Peer-to-Peer-Netzwerke

Christian Schindelhauer

Sommersemester 2006

11. Vorlesung

01.06.2006

schindel@informatik.uni-freiburg.de

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Inhalte

- **Kurze Geschichte der Peer-to-Peer-Netzwerke**
- **Das Internet: Unter dem Overlay**
- **Die ersten Peer-to-Peer-Netzwerke**
  - Napster
  - Gnutella
- **CAN**
- **Chord**
- **Pastry und Tapestry**
- **Gradoptimierte Netzwerke**
  - Viceroy
  - Distance-Halving
  - Koorde
- **Netzwerke mit Suchbäumen**
  - Skipnet und Skip-Graphs
  - P-Grid
- **Selbstorganisation**
  - Pareto-Netzwerke
  - Zufallsnetzwerke
  - Metrikbasierte Netzwerke
- **Sicherheit in Peer-to-Peer-Netzwerken**
- **Anonymität**
- **Datenzugriff: Der schnellere Download**
- **Peer-to-Peer-Netzwerke in der Praxis**
  - eDonkey
  - FastTrack
  - Bittorrent
- **Peer-to-Peer-Verkehr**
- **Juristische Situation**

PAST und Pastry

- **Peter Druschel**
  - Rice University, Houston, Texas
  - jetzt Max-Planck-Institut, Saarbrücken
- **Antony Rowstron**
  - Microsoft Research, Cambridge, GB

entwickelten in Cambridge bei Microsoft Research

- **Pastry:**
  - Scalable, decentralized object location and routing for large scale peer-to-peer-network
- **PAST:**
  - A large-scale, persistent peer-to-peer storage utility
- **Zwei Namen, ein Peer-to-Peer-Netzwerk**
  - PAST ist eine Anwendung auf Pastry
  - Hier wird einheitlich der Name Pastry verwendet

Überblick

- **Jeder Peer hat 128-bit ID: nodeID**
  - Eindeutig und gleichmäßig verteilt
  - z.B. durch Kryptographische Funktion angewendet auf IP-Adresse
- **Routing**
  - Die Schlüssel werden auf $\{0,1\}^{128}$ abgebildet
  - Gemäß einer Metrik werden Nachrichten zum nächstgelegenden Nachbar weitergereicht
- **Routing tabelle hat $O(2^b (\log n)/b) + \ell$ Einträge**
  - n: Anzahl Peers
  - b,ℓ: Konfigurationsparameter, b: Wortlänge
    - typisch: b= 4 (Basis 16), $\ell = 16$
    - Auslieferung ist garantiert, falls nicht mehr al $\ell/2$ Knoten ausfallen
- **Einfügen von Peers benötigt $O((\log n)/b)$ Nachrichten**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

