Computationally Secure Two-Round Authenticated Message Exchange

Henning Schnoor

Klaas Ole Kürtz, Thomas Wilke

Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

20. März 2009

Authentifizierung

Grundlegendes Ziel

Kommunikationspartner wollen „überzeugt sein“, miteinander zu sprechen.

Authentifizierung

Grundlegendes Ziel

Kommunikationspartner wollen „überzeugt sein“, miteinander zu sprechen.

Erweiterungen

- Authentifizierter Nachrichtenaustausch
- Authentifizierter Schlüsselaustausch

Authentifizierung

Grundlegendes Ziel

Kommunikationspartner wollen „überzeugt sein“, miteinander zu sprechen.

Erweiterungen

- Authentifizierter Nachrichtenaustausch
- Authentifizierter Schlüsselaustausch

Üblicherweise:

- Challenge-Response-Verfahren
- interaktiv, mindestens 3 Runden

Unser Fall: Webservices

2-Runden-Protokoll

- C $\rightarrow$ S: Request
- S $\rightarrow$ C: Antwort

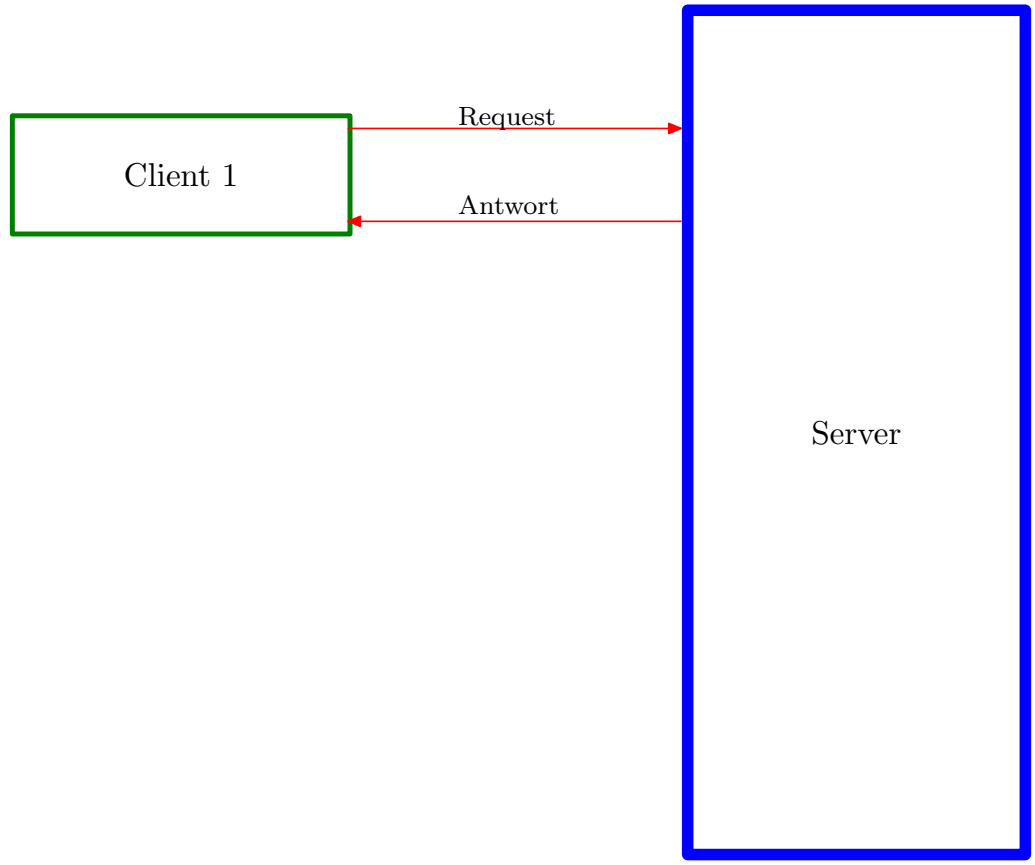
Client schickt in jeder Session
genau eine Nachricht

Unser Fall: Webservices

2-Runden-Protokoll

- C $\longrightarrow$ S: Request
- S $\longrightarrow$ C: Antwort

Client schickt in jeder Session genau eine Nachricht

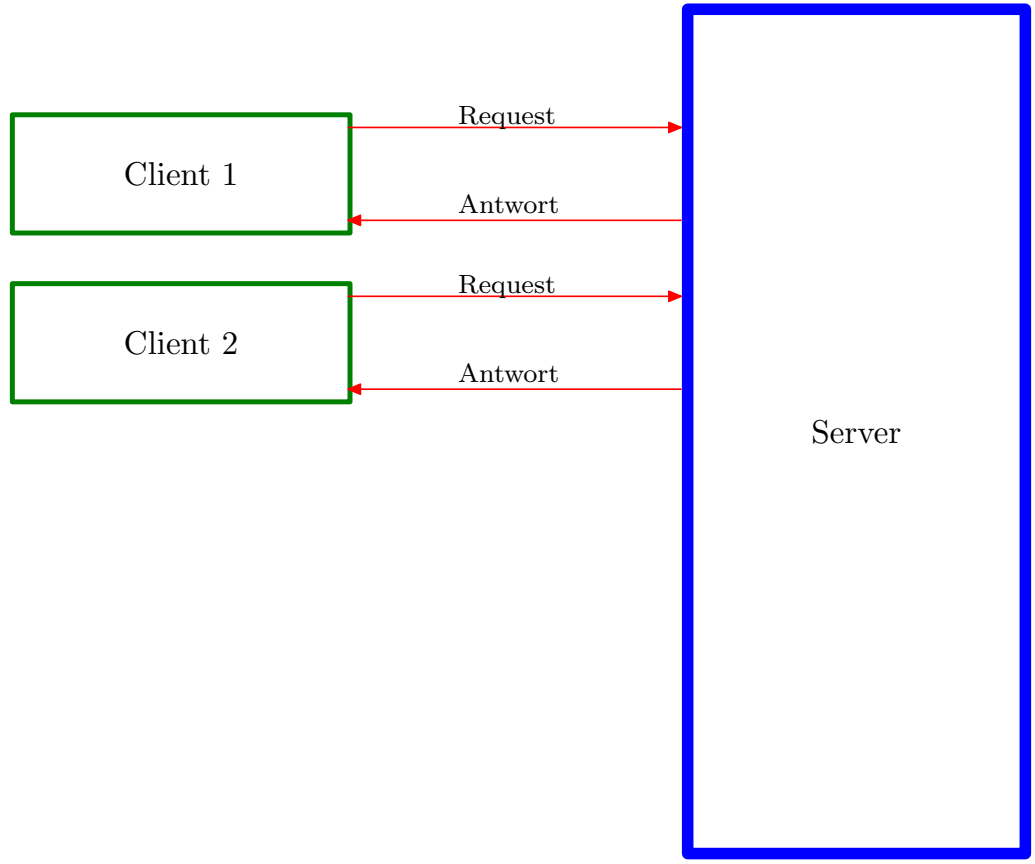


Unser Fall: Webservices

2-Runden-Protokoll

- C $\longrightarrow$ S: Request
- S $\longrightarrow$ C: Antwort

Client schickt in jeder Session genau eine Nachricht

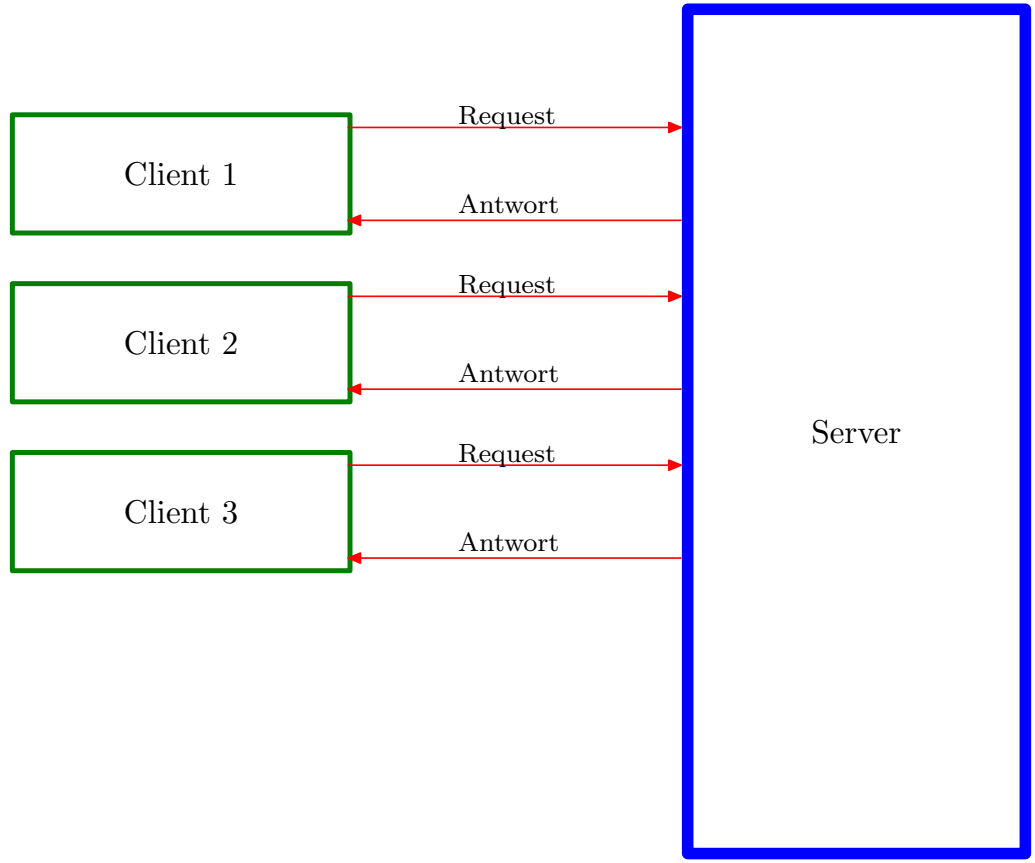


Unser Fall: Webservices

2-Runden-Protokoll

- C $\longrightarrow$ S: Request
- S $\longrightarrow$ C: Antwort

Client schickt in jeder Session genau eine Nachricht

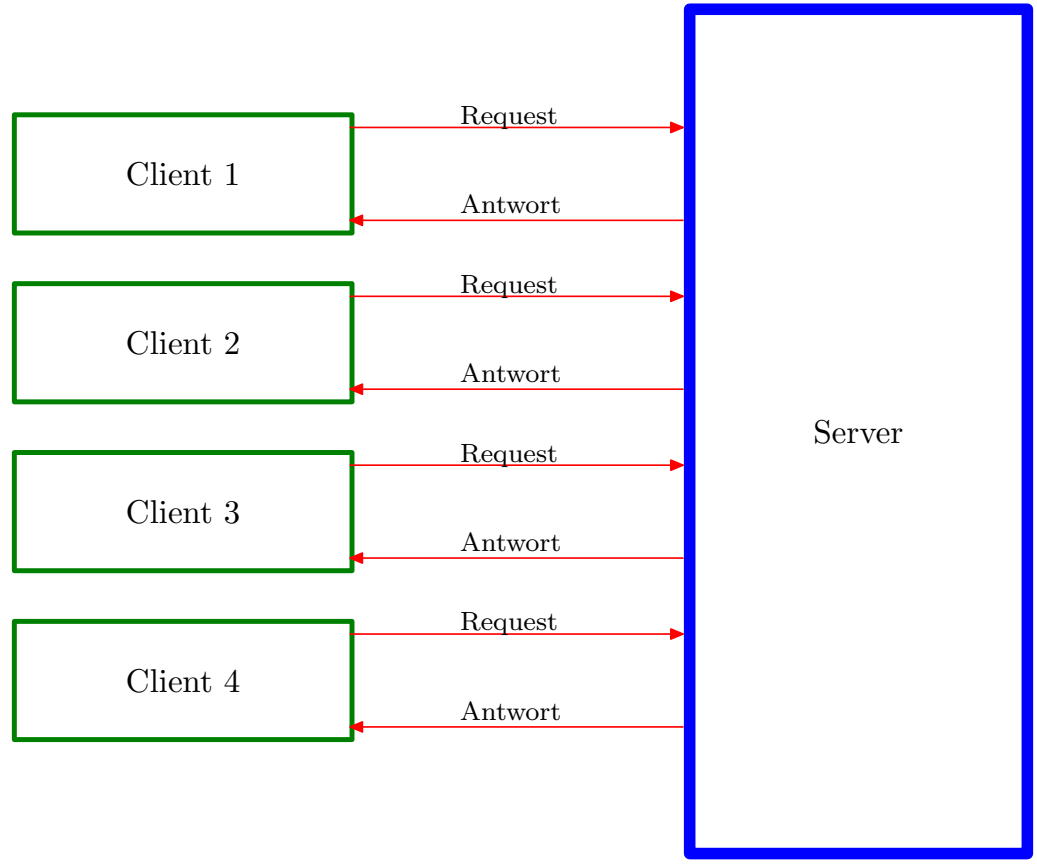


Unser Fall: Webservices

2-Runden-Protokoll

- C $\longrightarrow$ S: Request
- S $\longrightarrow$ C: Antwort

Client schickt in jeder Session genau eine Nachricht



Nicht nur Authentifizierung, auch Nachrichtenaustausch.

In diesem Vortrag

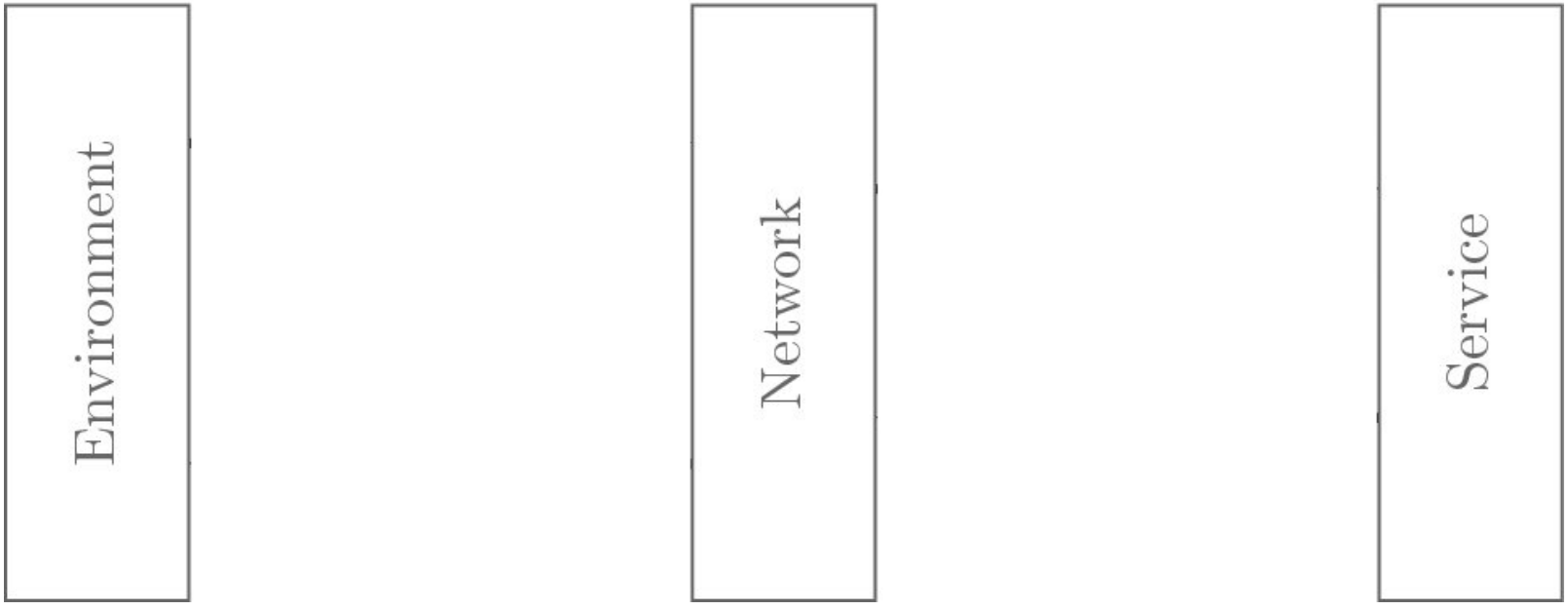
Unser Beitrag

- Formales Modell für Sicherheitsanforderungen
- Protokoll
- Sicherheitsbeweis für Protokoll

Anwendungsszenario

Situation

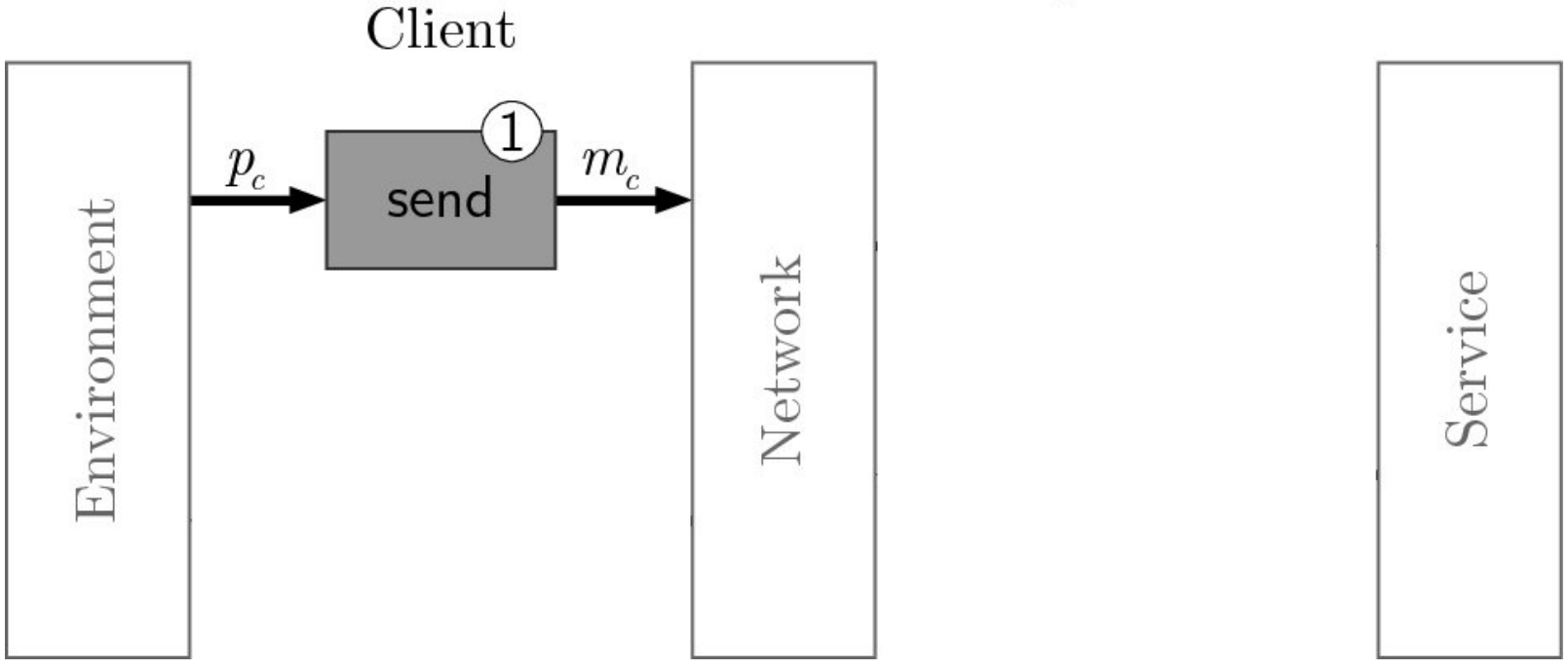
1. Environment schickt Anfragen an Service
2. Service schickt Antwort an Environment



