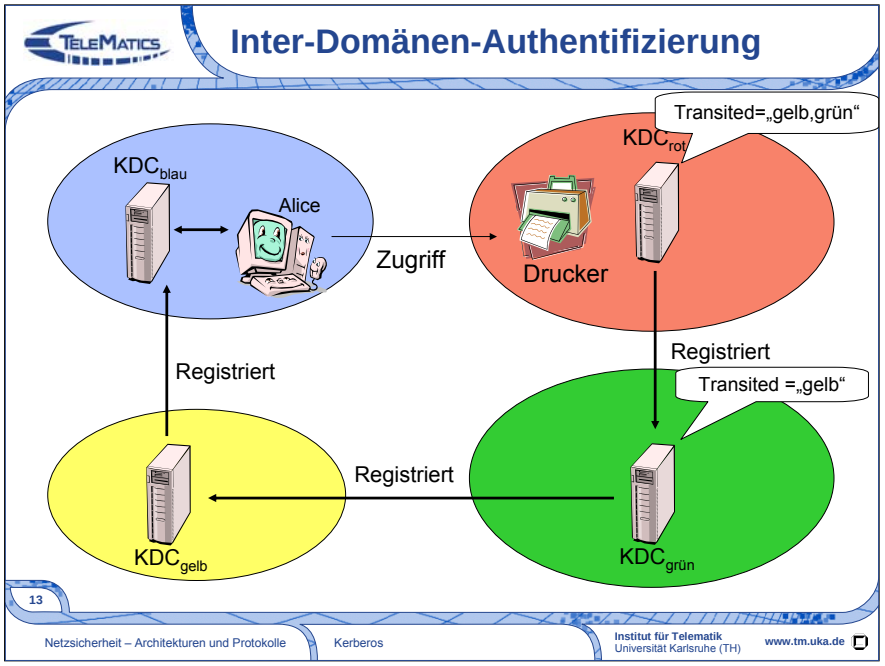
- Inter-Domänen Authentifizierung
  - v4: nur *direkte Authentifizierung*
  - v5: *Verkettung* von Inter-Domänen Tickets möglich
  - Transited Feld im Ticket
    - Auflistung aller zur Authentifizierung zu durchlaufener Domänen
  - Regelung des Umgangs mit verketteten Inter-Domänen Tickets durch Sicherheitsrichtlinien in Applikation
    - Standard: kürzester Weg durch die Hierarchie bildet Menge vertrauenswürdiger Domänen
- Hierarchische Domänen
  - KDC registriert sich als Client bei KDC der Vaterdomäne
  - Anlehnung an Internet- oder X.500 Name

•Ein KDC trägt in das Transited Feld jeweils den Domänennamen der vorigen (!) Domäne ein

- •Auf diese Weise wird verhindert, dass ein feindliches KDC sich selbst nicht einträgt (und somit nicht im Transited Feld auftaucht)
- •Allerdings kann ein feindliches KDC alle Daten ändern, die zu dem Zeitpunkt, als das feindliche KDC das entsprechende TGT ausstellte, im Transited Feld stand
- •Das Transited Feld ist nicht sortiert!



•Im Transited Feld wird die erste Domäne und die letzte Domäne weggelassen!



•Im Transited Feld wird die erste Domäne und die letzte Domäne weggelassen!

•Woher weiß Alice an welche Domänen sie sich wenden muss um Ressource zu ordnen?

  •KDCs orientieren sich an einem hierarchischen Namenssystem. Daher kann der hierarchische Baum abgelaufen werden (Baum auf der einen Seite hoch, auf der anderen Seite runter)

Angriffe

Welche Angriffe sind auf diese Inter-Domänen-Authentifizierung möglich?

Password-Guessing Angriffe verhindern

- Preauthentication-Data
  - in **`AS_REQ`** enthalten
  - Zeitstempel mit Master-Secret des Clients verschlüsselt
  - Authentication Server antwortet nur mit **`AS_REP`**, falls Zeitstempel korrekt entschlüsselt wird

•In Kerberos Version 4 konnte jeder einen AS_REQ für einen beliebigen Nutzer senden und erhielt einen AS_REP, auf den ein Password-Guessing-Angriff gefahren werden kann

•In Kerberos Version 5 soll dies durch Preauthentication-Data verhindert werden

  •Im AS_REQ ist ein aktueller Zeitstempel, verschlüsselt mit dem Master-Secret des Clients, enthalten

Diskussion: Password-Guessing Angriffe verhindern?

Welche Angriffe werden mit Preauthentication-Data verhindert?

Welche Angriffe sind weiterhin möglich?