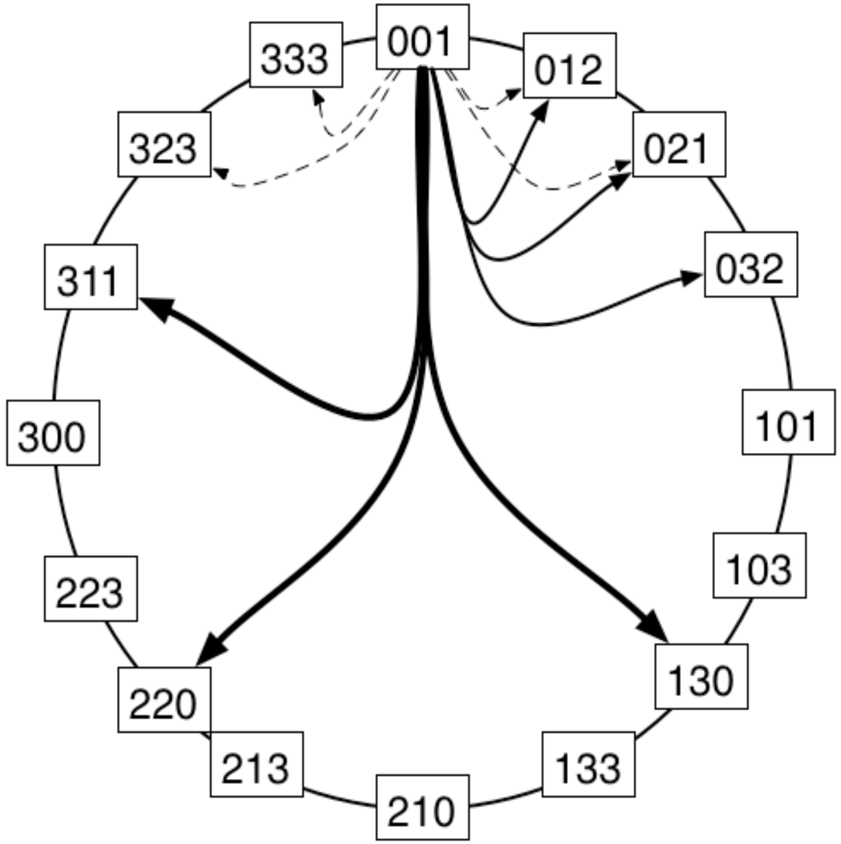
Routing-Tabelle

- **NodeId wird zur Basis 2^b dargestellt,**
  - z.B. NodeID: 65A0BA13
- **Für jeden Präfix p und Buchstaben x ∈ {0,..,2^b-1} von NodeID wird ein Repräsentant der Form px* eingetragen**
  - Beispiel b=4, damit ist 2^b=16
  - also 15 Einträge für 0*,1*, .. F*
  - 15 Einträge für 60*, 61*,... 6F*
  - ...
  - Existiert kein Repräsentant wird nichts eingetragen
- **Bezüglich einer Metrik wird immer der nächstgelegene Repräsentant gewählt**
  - Die Metrik resultiert auf den wechselseitigen Latenzzeiten zwischen den Knoten
- **Zusätzlich werden ℓ Nachbarn gemäß der NodeID gespeichert**
  - $\ell/2$ mit nächst größerer ID und
  - $\ell/2$ mit nächst kleinerer ID

0x	1x	2x	3x	4x	5x		7x	8x	9x	ax	bx	cx	dx	ex	fx
60x	61x	62x	63x	64x		66x	67x	68x	69x	6ax	6bx	6cx	6dx	6ex	6fx
650x	651x	652x	653x	654x	655x	656x	657x	658x	659x		65bx	65cx	65dx	65ex	65fx
65a0x		65a2x	65a3x	65a4x	65a5x	65a6x	65a7x	65a8x	65a9x	65aax	65abx	65acx	65adx	65aex	65afx

Routing-Tabelle

- **Beispiel: b=2**
- ***routing table*:**
  Für jeden Präfix p und Buchstaben x ∈ {0,..,2b-1} von NodeID wird ein Repräsentant der Form px* eingetragen
- ***leaf set*:**
  Zusätzlich werden ℓ Nachbarn gemäß der NodeID gespeichert
  - ℓ/2 mit nächst größerer ID und
  - ℓ/2 mit nächst kleinerer ID
- **Beobachtung:**
  - Allein durch die Leaf-Set werden die Zielknoten immer gefunden
- **Lemma**
  - Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind höchstens O(2^b (log n)/b) Einträge in jeder Routing-Table



Routing-Tabelle

Lemma

Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind höchstens O(2^b (log n)/b) Einträge in der Routing-Table

➢ **Beweis**

- Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Peer den selben m-stelligen Präfix bekommt ist

$$2^{-bm}$$

- Die Wahrscheinlichkeit, dass ein m-stelliger Präfix leer bleibt, ist dann

$$(1-2^{-bm})^n \leq e^{-n/2^{bm}}$$

- Für m=c (log n)/b ist

$$e^{-n/2^{bm}} \leq e^{-n/2^{c \log n}}$$
$$\leq e^{-n/n^c} \leq e^{-n^{c-1}}$$

- Mit (extrem) hoher Wahrscheinlichkeit ist also kein Peer mit dem gleichen Präfix der Länge (1+ε)(log n)/b vorhanden

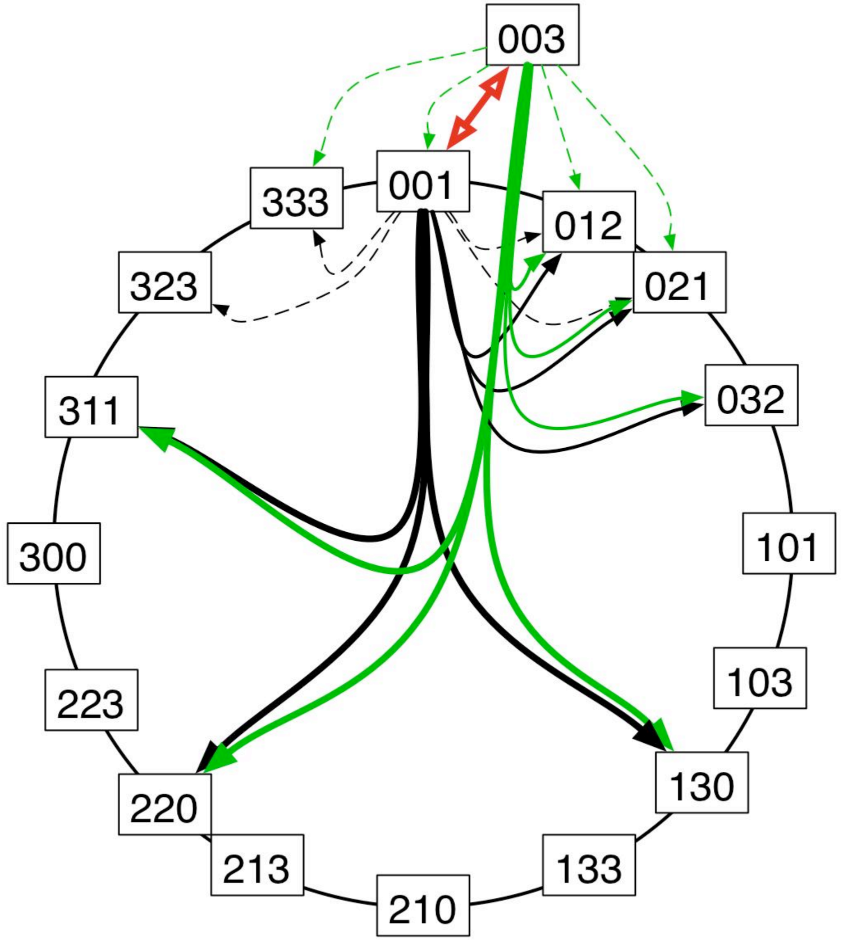
- Damit gibt es (1+ε)(log n)/b Zeilen á 2^b-1 Einträge