Anwendungsszenario

Situation

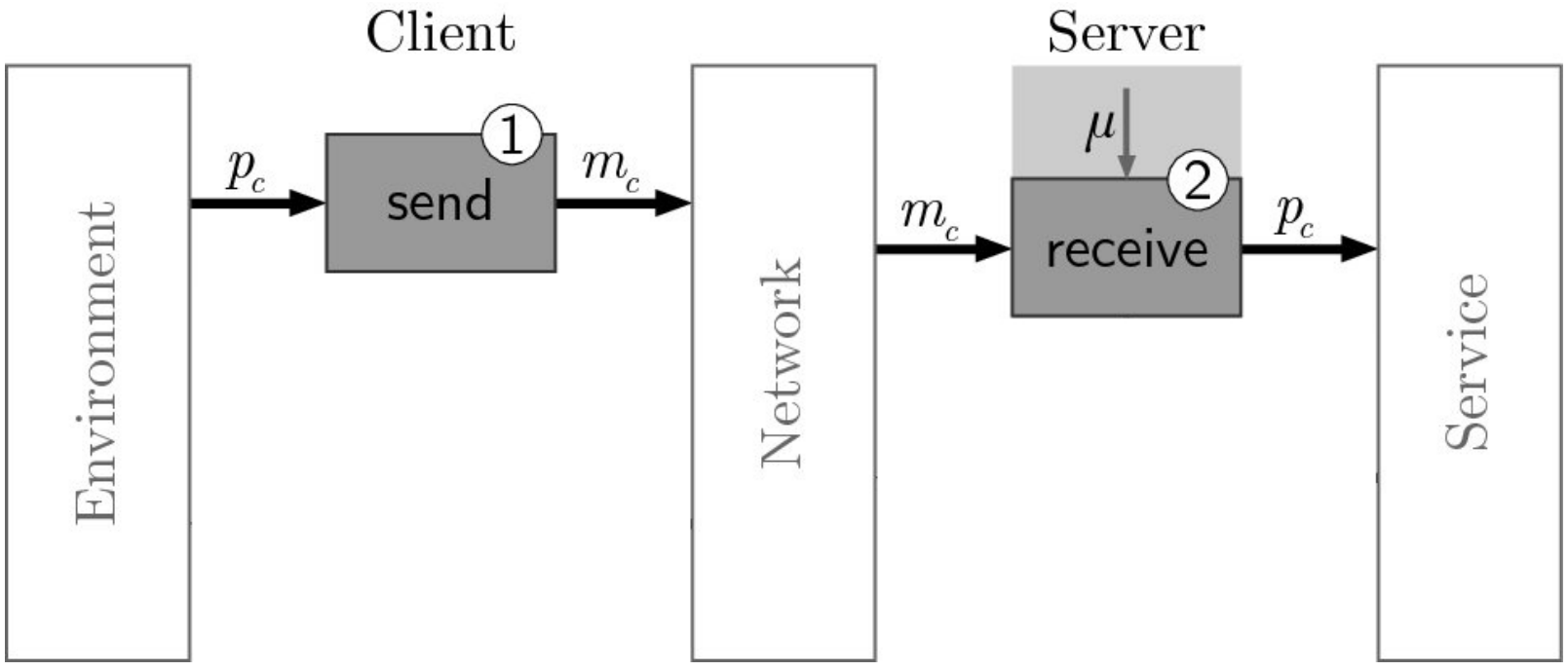
1. Environment schickt Anfragen an Service
2. Service schickt Antwort an Environment



Anwendungsszenario

Situation

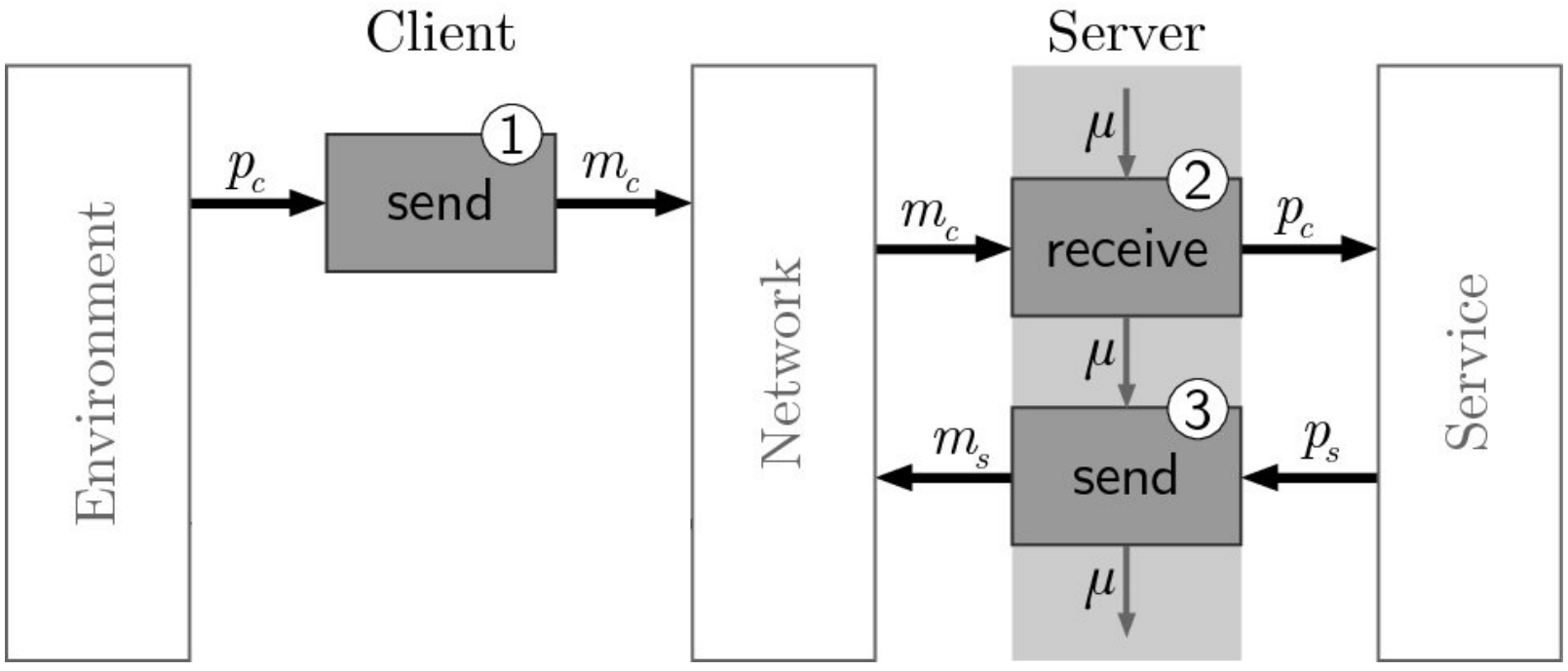
1. Environment schickt Anfragen an Service
2. Service schickt Antwort an Environment



Anwendungsszenario

Situation

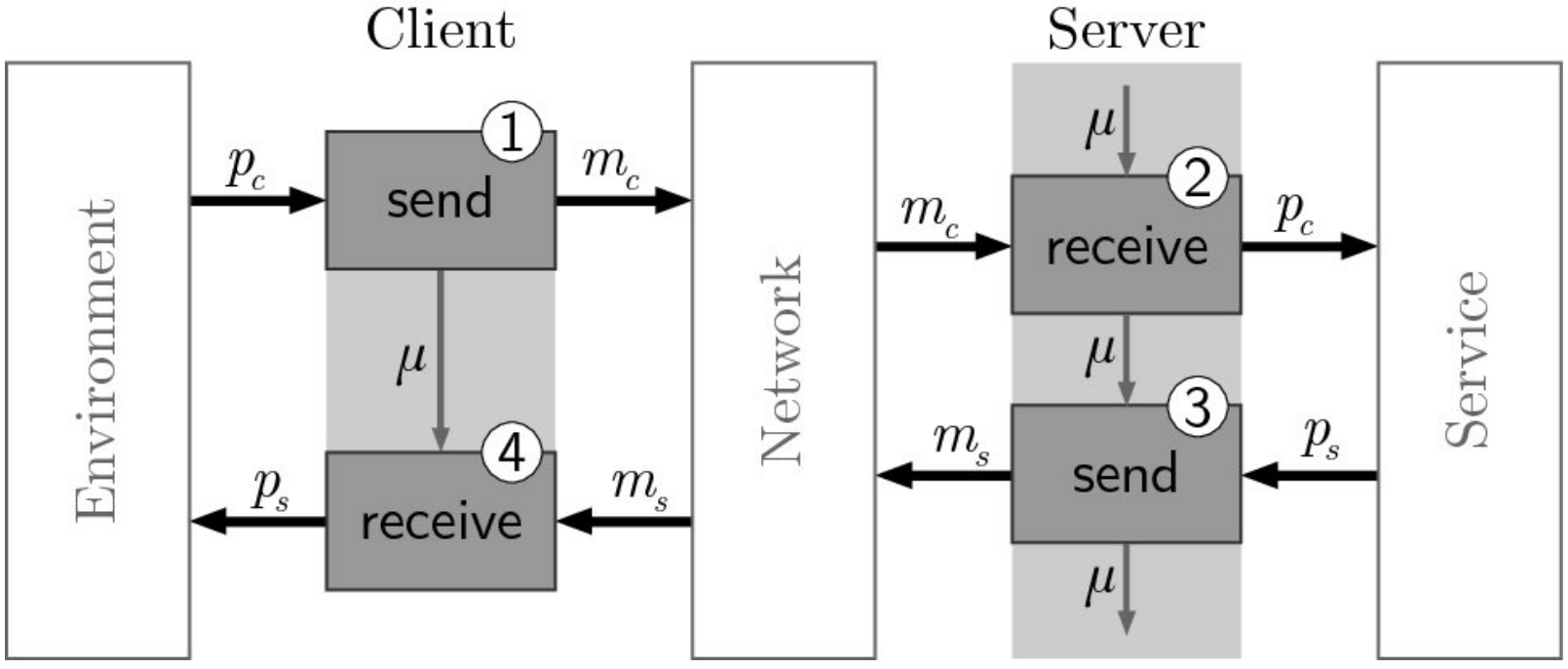
1. Environment schickt Anfragen an Service
2. Service schickt Antwort an Environment



Anwendungsszenario

Situation

1. Environment schickt Anfragen an Service
2. Service schickt Antwort an Environment



Forderung: Nutzdaten sollen „richtig“ ankommen

Sicherheitsüberlegungen

Mögliche Angriffe auf Kommunikation:

- Gefälschte Nachrichten
- Replay-Angriffe

Sicherheitsüberlegungen

Mögliche Angriffe auf Kommunikation:

- Gefälschte Nachrichten
- Replay-Angriffe

Gegenmaßnahmen

- Signaturschema
- Server speichert Nachrichten

Sicherheitsüberlegungen

Mögliche Angriffe auf Kommunikation:

- Gefälschte Nachrichten
- Replay-Angriffe

Gegenmaßnahmen

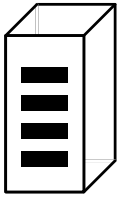
- Signaturschema
- Server speichert Nachrichten

Anforderungen aus Praxis

- Begrenzter Speicher des Servers?
- Was passiert bei Datenverlust?

Angreifermodell

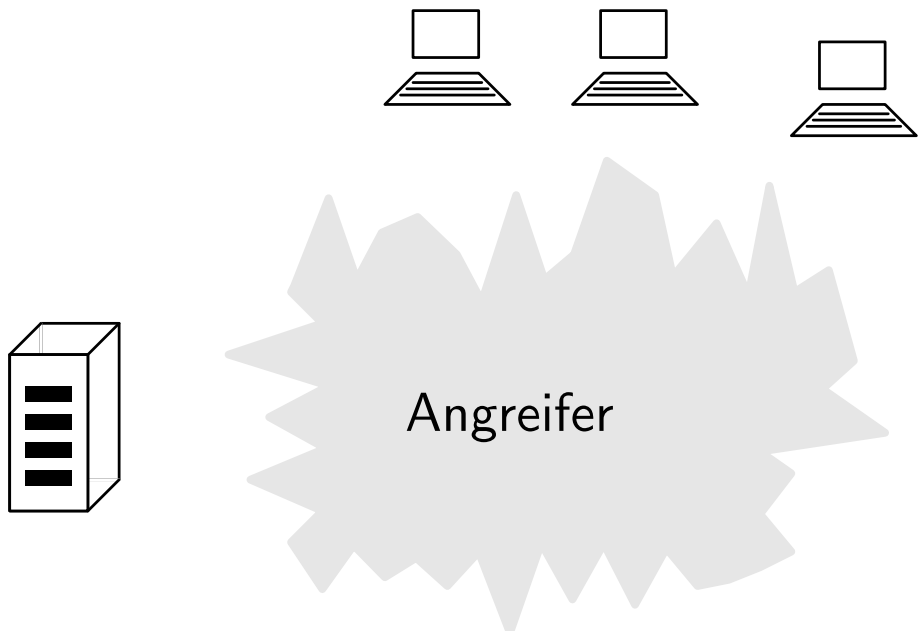
Der Angreifer



Angreifermodell

Der Angreifer

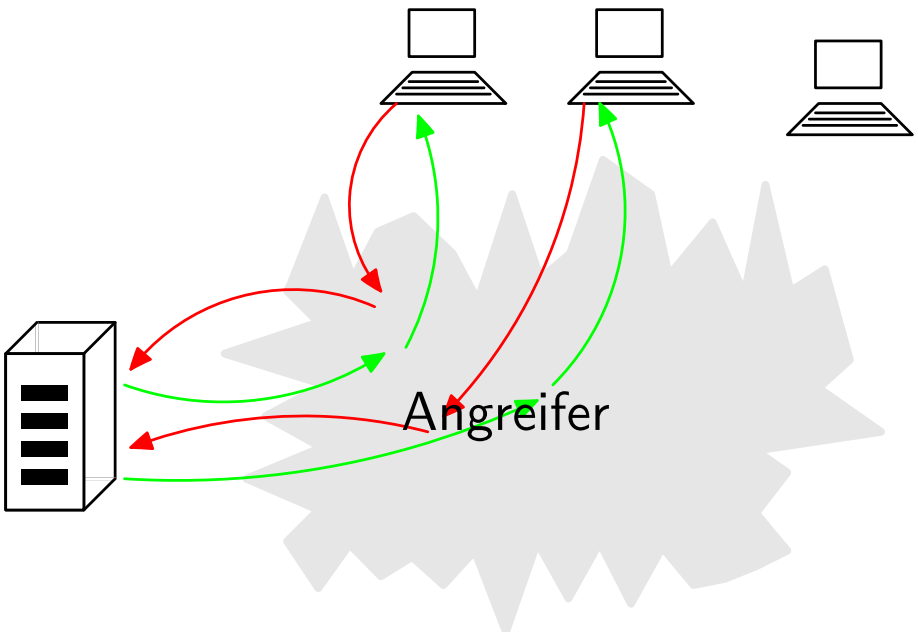
- Angreifer „ist das Netzwerk“



Angreifermodell

Der Angreifer

- Angreifer „ist das Netzwerk“
- Alle Kommunikation läuft über den Angreifer



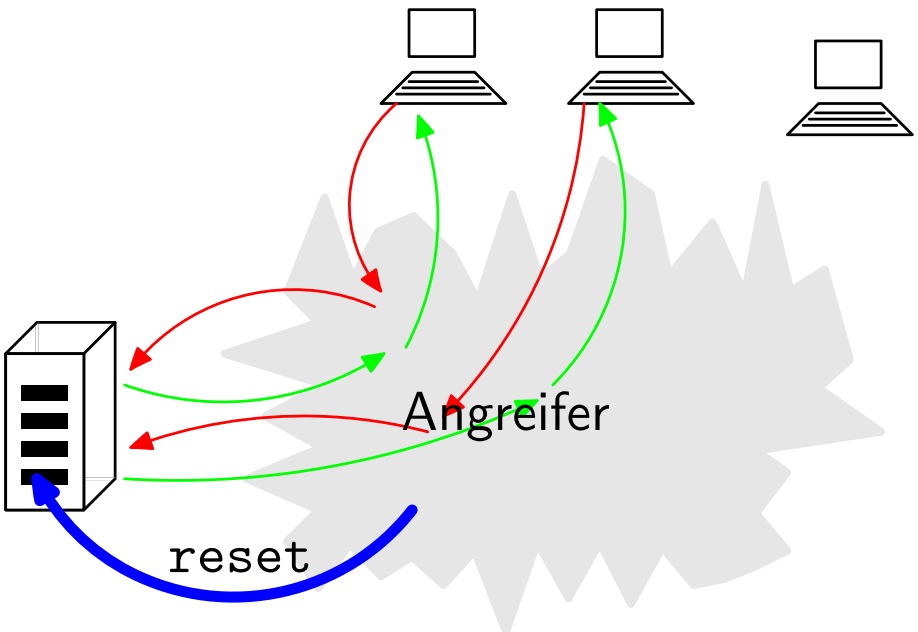
Angreifermodell

Der Angreifer

- Angreifer „ist das Netzwerk“
- Alle Kommunikation läuft über den Angreifer

Zusätzlich:

- Angreifer kann Server-Speicher löschen



Machbar?

Unmöglichkeitsresultat

Jedes nicht-triviale Protokoll anfällig für Replay-Angriffe:

- Sei m Nachricht, die Server nach Reset akzeptiert

Machbar?

Unmöglichkeitsresultat

Jedes nicht-triviale Protokoll anfällig für Replay-Angriffe:

- Sei m Nachricht, die Server nach Reset akzeptiert
- Angreifer:
  1. `reset`
  2. send: m
  3. `reset`
  4. send: m

Machbar?

Unmöglichkeitsresultat

Jedes nicht-triviale Protokoll anfällig für Replay-Angriffe:

- Sei m Nachricht, die Server nach Reset akzeptiert
- Angreifer:
  1. `reset`
  2. send: m
  3. `reset`
  4. send: m

2 und 4 von Server nicht unterscheidbar!

Machbar?

Unmöglichkeitsresultat

Jedes nicht-triviale Protokoll anfällig für Replay-Angriffe:

- Sei m Nachricht, die Server nach Reset akzeptiert
- Angreifer:
  1. `reset`
  2. send: m
  3. `reset`
  4. send: m

2 und 4 von Server nicht unterscheidbar!

Server muss Reset „bemerken“ und darauf reagieren können.