Password-Guessing Angriffe verhindern

- Weiterhin möglicher Angriff
  - Ticket für Zugriff auf einen Benutzer beantragen
  - Offline Password-Guessing Angriff auf dieses Ticket
- Markieren von Benutzereinträgen
  - TGTs nur für menschliche Nutzer
  - KDC stellt keine Tickets zu Clients aus, deren Master-Key aus einem Passwort abgeleitet wird (=meist Benutzer)
- verbleibende Risiken
  - Brute-Force-Angriffe: Passwort raten, daraus Preauthentication-Data
    - dauert lange und Logging von fehlgeschlagenen Authentifizierungsversuchen am KDC

Verhindert den Angriff, der auf der letzten Notizseite beschrieben wurde.

Zusammenfassung Kerberos v5

Neuerungen gegenüber Kerberos v4

- flexibles Nachrichtenformat durch ASN.1
- längere Ticketlebenszeit
  - erneuerbare Tickets
  - zukünftige Tickets
- Übertragung von Rechten möglich
  - Forwardable TGT
  - Proxy Ticket
- mehrstufiges Domänenkonzept

Bewertung Kerberos

- Vorteile
  - nur ein Passwort zur Anmeldung am Netz (*Single-Sign-On*)
  - sichere netzwerkweite Authentifizierung und Autorisation
  - Dienst und Nutzer authentifizieren sich gegenseitig
  - Unterstützung von Vertraulichkeit und Integrität
  - basiert fast ausschließlich auf symmetrischen Verfahren
- Nachteile
  - KDC Master Key befindet sich auf dem KDC
    - Kompromittierung legt alle Client Master Keys offen
  - alle Ressourcen müssen angepasst werden (Kerberized)
  - Authentifizierung basiert auf IP-Adressen
    - IP-Spoofing einfach
  - Passwort-Überprüfung durch Challenge-Response nur optional
  - enge Synchronisation der Uhren der Netzkomponenten notwendig

•Fast ausschließlich auf symmetrischen Verfahren: verwendet auch Hashfunktionen, daher nicht alle rein symmetrisch

Fragen zu Kerberos

1. Trennen Sie Funktionalitäten des KDCs in Authentication Server und Ticket Granting Server. Welche Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten bestehen zwischen den beiden?

2. Beschreiben Sie kurz den Zugriff auf eine Ressource, deren Systemuhr um mehr als 5 Min. nachgeht.

3. Wie könnte ein Angreifer sich als Alice ausgeben, wenn die Übertragung vom Master-Copy auf einen Slave nicht durch einen kryptographischen Hash geschützt wäre?

4. Geben Sie alle Nachrichten in ihrer zeitlichen Reihenfolge an, die versandt werden, angefangen bei einloggen bis zum Zugriff auf eine Ressource in einer fremden Domäne. Geben Sie zu jeder Nachricht an, mit welchem Schlüssel diese verschlüsselt ist.

5. Warum lässt man nicht die Ressource die Gültigkeit von erneuerbaren und zukünftigen Tickets überprüfen?

Literatur

Sichere Netzwerkkommunikation, Bless, Blaß, Conrad, Hof, Kutzner, Mink, Schöller, Springer.

- Kaufmann, Perlman, Speciner: „Network Security – Private Communication in a Public World“, Prentice Hall PTR, 2002, ISBN 0130460192
- RFC 1510 J. Kohl, C. Neuman: „The Kerberos Network Authentication Service (V5)“, September 1993, http://tools.ietf.org/rfc/rfc1510.txt
- RFC 4120 C. Neumann, T.Yu, S. Hartman, K. Raeburn: „The Kerberos Network Authentication Service (V5)“, July 2005, http://tools.ietf.org/rfc/rfc4120.txt
- Needham, R.M., and Schroeder, M.D.: „Using Encryption for Authentication in Large Networks of Computers“, Communications of the ACM, Vol. 21, Number 12, Pages 993-999, Dezember 1978
- RFC 2623 M. Eisler: “NFS Version 2 and Version 3 Security Issues and the NFS Protocol's Use of RPCSEC_GSS and Kerberos V5”, June 1999, http://tools.ietf.org/rfc/rfc2623.txt
- RFC 2712 A. Medvinsky, M. Hur: “Addition of Kerberos Cipher Suites to Transport Layer Security (TLS)”, October 1999, http://tools.ietf.org/rfc/rfc2712.txt
- RFC 2942 T. Ts'o: “Telnet Authentication: Kerberos Version 5”, September 2000, http://tools.ietf.org/rfc/rfc2942.txt
- RFC 3244 M. Swift, J. Trostle, J. Brezak: “Microsoft Windows 2000 Kerberos Change Password and Set Password Protocols”, February 2002, http://tools.ietf.org/rfc/rfc3244.txt

•Hinweis für mündliche Prüfungen: Werfen Sie noch einmal einen Blick in RFC 4120. Dort sind viele Details noch einmal erklärt.