- Daraus folgt das Lemma.

0x	1x	2x	3x	4x	5x		7x	8x	9x	ax	bx	cx	dx	ex	fx
60x	61x	62x	63x	64x		66x	67x	68x	69x	6ax	6bx	6cx	6dx	6ex	6fx
650x	651x	652x	653x	654x	655x	656x	657x	658x	659x		65bx	65cx	65dx	65ex	65fx
65a0x		65a2x	65a3x	65a4x	65a5x	65a6x	65a7x	65a8x	65a9x	65aax	65abx	65acx	65adx	65aex	65afx

Einfügen Peers

- **Neuer Knoten X sendet Nachricht Knoten Z mit längsten gemeinsamen Präfix p**
- **X erhält**
  - Routingtabelle von Z
  - Nachbarschaftsmenge von Z
- **Z aktualisiert Nachbarschaftsmenge**
- **X informiert ℓ-Nachbarschaft**
- **X informiert Peers in Routing-Table**
  - mit gleichen Präfix p außerhalb der ℓ-Nachbarschaft (falls $\ell/2 < 2^b$)

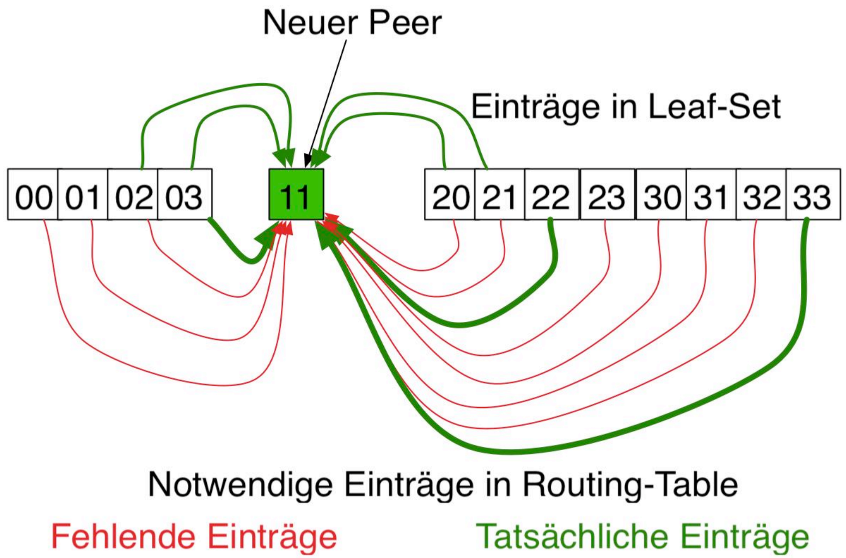


Aufwand für Einfüge-Operation:

- ℓ Nachrichten an Nachbarschaft
- Erwartet $(2^b - \ell/2)$ Nachrichten an Knoten mit gemeinsamen Präfix
- Eine Nachricht an Knoten Z mit Antwort

Wenn das Einfügen versagt

- **Die Übernahme der Nachbarschaftsmenge von nächstgelegenen Peer reicht im allgemeinen nicht**
- **Beispiel:**
  - Falls kein Peer mit 1* vorhanden ist, müssen alle anderen Peers auf den neuen Knoten zeigen
  - Einfügen von 11:
  - 03 kennt aus Routing-Table
    - 22,33
    - 00,01,02
  - 02 kennt aus Leaf-Set
    - 01,02,20,21
- **11 kann nicht alle notwendigen Links veranlassen**



Ende der 11. Vorlesung

CoNe Freiburg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Peer-to-Peer-Netzwerke
Christian Schindelhauer
schindel@informatik.uni-freiburg.de