Uhren

Sicherheit durch Zeitstempel

Nehmen an: Alle Teilnehmer haben lokale Uhr

Uhren

Sicherheit durch Zeitstempel

Nehmen an: Alle Teilnehmer haben lokale Uhr

- Nicht synchronisiert

Uhren

Sicherheit durch Zeitstempel

Nehmen an: Alle Teilnehmer haben lokale Uhr

- Nicht synchronisiert
- Angreifer kontrolliert Uhren

Uhren

Sicherheit durch Zeitstempel

Nehmen an: Alle Teilnehmer haben lokale Uhr

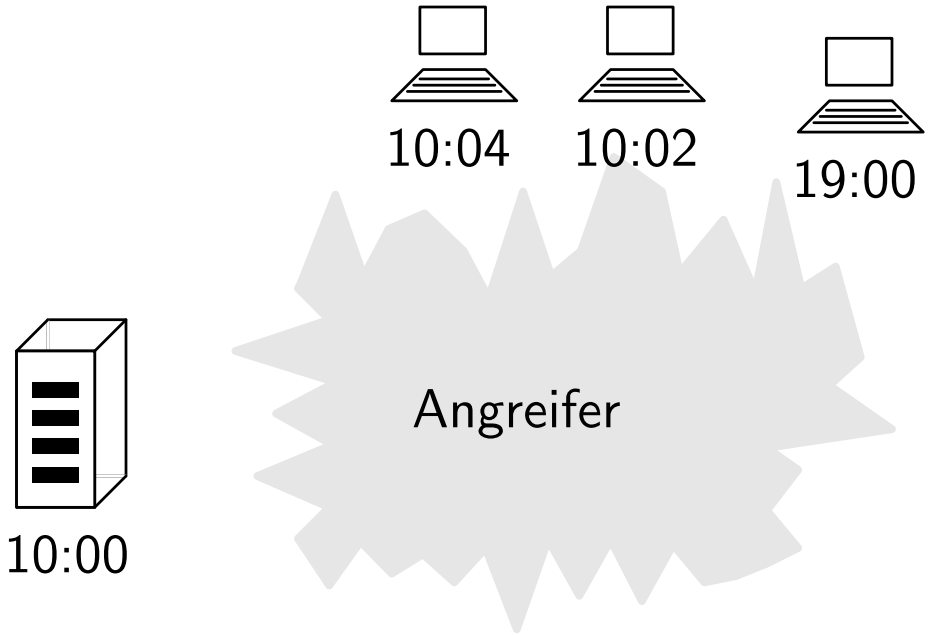
- Nicht synchronisiert
- Angreifer kontrolliert Uhren
- Minimalforderung: Uhren sind monoton

Uhren

Sicherheit durch Zeitstempel

Nehmen an: Alle Teilnehmer haben lokale Uhr

- Nicht synchronisiert
- Angreifer kontrolliert Uhren
- Minimalforderung: Uhren sind monoton

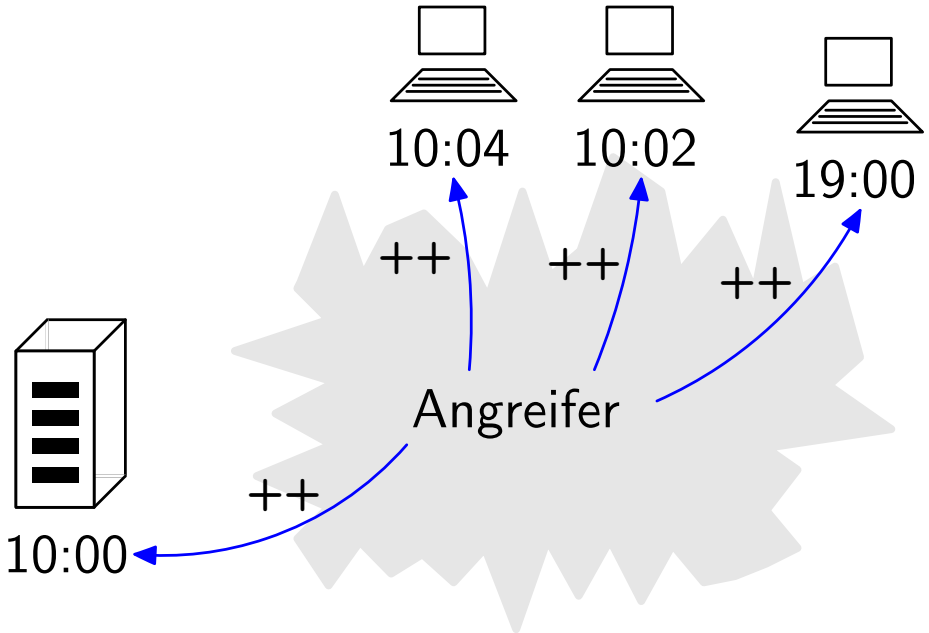


Uhren

Sicherheit durch Zeitstempel

Nehmen an: Alle Teilnehmer haben lokale Uhr

- Nicht synchronisiert
- Angreifer kontrolliert Uhren
- Minimalforderung: Uhren sind monoton



Modellierung und Sicherheitsanforderung

„Experiment“: Lassen Angreifer und Protokoll laufen.

- Feststellen, welche Nachrichten ausgetauscht wurden
- Abhängig davon: Angreifer erfolgreich?

Protokoll

„trace“: Protokoll aller relevanten Ereignisse

Experiment: Ablauf

1. Schlüsselerzeugung für Signaturschema

Experiment: Ablauf

1. Schlüsselerzeugung für Signaturschema
2. Initialisierung:
   - alle Uhren auf 0
   - interne Information ε

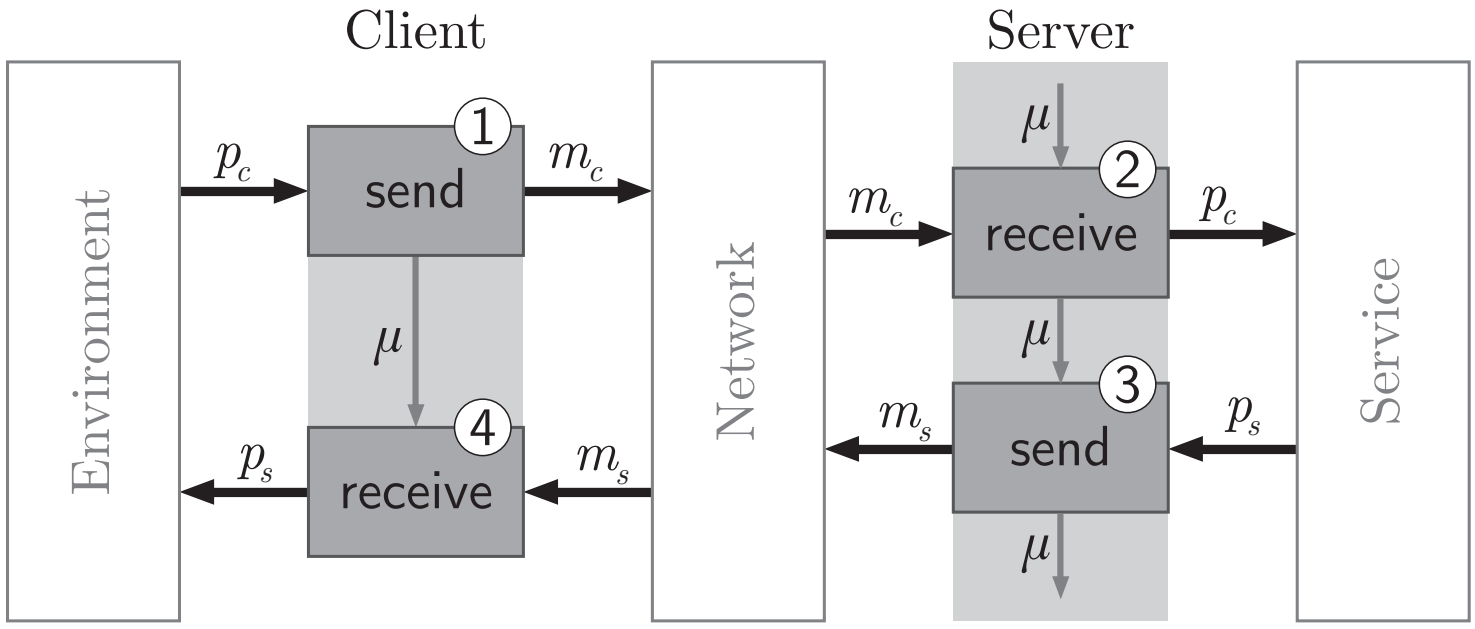
Experiment: Ablauf

1. Schlüsselerzeugung für Signaturschema
2. Initialisierung:
   - alle Uhren auf 0
   - interne Information ε
3. Angreifer: Jeder Schritt:
   - Uhren vorstellen
   - Korruption von Teilnehmer (Angreifer erhält privaten Schlüssel)
   - Start einer Client-Session
   - Zustellung von Nachricht an Client oder Server
   - Server-Reset

„Syntax“ der Algorithmen

4 Schritte:

1. Client send
2. Server receive
3. Server send
4. Client receive



„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Client: Sendeschritt

Eingabe:

- s Server an den Nachricht geschickt werden soll
- p_c payload-Anfrage
- t_c lokale Uhrzeit

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Client: Sendeschritt

Eingabe:
- s Server an den Nachricht geschickt werden soll
- p_c payload-Anfrage
- t_c lokale Uhrzeit

Ausgabe:
- m_c Zu sendende Nachricht

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Client: Sendeschritt

Eingabe:
- s Server an den Nachricht geschickt werden soll
- p_c payload-Anfrage
- t_c lokale Uhrzeit

Ausgabe:
- m_c Zu sendende Nachricht

trace-Eintrag:
- $(c, \texttt{send}, s, p_c, t_c, m_c)$

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Server: Empfangsschritt

Eingabe:

- m_c Eingehende Nachricht
- t_s lokale Uhrzeit

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Server: Empfangsschritt

Eingabe:
- m_c Eingehende Nachricht
- t_s lokale Uhrzeit

Ausgabe:
- c (vermutete) Identität des Absenders
- p_c extrahierte Payload
- $\delta \in \{\mathrm{A}, \mathrm{R}\}$ Entscheidung Akzeptanz

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Server: Empfangsschritt

Eingabe:
- m_c Eingehende Nachricht
- t_s lokale Uhrzeit

Ausgabe:
- c (vermutete) Identität des Absenders
- p_c extrahierte Payload
- $\delta \in \{\mathrm{A}, \mathrm{R}\}$ Entscheidung Akzeptanz

trace-Eintrag:
- $(s, \texttt{receive}, m_c, t_s, c, p_c, \delta)$

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Server: Sendeschritt

Eingabe:

- p_s payload-Antwort
- t_s lokale Uhrzeit

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Server: Sendeschritt

Eingabe:
- p_s payload-Antwort
- t_s lokale Uhrzeit

Ausgabe:
- m_s Zu sendende Nachricht
- c Empfänger

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Server: Sendeschritt

Eingabe:
- p_s payload-Antwort
- t_s lokale Uhrzeit

Ausgabe:
- m_s Zu sendende Nachricht
- c Empfänger

trace-Eintrag:
- $(s, \texttt{send}, p_s.t_s, m_s, c)$

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Client: Empfangsschritt

Eingabe:

- t_c lokale Uhrzeit
- m_s Eingehende Nachricht

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Client: Empfangsschritt

Eingabe:
- t_c lokale Uhrzeit
- m_s Eingehende Nachricht

Ausgabe:
- p_s extrahierte Payload
- $\delta \in \{\mathrm{A}, \mathrm{R}\}$ Entscheidung Akzeptanz

„Syntax“ der Algorithmen

Ein/Ausgabe und trace-Protokoll

Client: Empfangsschritt

Eingabe:
- t_c lokale Uhrzeit
- m_s Eingehende Nachricht

Ausgabe:
- p_s extrahierte Payload
- $\delta \in \{\mathrm{A}, \mathrm{R}\}$ Entscheidung Akzeptanz

trace-Eintrag:
- $(c, \texttt{receive}, t_c, m_s, p_s, \delta)$

Korrektheitsdefinition

Trace enthält

- Welche Nutzdaten *sollten* geschickt werden?
- Welche Nutzdaten sind *angekommen*?
- Wer hat wann welche Nachricht von wem akzeptiert?
- ...

Korrektheitsdefinition

Trace enthält

- Welche Nutzdaten *sollten* geschickt werden?
- Welche Nutzdaten sind *angekommen*?
- Wer hat wann welche Nachricht von wem akzeptiert?
- ...

Korrektheitsdefinition

Wenn Angreifer „gutartig“, sollen alle Daten „wie erwartet“ zugestellt und interpretiert werden.

Korrektheitsdefinition

Trace enthält

- Welche Nutzdaten *sollten* geschickt werden?
- Welche Nutzdaten sind *angekommen*?
- Wer hat wann welche Nachricht von wem akzeptiert?
- ...

Korrektheitsdefinition

Wenn Angreifer „gutartig“, sollen alle Daten „wie erwartet“ zugestellt und interpretiert werden.

Formal: Eigenschaft der trace

Experiment: Reset

Reset

Angreifer kann Server-Speicher löschen:

- `reset`(s) : Setze Speicher von s auf ε

Experiment: Reset

Reset

Angreifer kann Server-Speicher löschen:

`reset`(s) : Setze Speicher von s auf ε

Erhalten bleiben:

- Zugriff auf PKI
- Uhr wird nicht auf Null gestellt

Server wird von Reset informiert, d.h., kann darauf reagieren.

Angriffsdefinition

Sicherheit

Angreifer ist erfolgreich, falls im Experimentablauf

Server Akzeptiert Payload p_c von Client n-mal, Client hat p_c weniger als n-mal geschickt

Angriffsdefinition

Sicherheit

Angreifer ist erfolgreich, falls im Experimentablauf

Server Akzeptiert Payload p_c von Client n-mal, Client hat p_c weniger als n-mal geschickt

Client Akzeptiert Nachricht von Server, die *nicht* Antwort auf seine Anfrage ist

Formal: Eigenschaft der trace

Sicherheitsdefinition

Definition

Protokoll ist sicher, falls für jeden Polynomialzeit-Angreifer Erfolgswahrscheinlichkeit vernachlässigbar.

Protokollelemente

Verteidigung gegen ...

Nachrichtenfälschung Signaturschema

Replay-Angriffe Timestamps und „erlaubte“ Nachrichtenintervalle

Protokollelemente

Verteidigung gegen ...

Nachrichtenfälschung Signaturschema

Replay-Angriffe Timestamps und „erlaubte“ Nachrichtenintervalle

Angriff gegen Server:

1. `reset`
2. Sende m
3. `reset`
4. Sende m

Protokollelemente

Verteidigung gegen ...

Nachrichtenfälschung Signaturschema

Replay-Angriffe Timestamps und „erlaubte“ Nachrichtenintervalle

Angriff gegen Server:

1. `reset`
2. Sende m
3. `reset`
4. Sende m

Gegenmaßnahme

Mit Timestamps:

- Nachrichten haben Zeitstempel
- Alle Zeitstempel vor einem reset werden danach ungültig

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \rightarrow S$: $\{\, \texttt{From:}c, \texttt{To:}s, \texttt{MsgID:}r, \texttt{Timestamp:}t, \texttt{Body:}x \,\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \rightarrow S$: $\{\, \texttt{From:}s, \texttt{To:}c, \texttt{RelTo:}r, \texttt{Body:}y \,\}_{\mathrm{sk}_s}$

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

1. Prüfe `From`, Signatur

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

1. Prüfe `From`, Signatur
2. Falls MsgID in Liste L, lehne ab.
3. Akzeptiere Nachrichten mit Zeitstempel
   - $t_{\min} \leq$ `Timestamp` $< t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

1. Prüfe `From`, Signatur
2. Falls MsgID in Liste L, lehne ab.
3. Akzeptiere Nachrichten mit Zeitstempel
   - $t_{\min} \leq$ `Timestamp` $< t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$
4. Schreibe (t, r) Liste L

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{\, \texttt{From:}c, \texttt{To:}s, \texttt{MsgID:}r, \texttt{Timestamp:}t, \texttt{Body:}x \,\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{\, \texttt{From:}s, \texttt{To:}c, \texttt{RelTo:}r, \texttt{Body:}y \,\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren $(\texttt{Timestamp}, \texttt{MsgID})$

1. Prüfe `From`, Signatur
2. Falls MsgID in Liste L, lehne ab.
3. Akzeptiere Nachrichten mit Zeitstempel
   - $t_{\min} \leq \texttt{Timestamp} < t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$
4. Schreibe (t, r) Liste L
5. Antwort: $\{\texttt{From: } s, \texttt{To: } c, \texttt{RelTo: } r, \texttt{Body: } p\}$

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

1. Prüfe `From`, Signatur
2. Falls MsgID in Liste L, lehne ab.
3. Akzeptiere Nachrichten mit Zeitstempel
   - $t_{\min} \leq$ `Timestamp` $< t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$
4. Schreibe (t, r) Liste L
5. Antwort: $\{$`From:` s, `To:` c, `RelTo:` r, `Body:` $p\}$

- Um Speicherplatz freizugeben:
  1. Erhöhe t_{min}
  2. Lösche Einträge mit Zeitstempel $< t_{min}$ aus L

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

1. Prüfe `From`, Signatur
2. Falls MsgID in Liste L, lehne ab.
3. Akzeptiere Nachrichten mit Zeitstempel
   - $t_{\min} \leq$ `Timestamp` $< t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$
4. Schreibe (t, r) Liste L
5. Antwort: $\{$`From:` s, `To:` c, `RelTo:` r, `Body:` $p\}$

- Um Speicherplatz freizugeben:
  1. Erhöhe t_{min}
  2. Lösche Einträge mit Zeitstempel $< t_{min}$ aus L

Server-Reset : Setze $t_{\min}$ auf $t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$.

Das Protokoll

Nachrichtenaustausch

$C \to S$: $\{$ `From:`c, `To:`s, `MsgID:`r, `Timestamp:`t, `Body:`x $\}_{\mathrm{sk}_c}$

$S \to S$: $\{$ `From:`s, `To:`c, `RelTo:`r, `Body:`y $\}_{\mathrm{sk}_s}$

Server:

- Pflegt Liste aus Paaren (`Timestamp`, `MsgID`)

1. Prüfe `From`, Signatur
2. Falls MsgID in Liste L, lehne ab.
3. Akzeptiere Nachrichten mit Zeitstempel
   - $t_{\min} \leq$ `Timestamp` $< t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$
4. Schreibe (t, r) Liste L
5. Antwort: $\{$`From:` s, `To:` c, `RelTo:` r, `Body:` $p\}$

- Um Speicherplatz freizugeben:
  1. Erhöhe t_{min}
  2. Lösche Einträge mit Zeitstempel $< t_{min}$ aus L

Server-Reset : Setze $t_{\min}$ auf $t_{\text{aktuell}} + t_{\text{toleranz}}$.

Client:

- Prüfe Signatur, `From:`, `To:`, `RelTo:`

„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

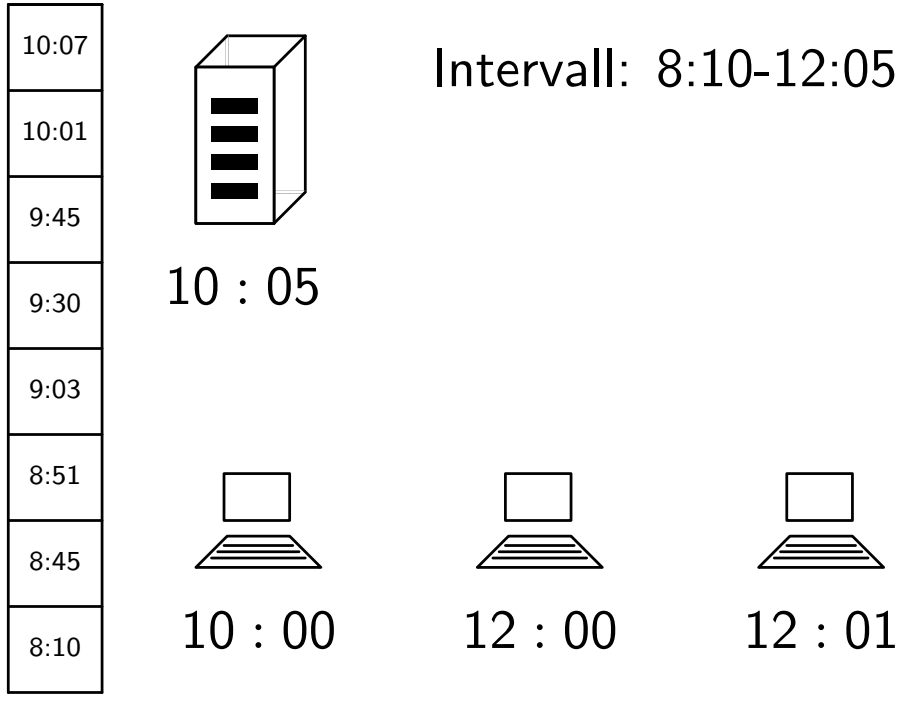
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



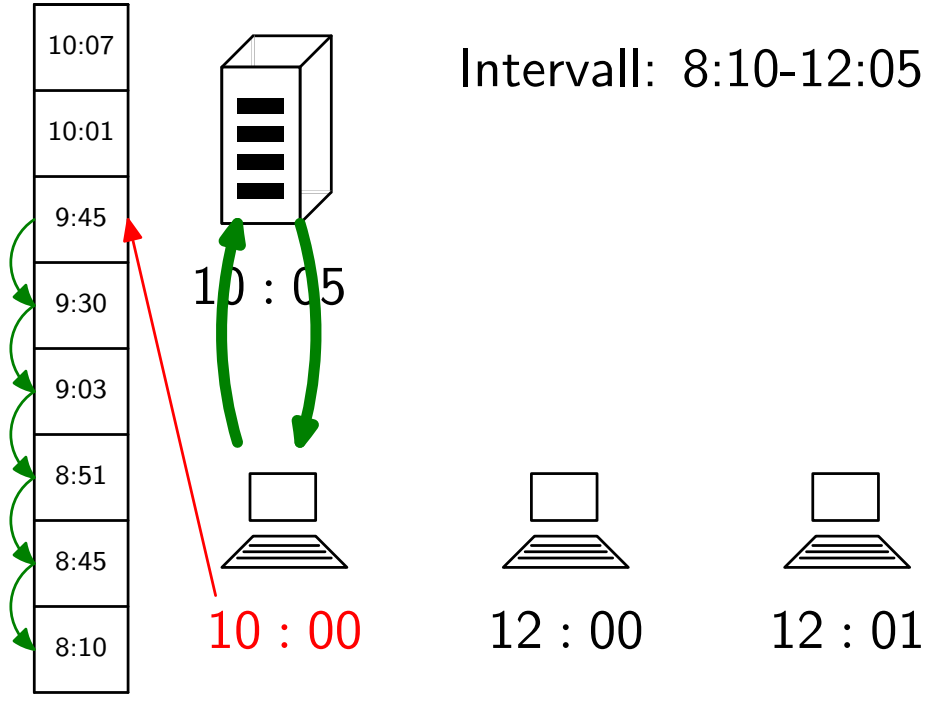
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



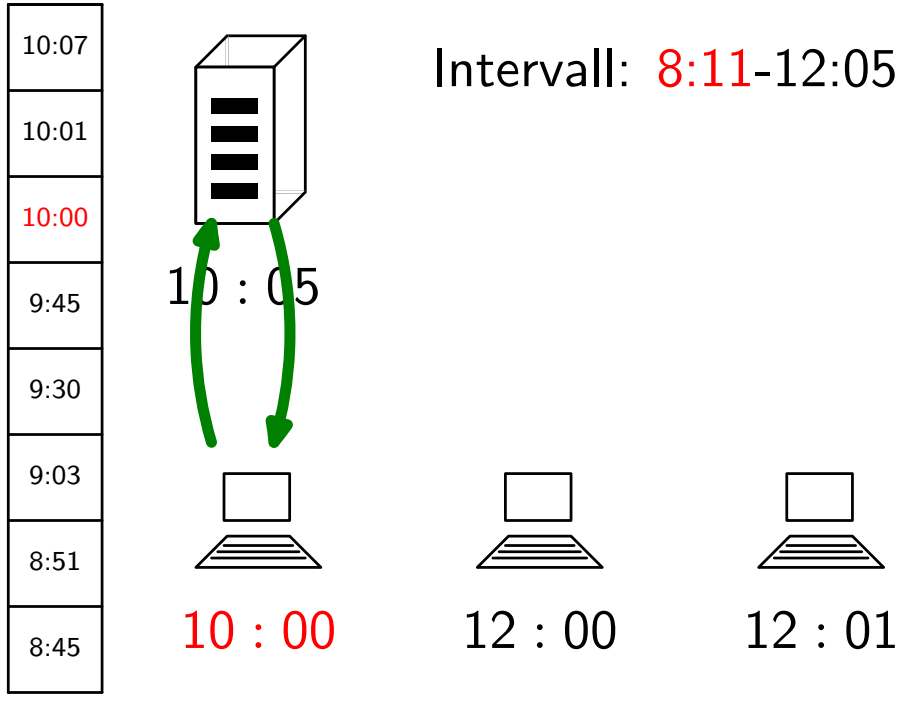
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



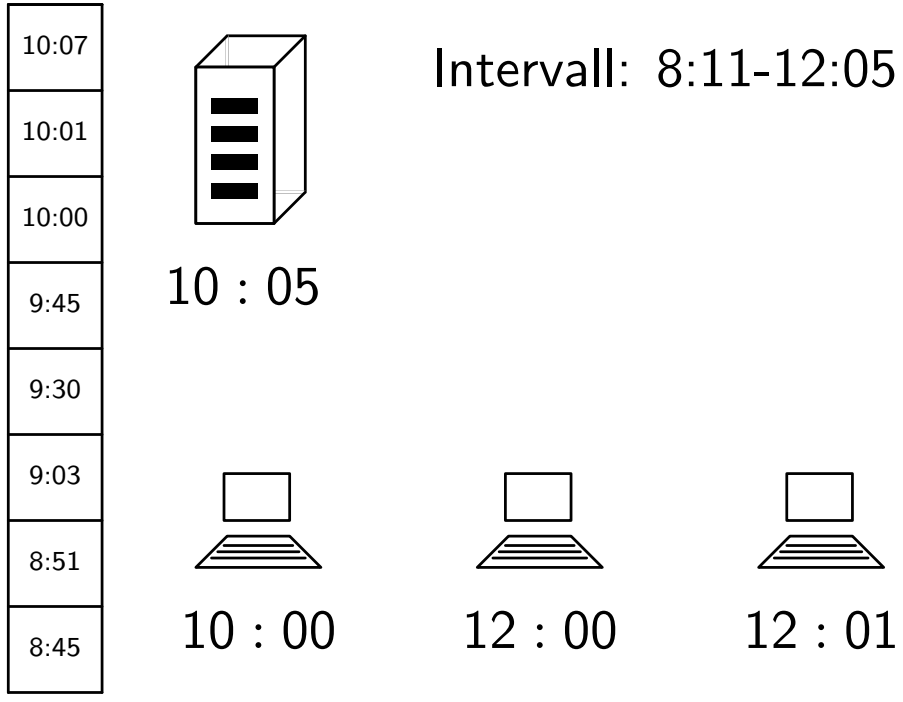
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



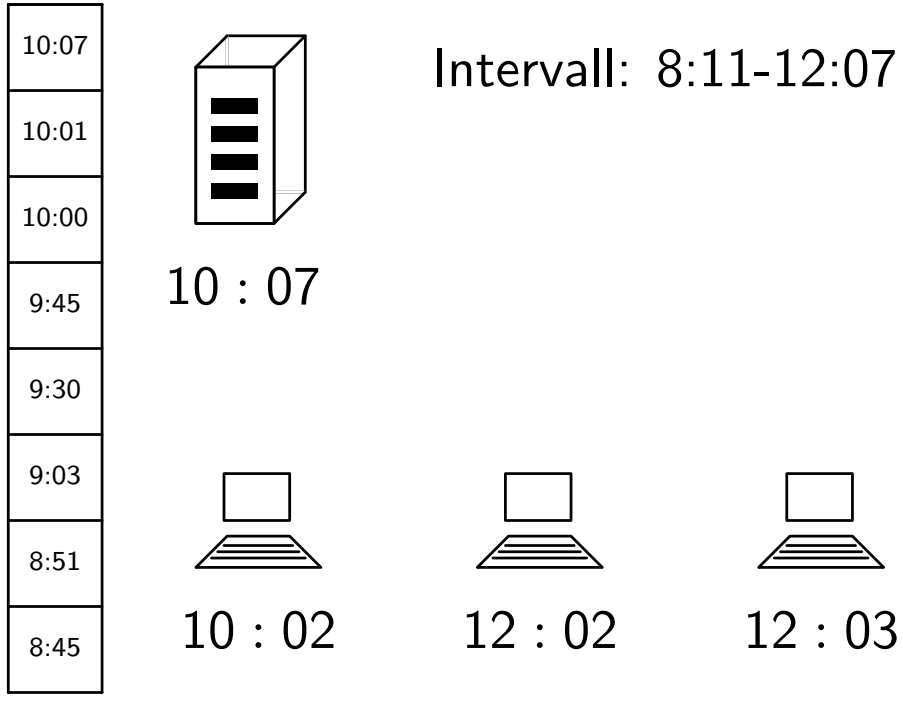
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



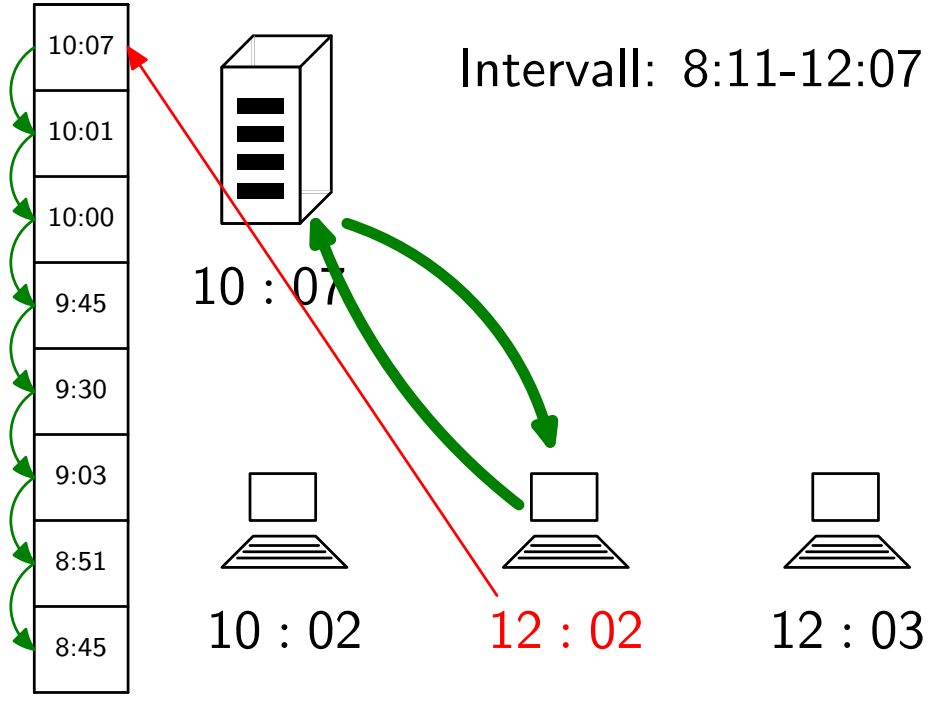
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



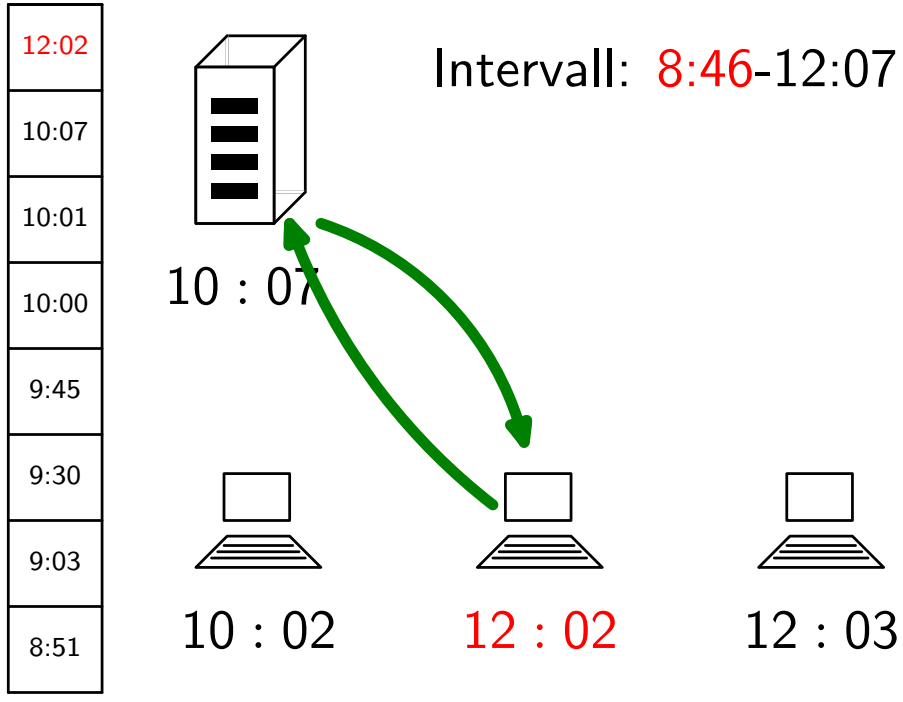
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



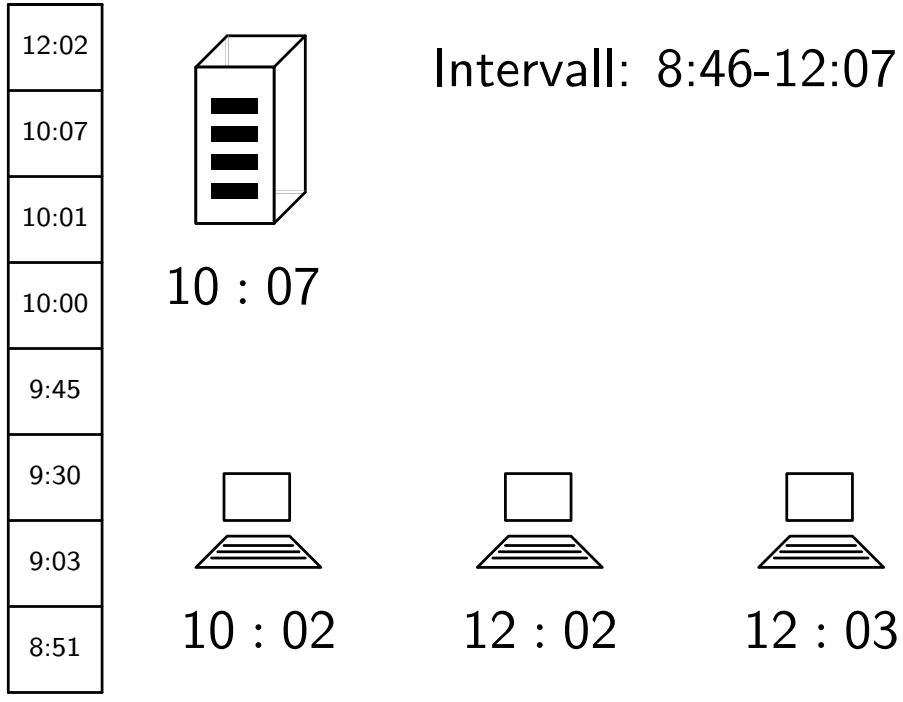
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



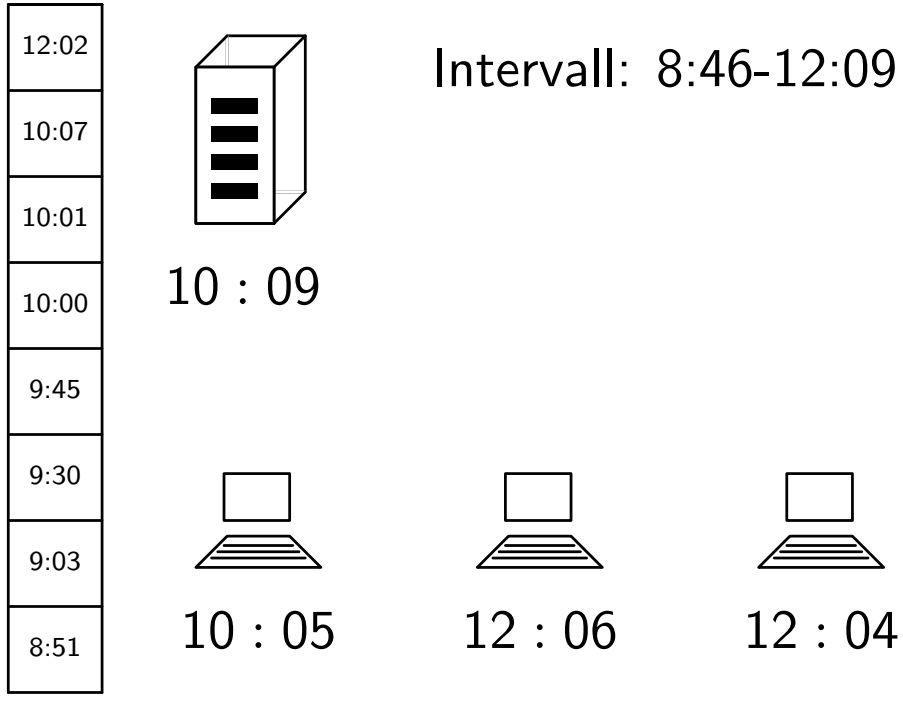
„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

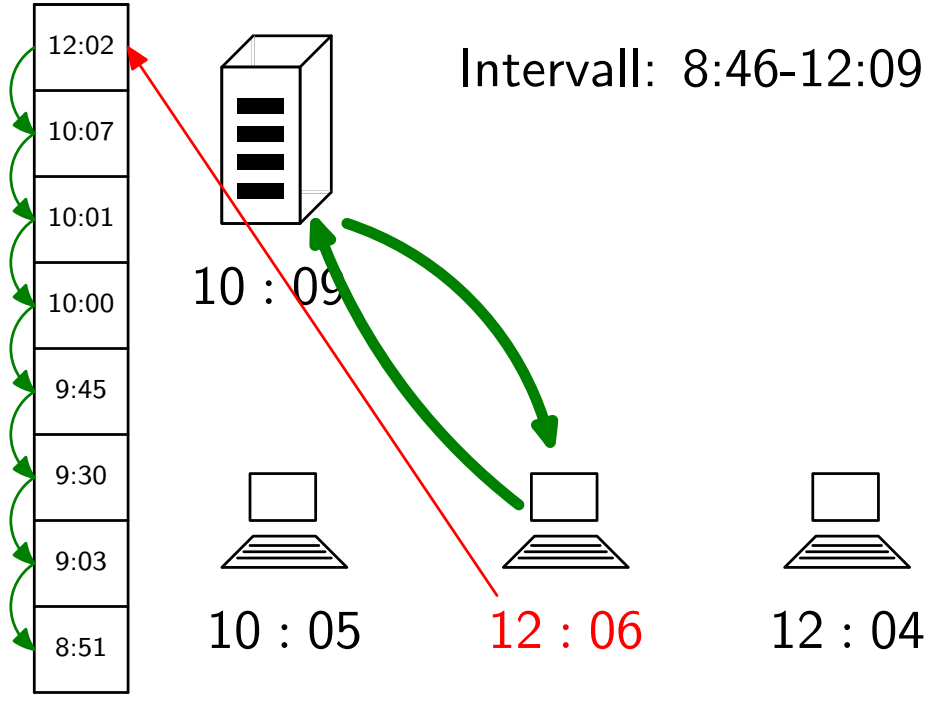
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

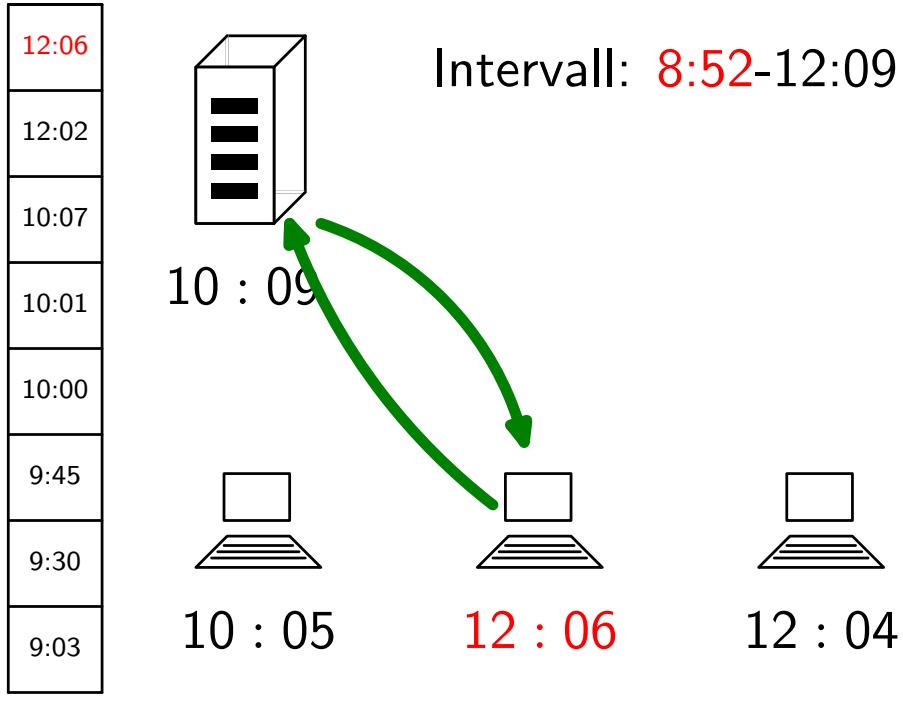
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

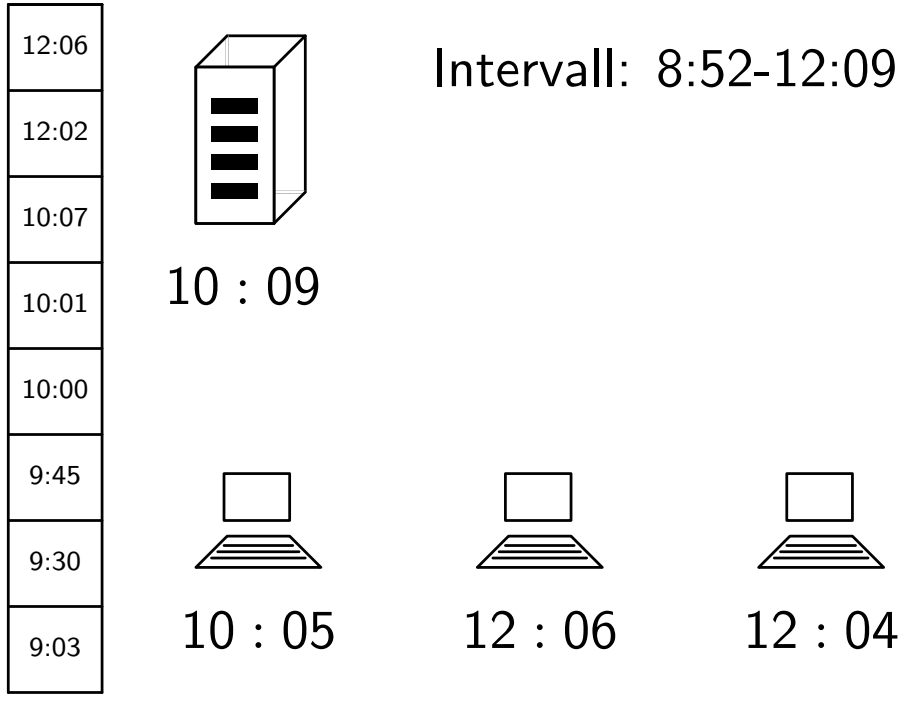
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

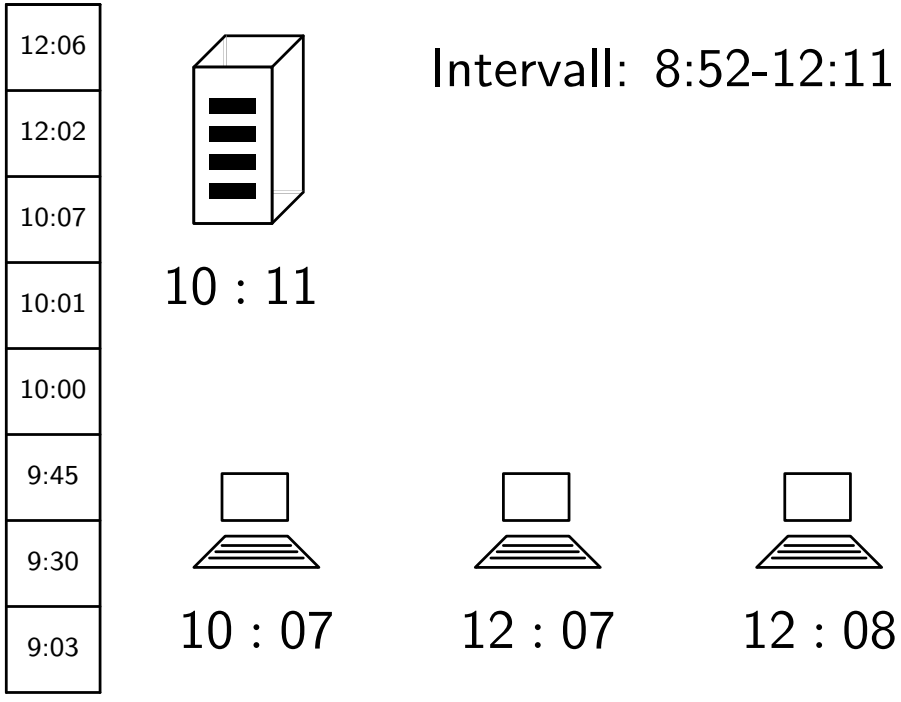
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

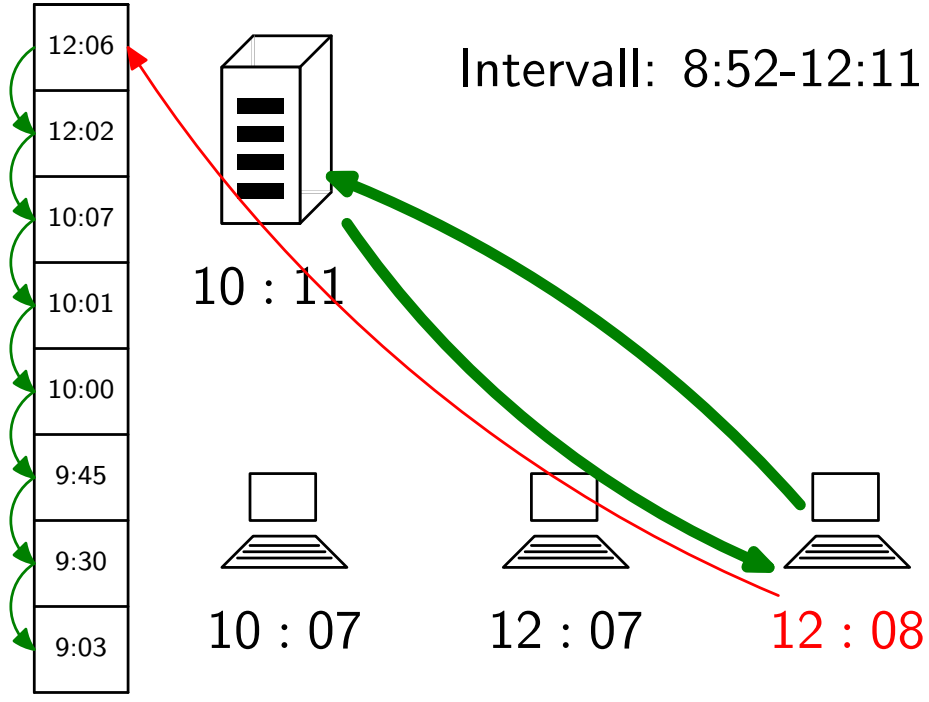
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

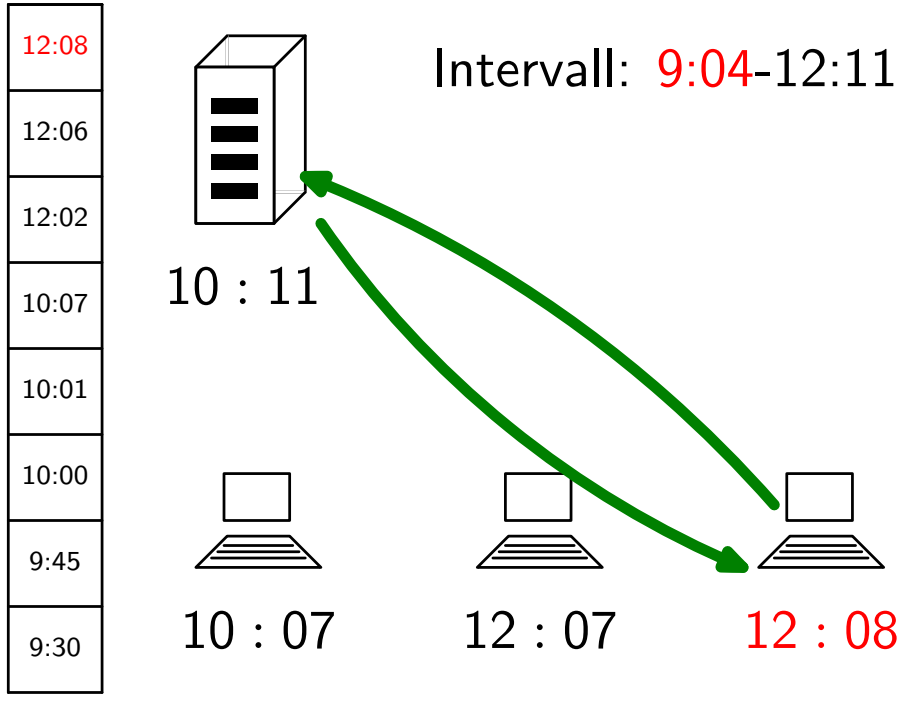
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

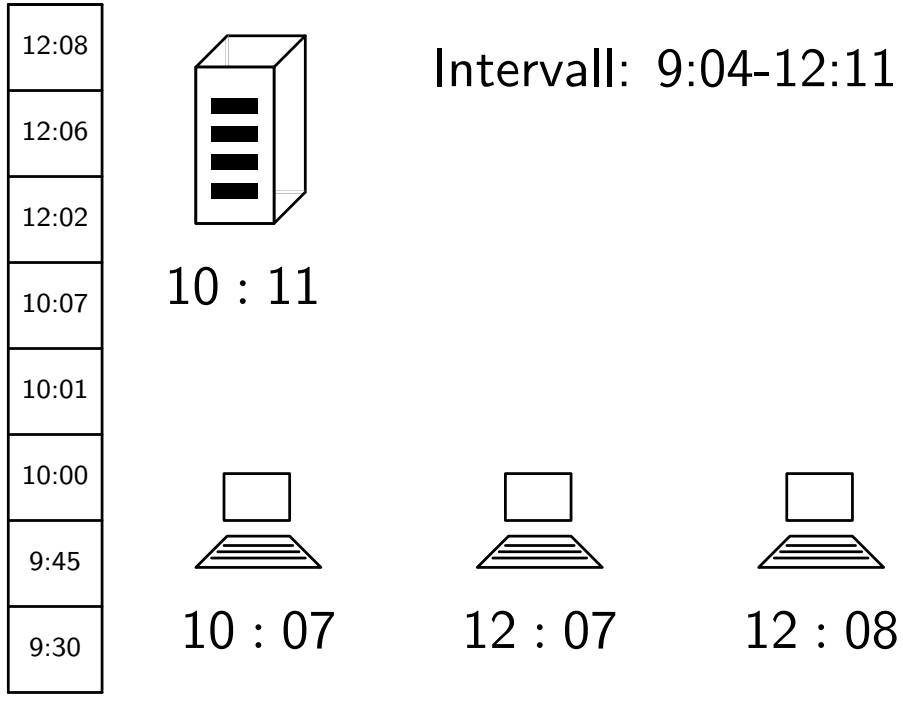
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

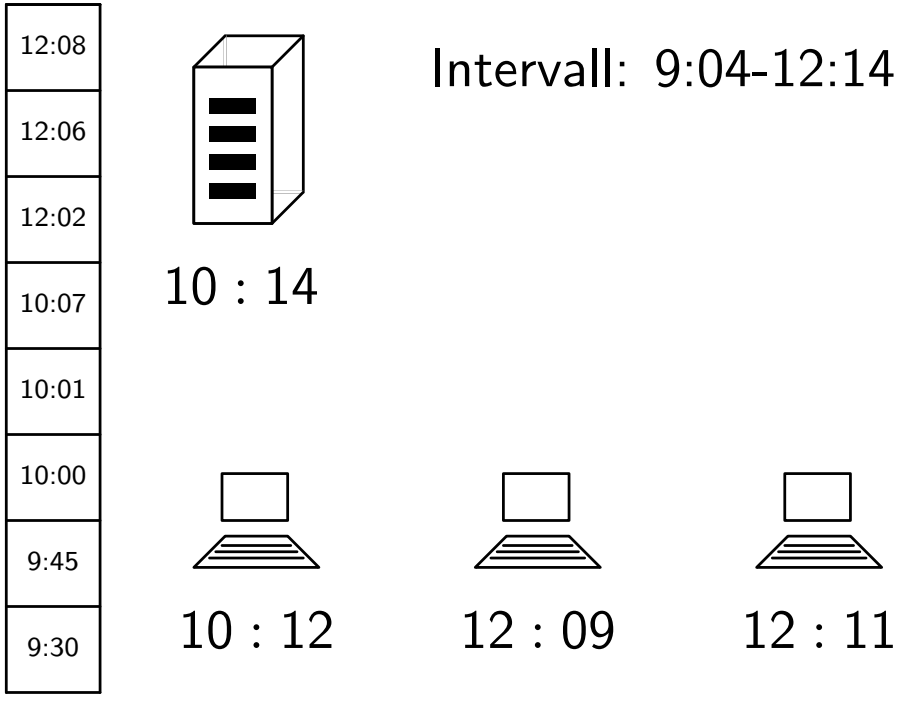
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

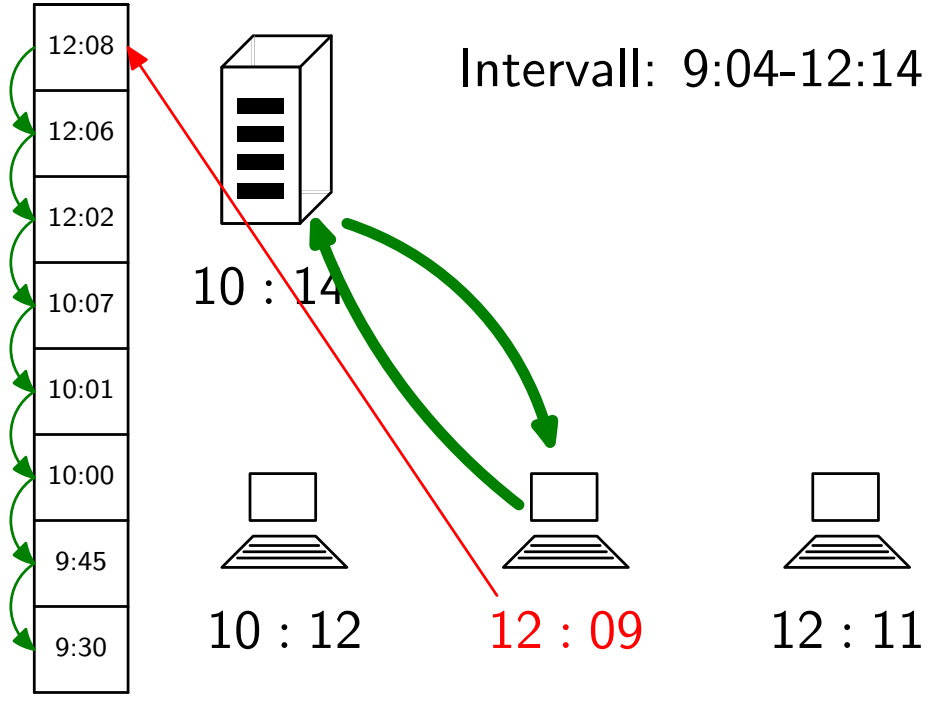
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

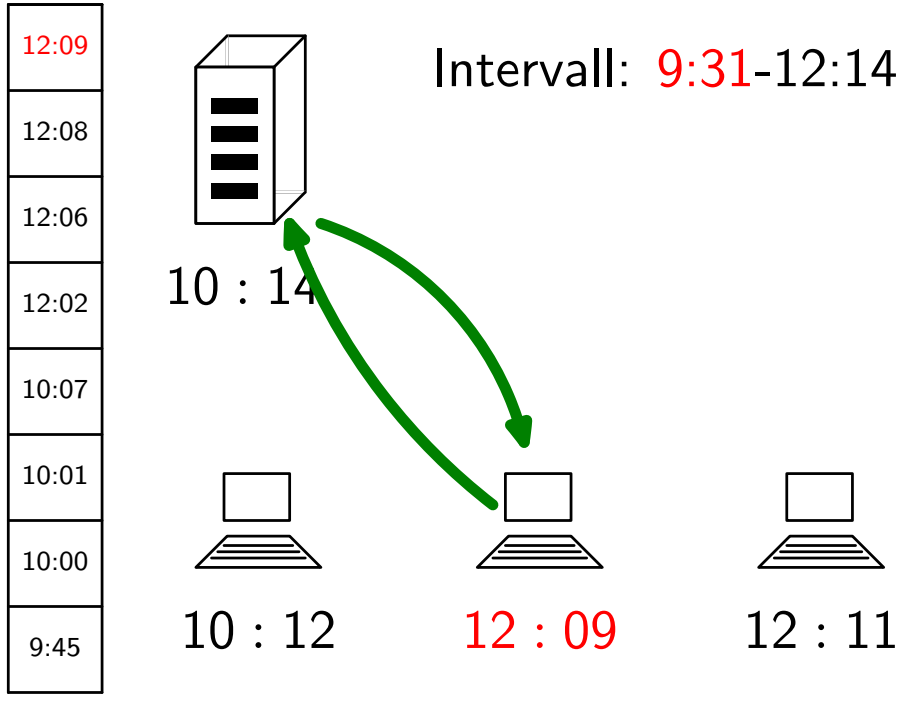
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

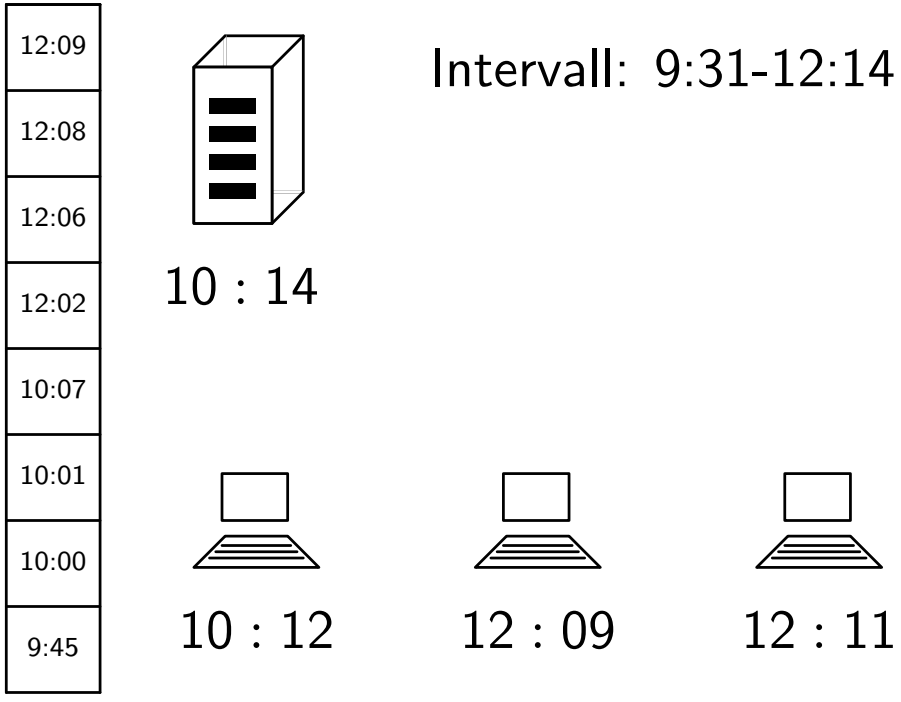
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

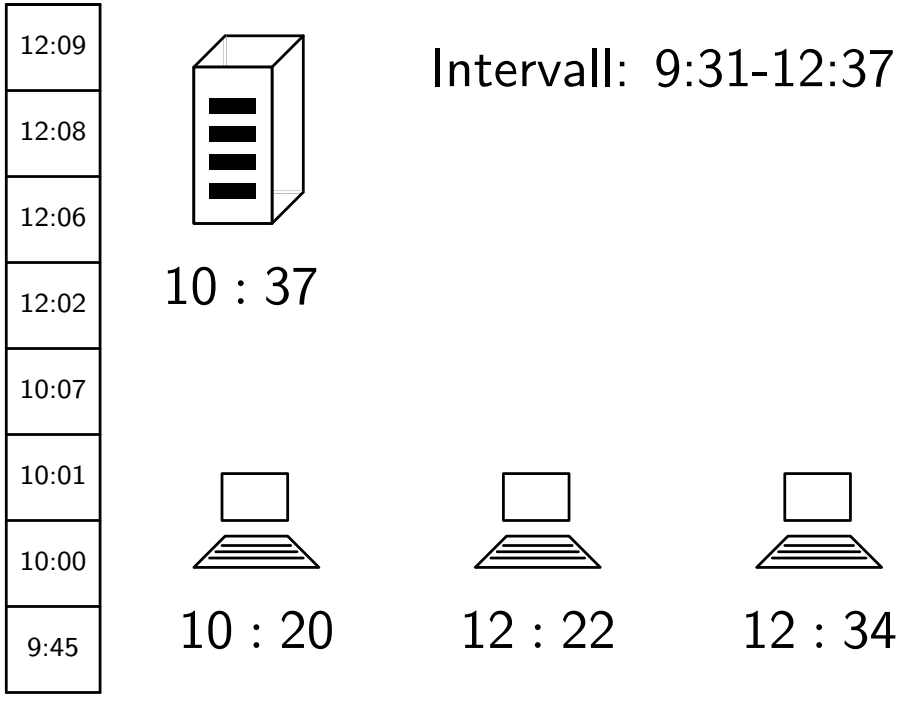
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

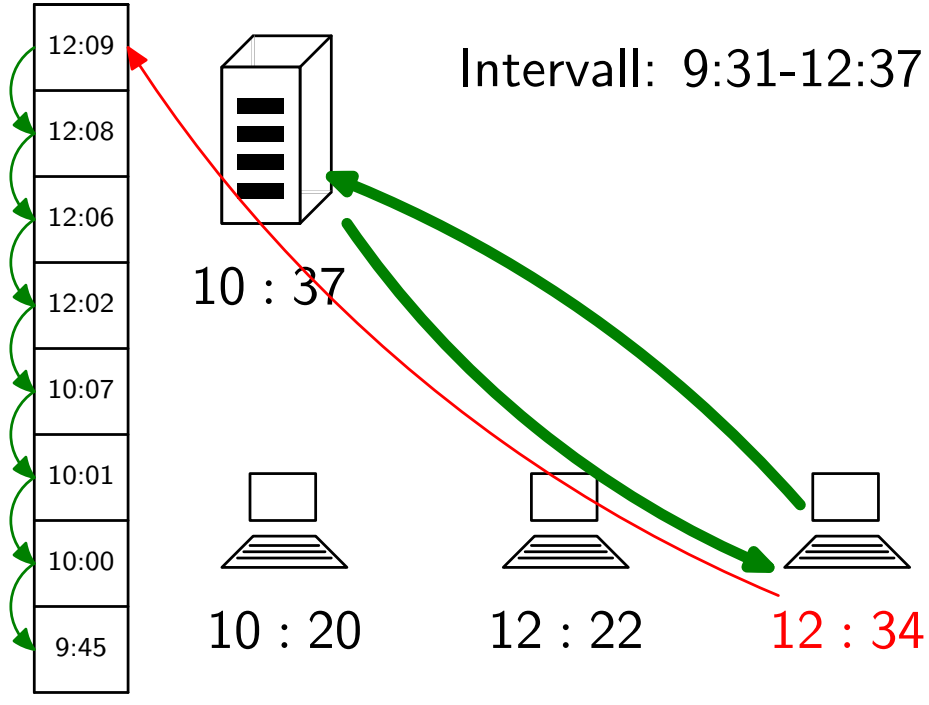
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

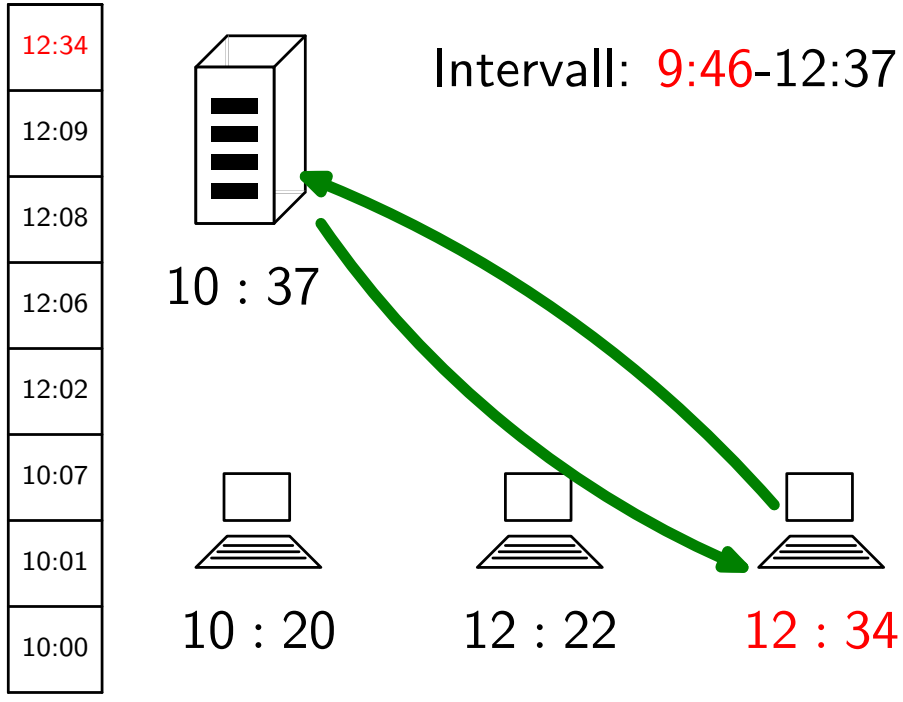
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

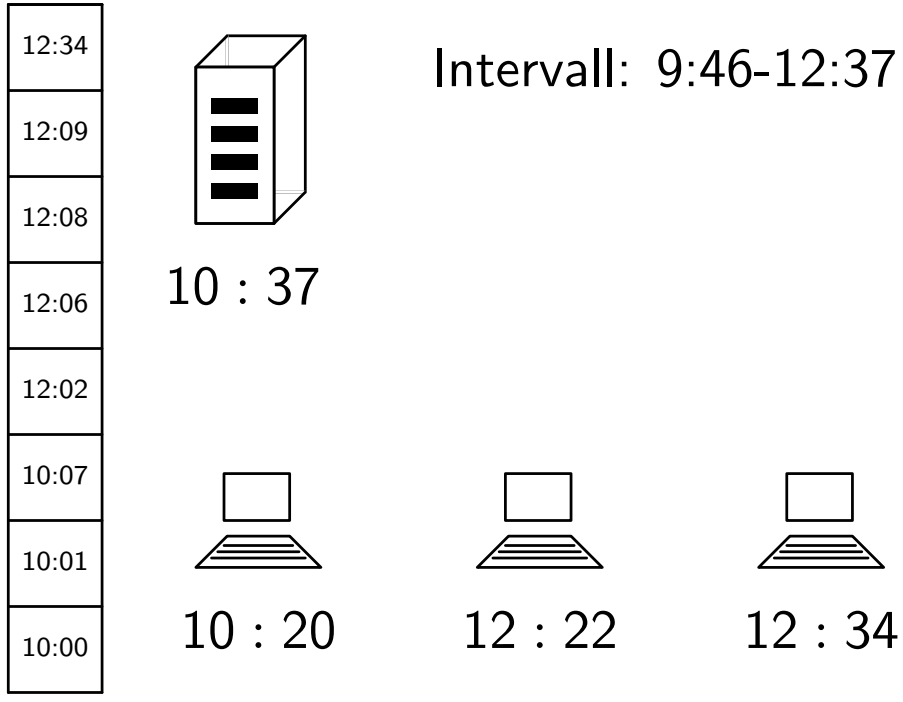
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

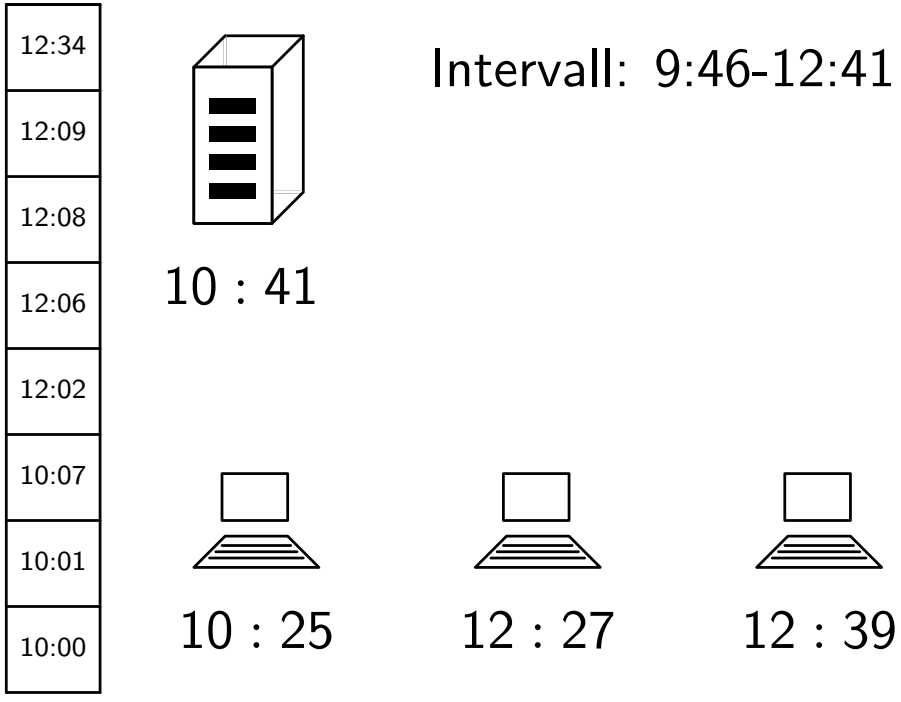
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

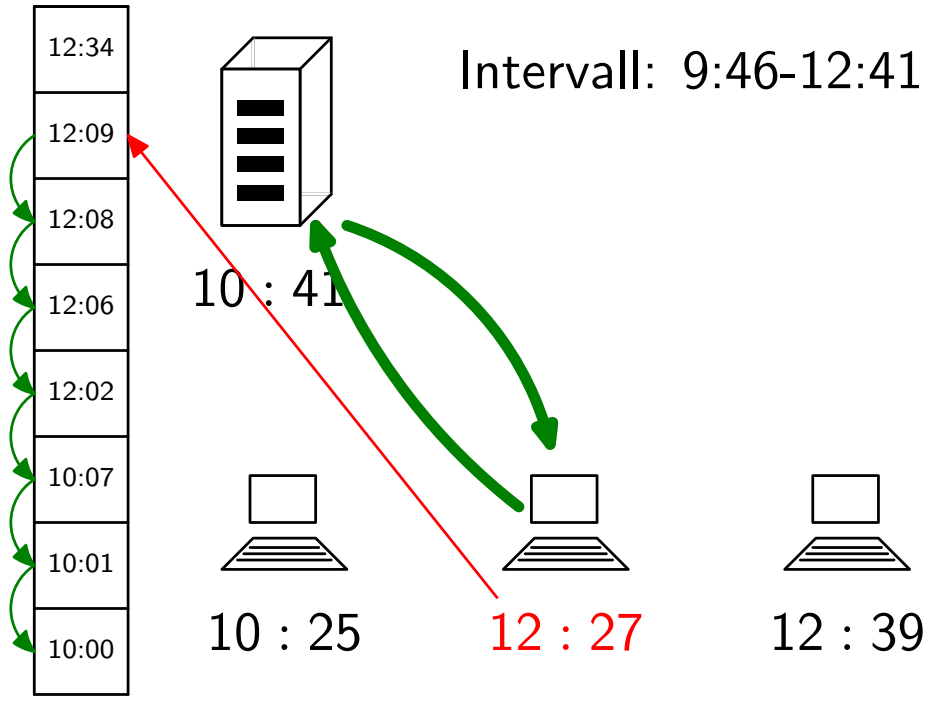
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

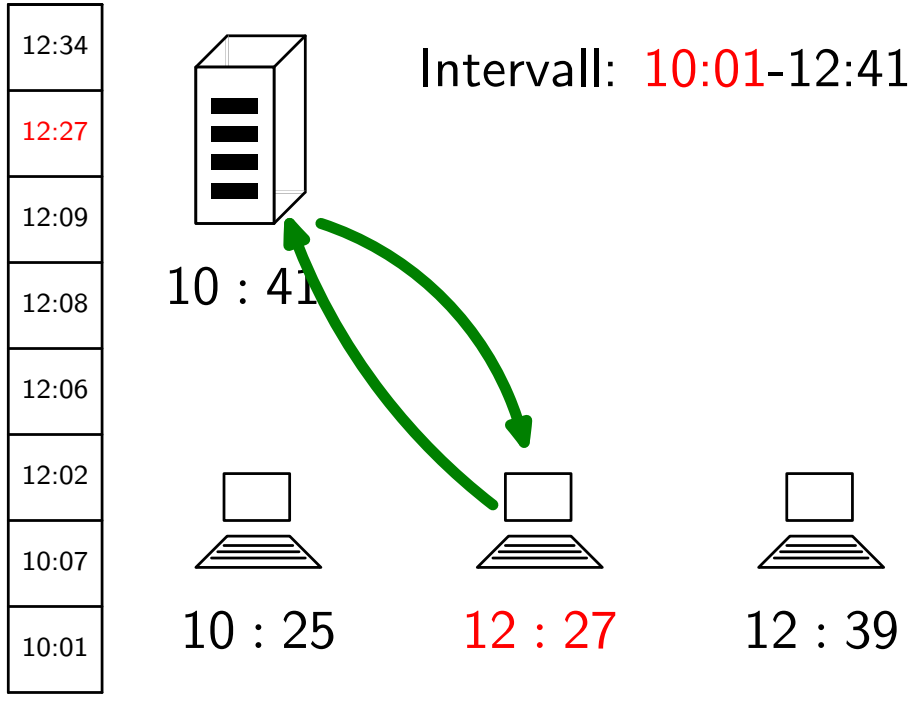
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

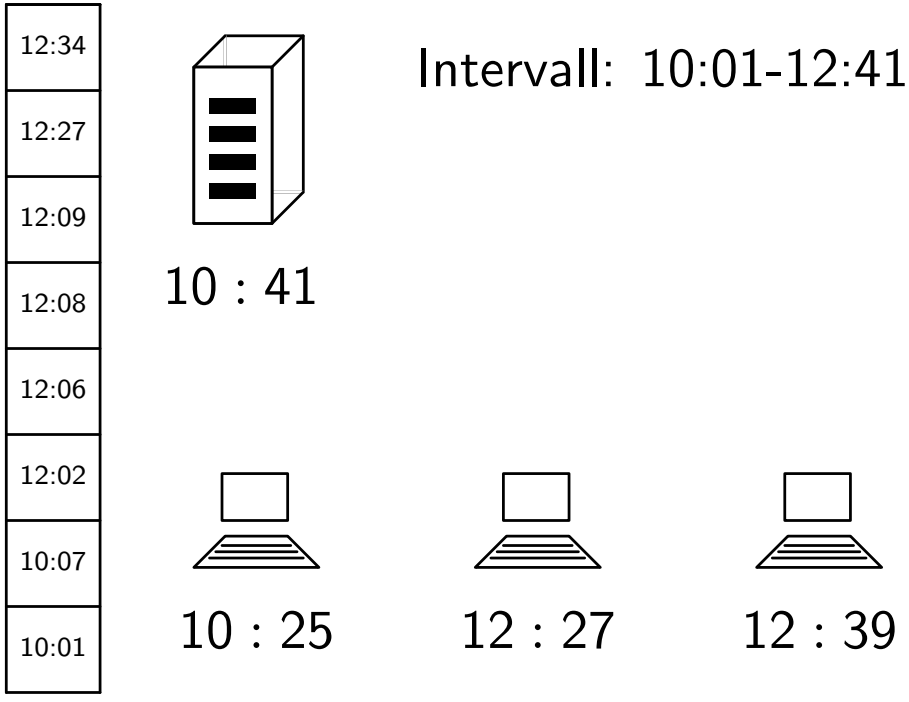
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

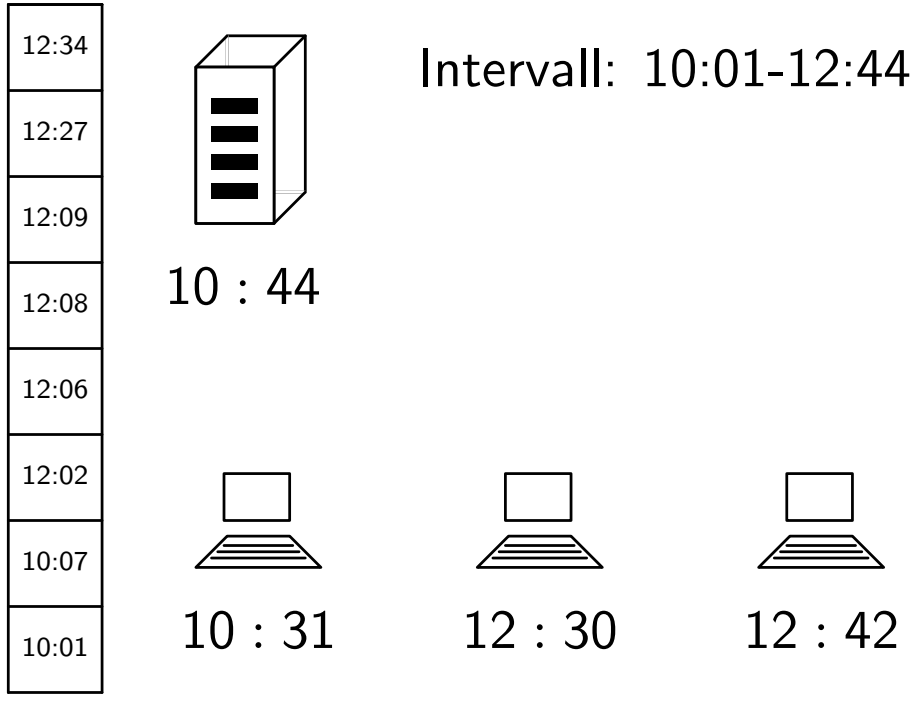
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

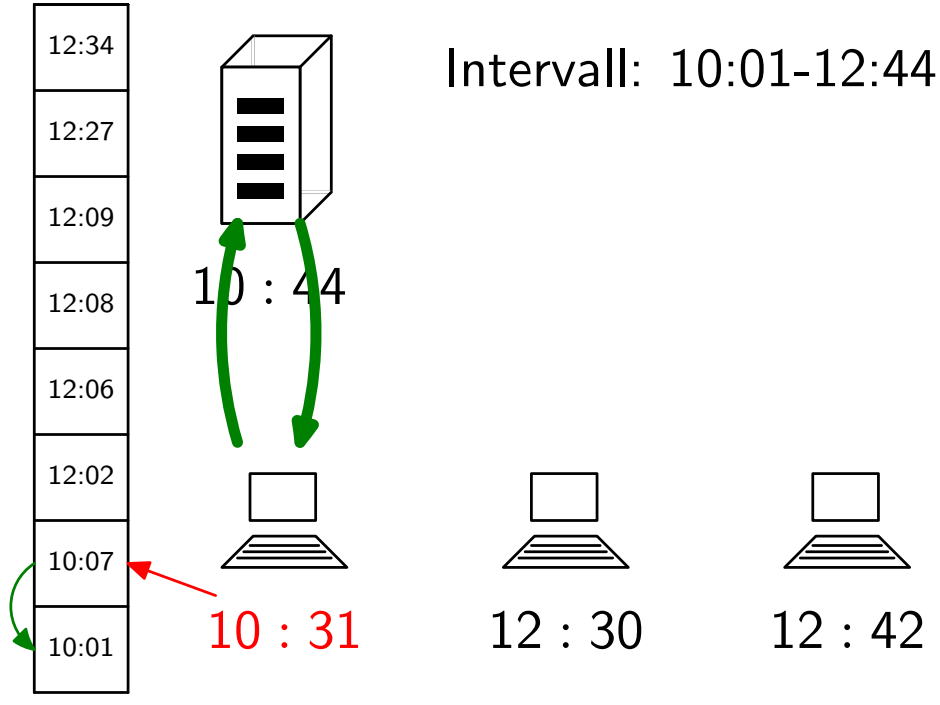
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

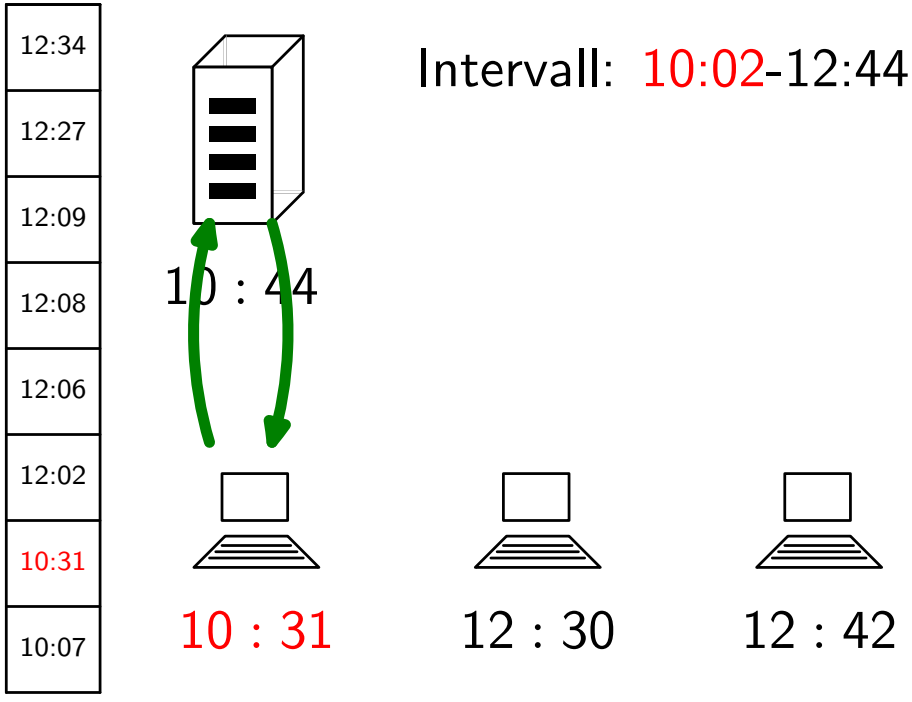
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

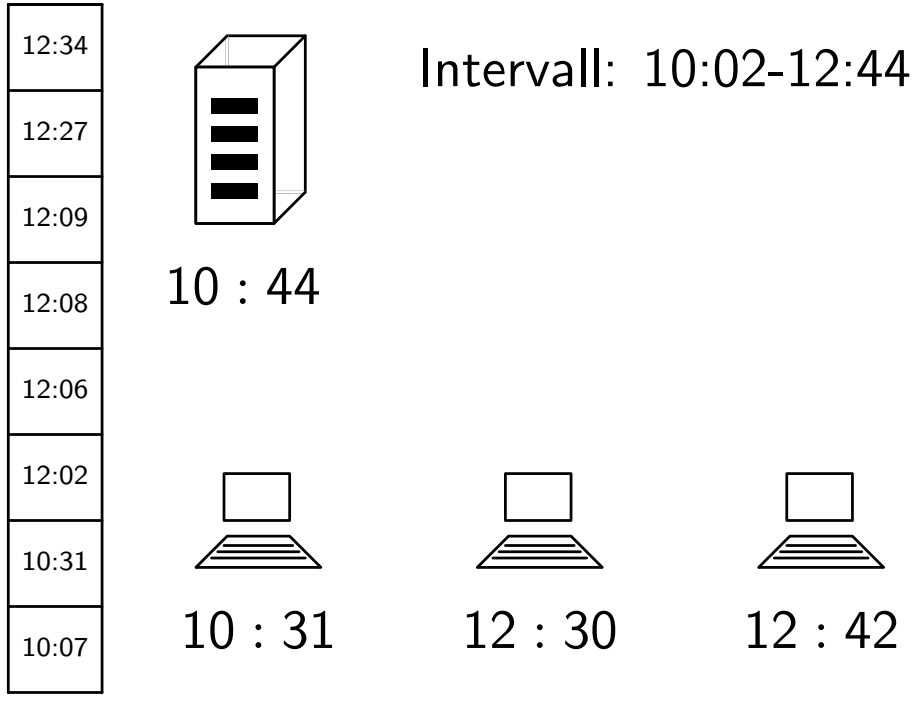
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

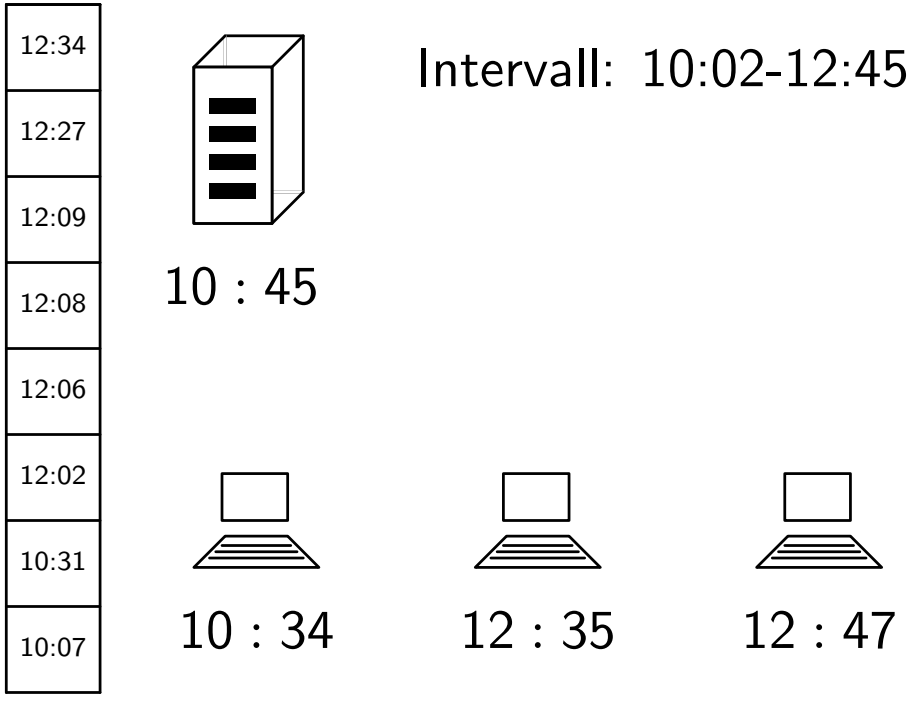
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

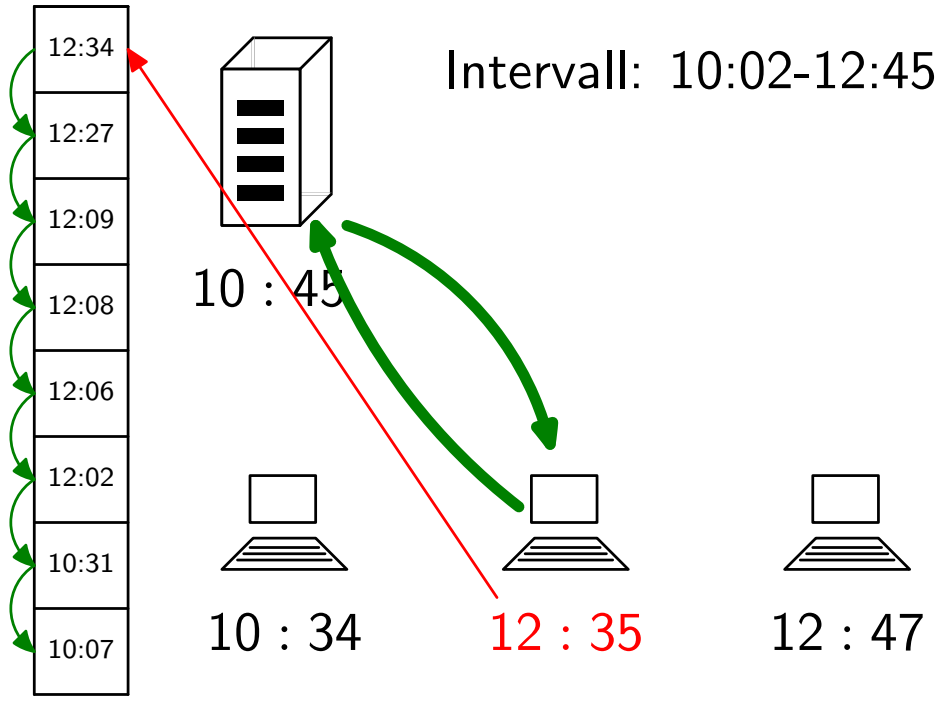
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

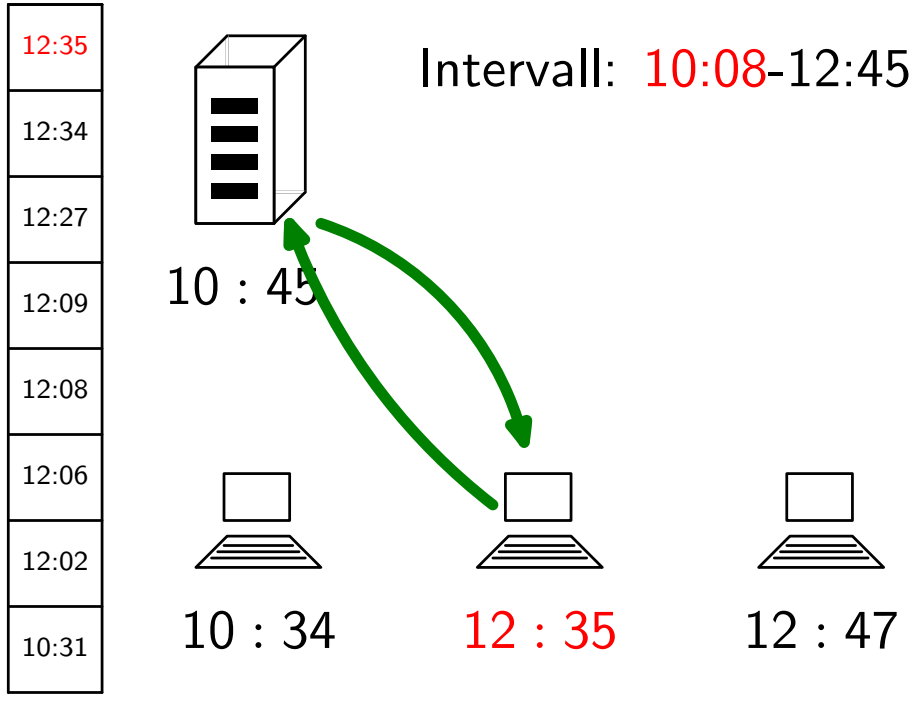
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

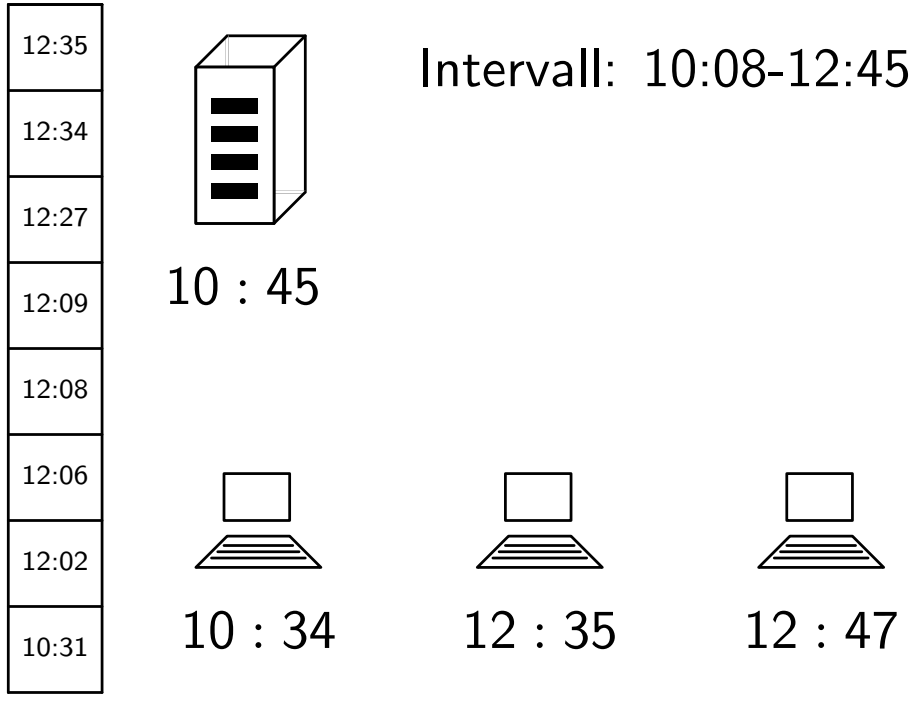
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

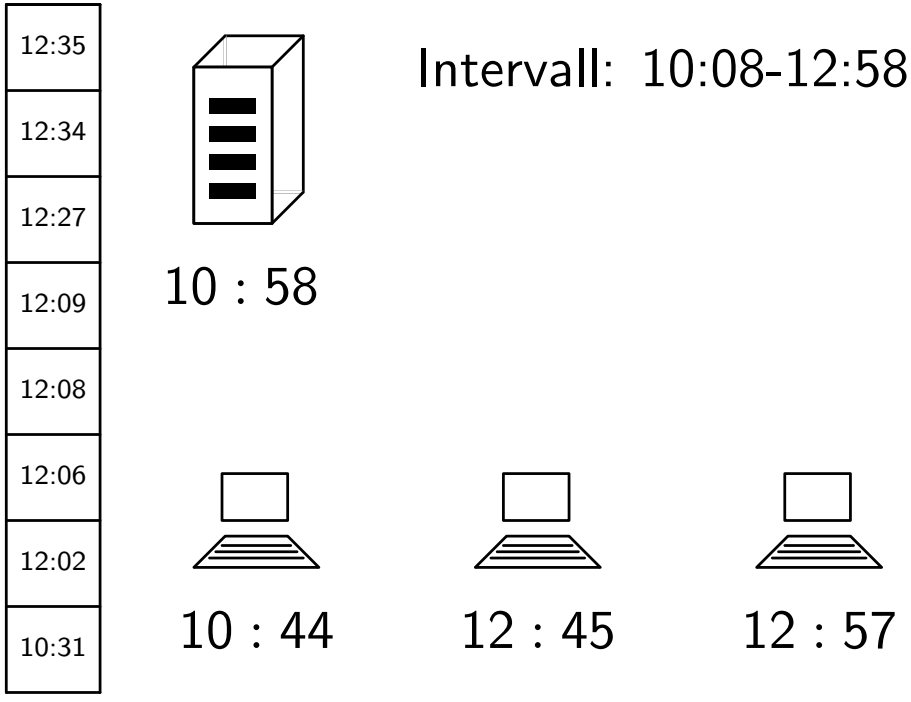
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

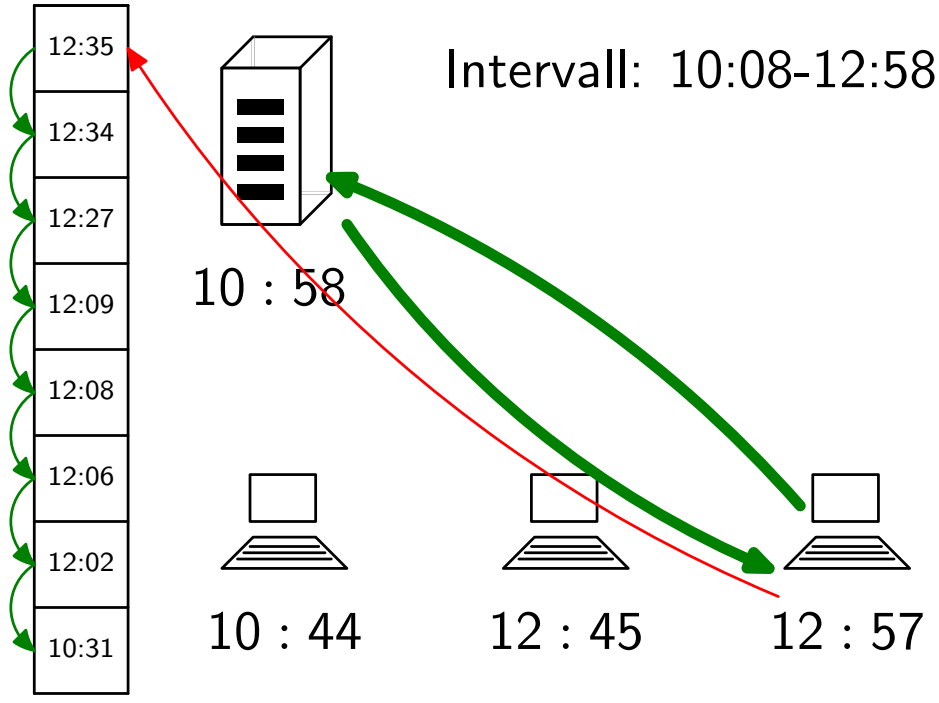
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

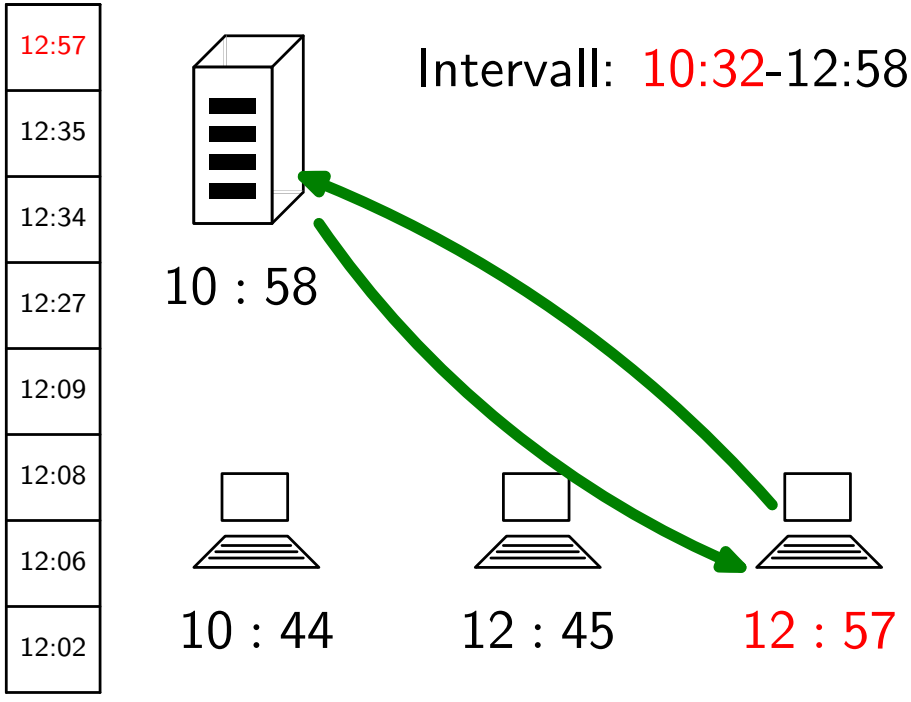
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

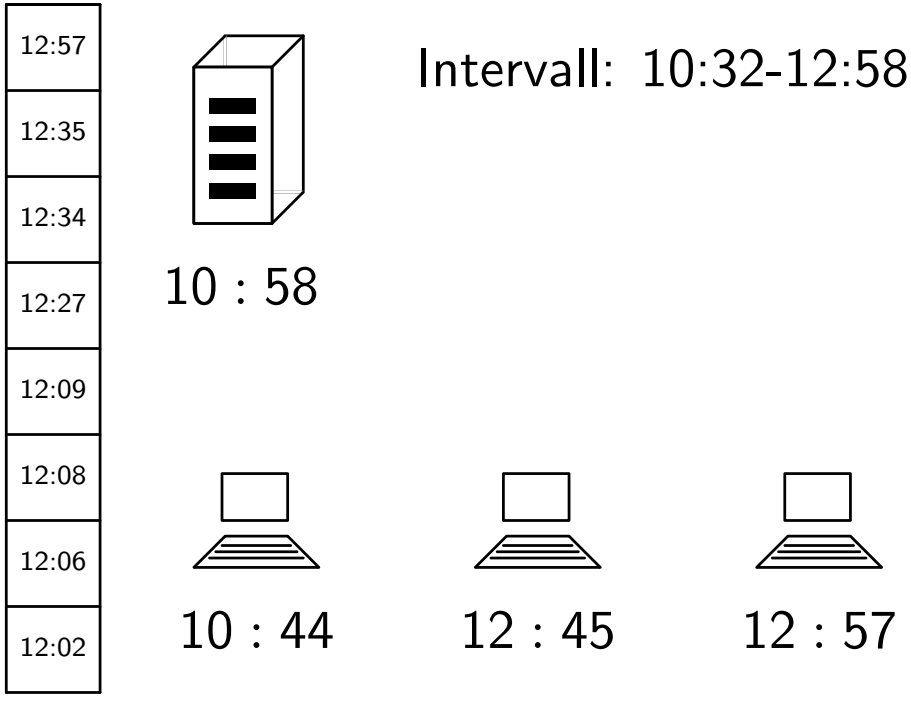
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

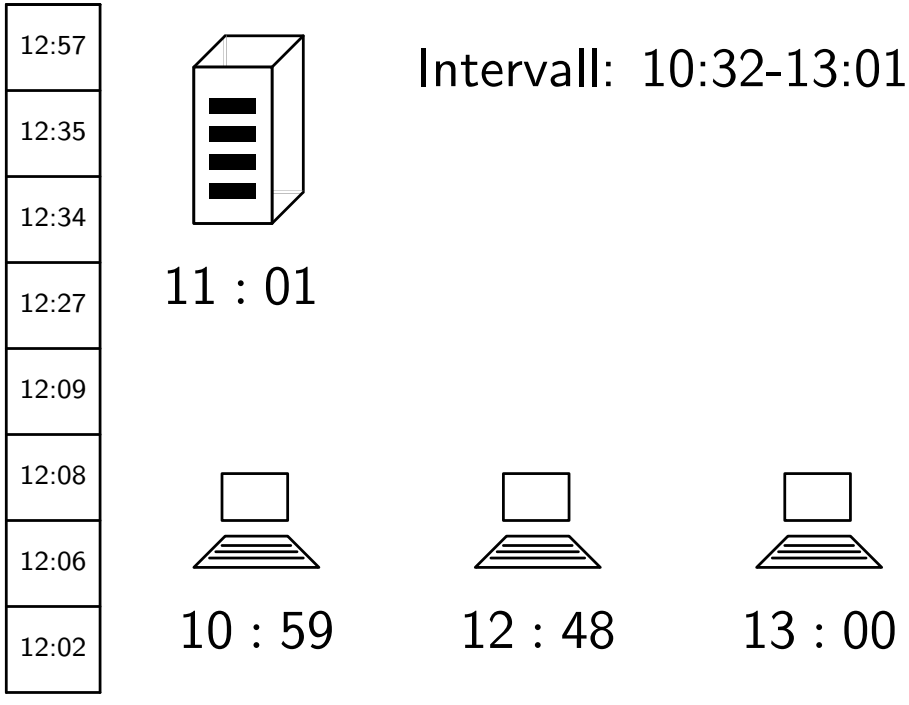
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

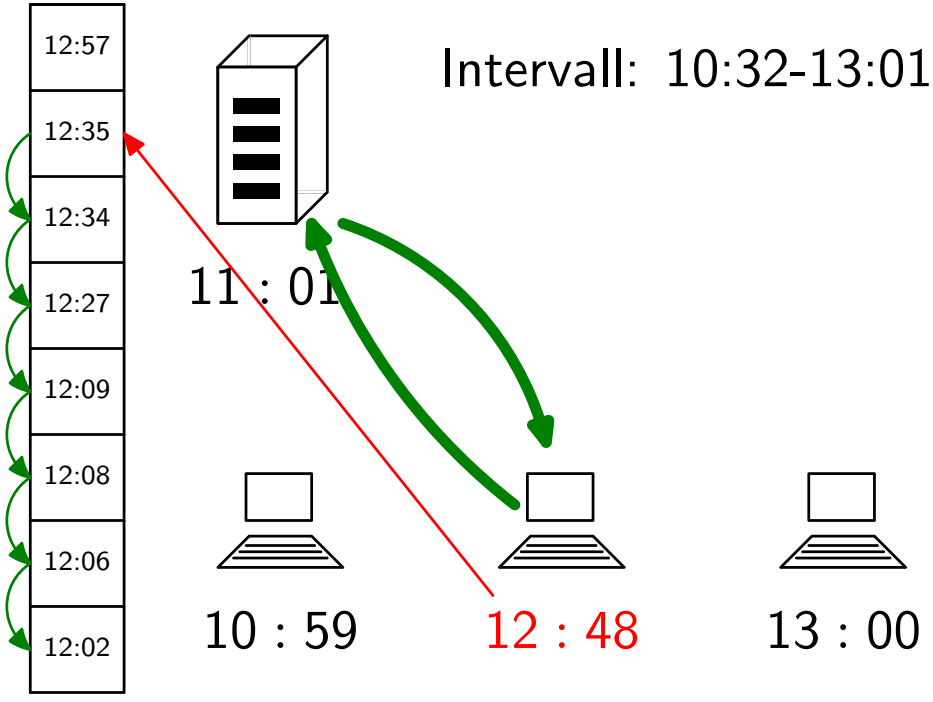
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

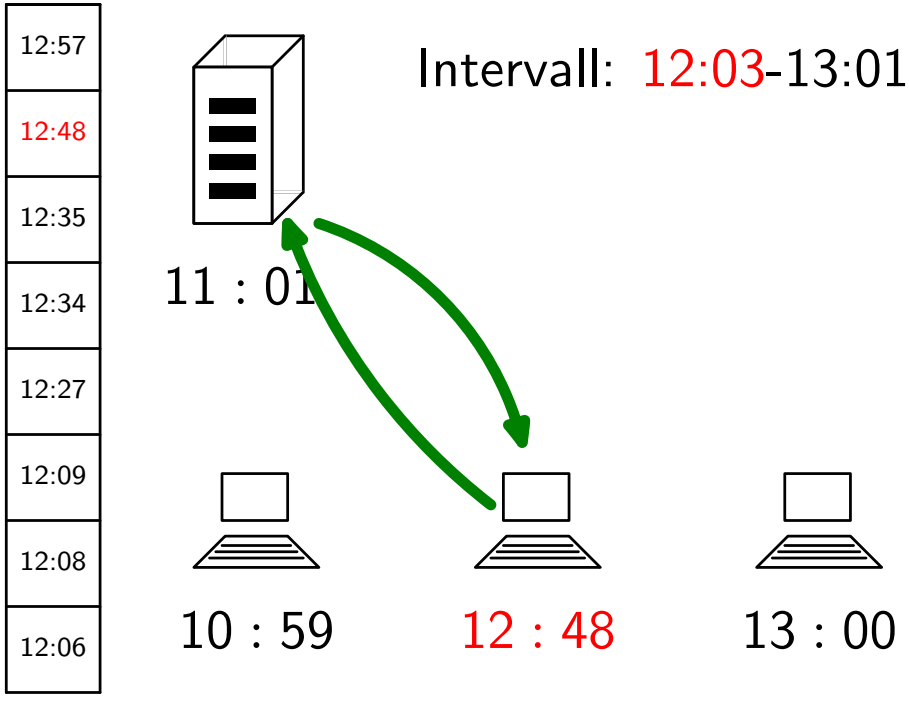
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

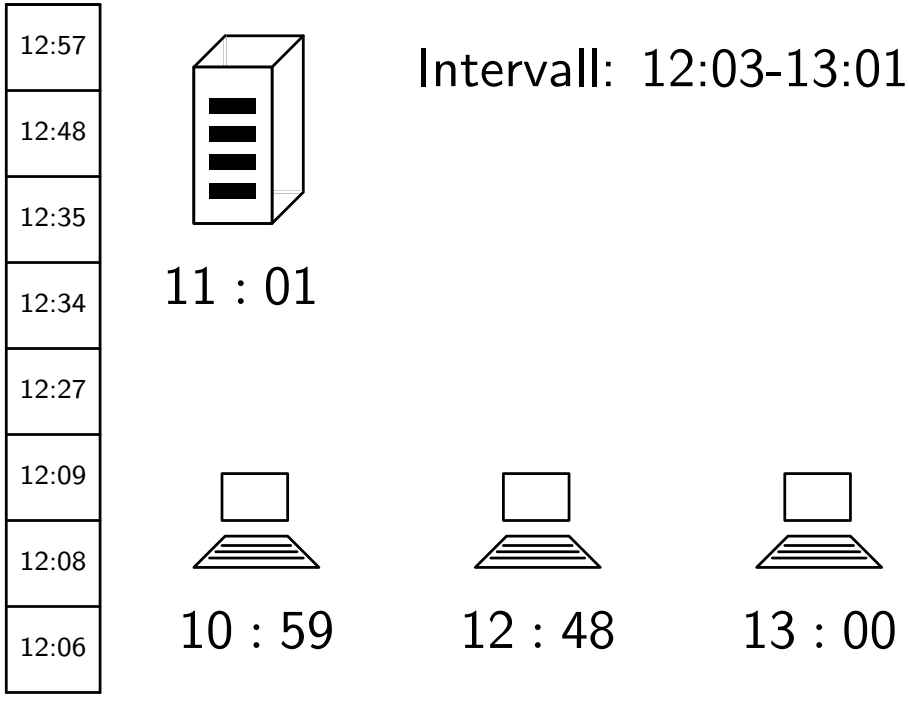
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

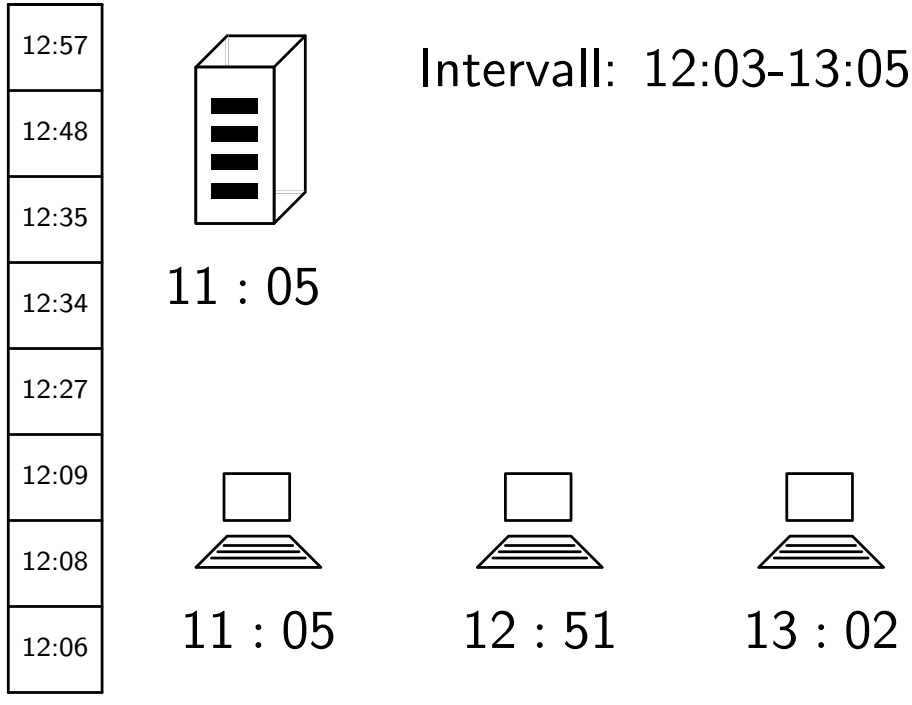
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

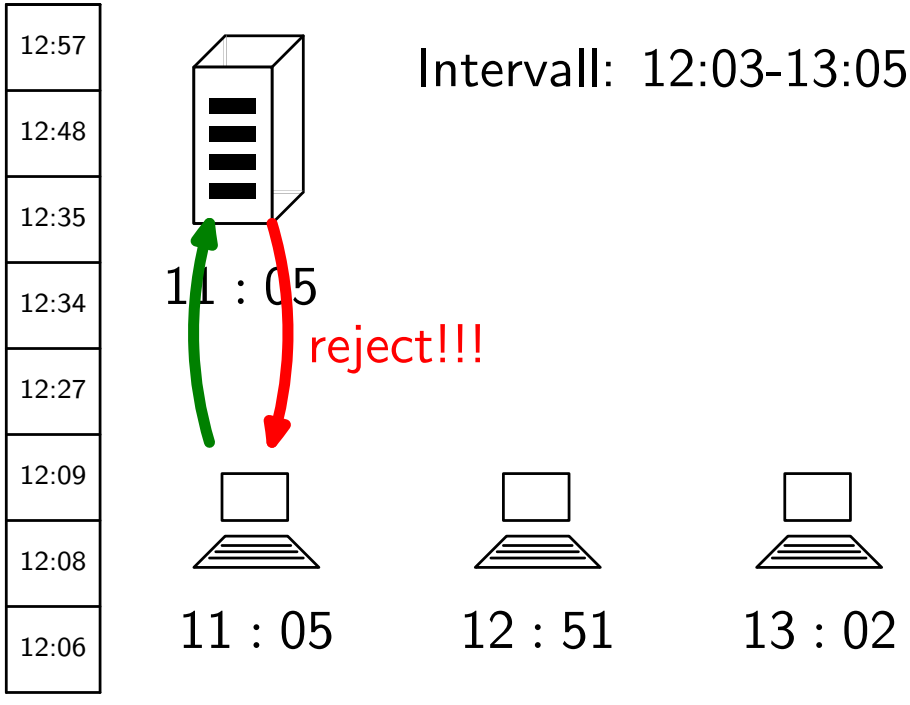
- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich
- Legitime Anfragen abgewiesen

Beispiel

Server mit 2 Stunden Toleranz und kleiner Liste



„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich
- Legitime Anfragen abgewiesen

Gegenmaßnahme

- Bei hoher Toleranz: Entsprechend lange Liste

„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich
- Legitime Anfragen abgewiesen

Gegenmaßnahme

- Bei hoher Toleranz: Entsprechend lange Liste
- Optimal: „OK-Intervall“ hat aktuelle Zeit als Mittelpunkt

„Denial of Service“ Angriff

Server „kapern“

- Uhren „ans Limit“
- viele Anfragen

Effekt

- Akzeptiertes Intervall verschiebt sich
- Legitime Anfragen abgewiesen

Gegenmaßnahme

- Bei hoher Toleranz: Entsprechend lange Liste
- Optimal: „OK-Intervall“ hat aktuelle Zeit als Mittelpunkt
- Minimal: Liste so groß, dass Intervall nie komplett in Zukunft

Nachrichtentexte?

Bisher:

Protokoll unabhängig von message bodies betrachtet.

Nachrichtentexte?

Bisher:

Protokoll unabhängig von message bodies betrachtet.

Problem:

Informationen in Bodies können sicherheitsrelevant sein!

- Separate Signaturen für Teile
- enthaltene Schlüssel

Nachrichtentexte?

Bisher:

Protokoll unabhängig von message bodies betrachtet.

Problem:

Informationen in Bodies können sicherheitsrelevant sein!

- Separate Signaturen für Teile
- enthaltene Schlüssel

Forderung:

Inhalte dürfen Sicherheit nicht gefährden:

- Bodies ohne Wissen des privaten Schlüssels erstellbar
- Zugriff auf Signatur-Orakel erlaubt.
  Ausnahme: Protokollnachrichten

Unser Protokoll ist sicher

Satz

Wenn Signaturschema resistent gegen existential forgery, dann ist Protokoll sicher.

Zusammenfassung

Motivation

- Authentifizierung mit zwei ausgetauschten Nachrichten
- Begrenzter Speicher
- Angreifer: `reset`

Zusammenfassung

Motivation

- Authentifizierung mit zwei ausgetauschten Nachrichten
- Begrenzter Speicher
- Angreifer: `reset`

Beiträge

- Modell und Sicherheitsbegriff für Szenario
- Sicheres Protokoll

Zusammenfassung

Motivation

- Authentifizierung mit zwei ausgetauschten Nachrichten
- Begrenzter Speicher
- Angreifer: `reset`

Beiträge

- Modell und Sicherheitsbegriff für Szenario
- Sicheres Protokoll

Danke!