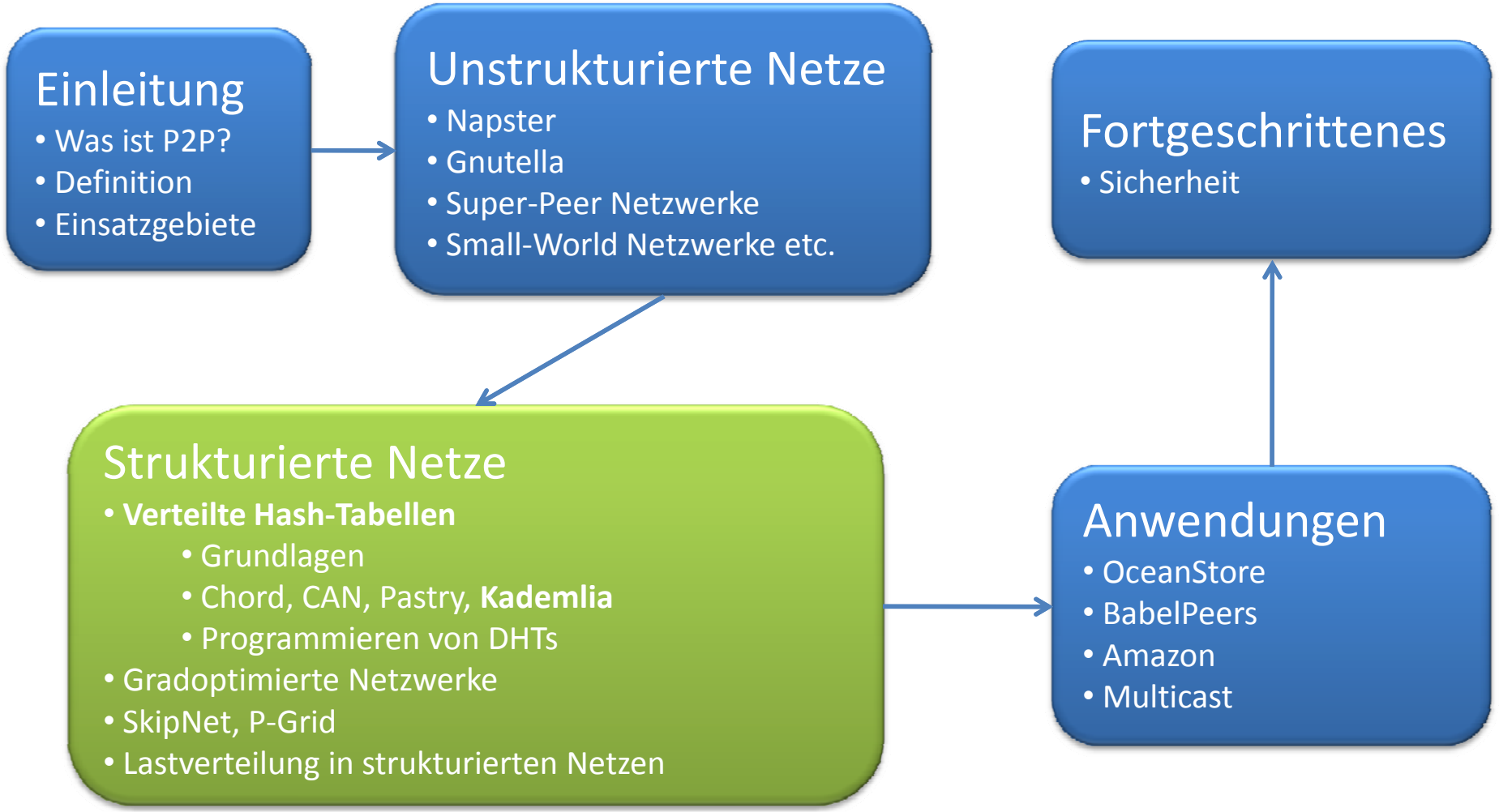
Vorlesung
P2P Netzwerke
6: Kademlia

Dr. Dominic Battré
Complex and Distributed IT-Systems
dominic.battre@tu-berlin.de

Inhalte der Vorlesung (vorläufig)



Kademlia

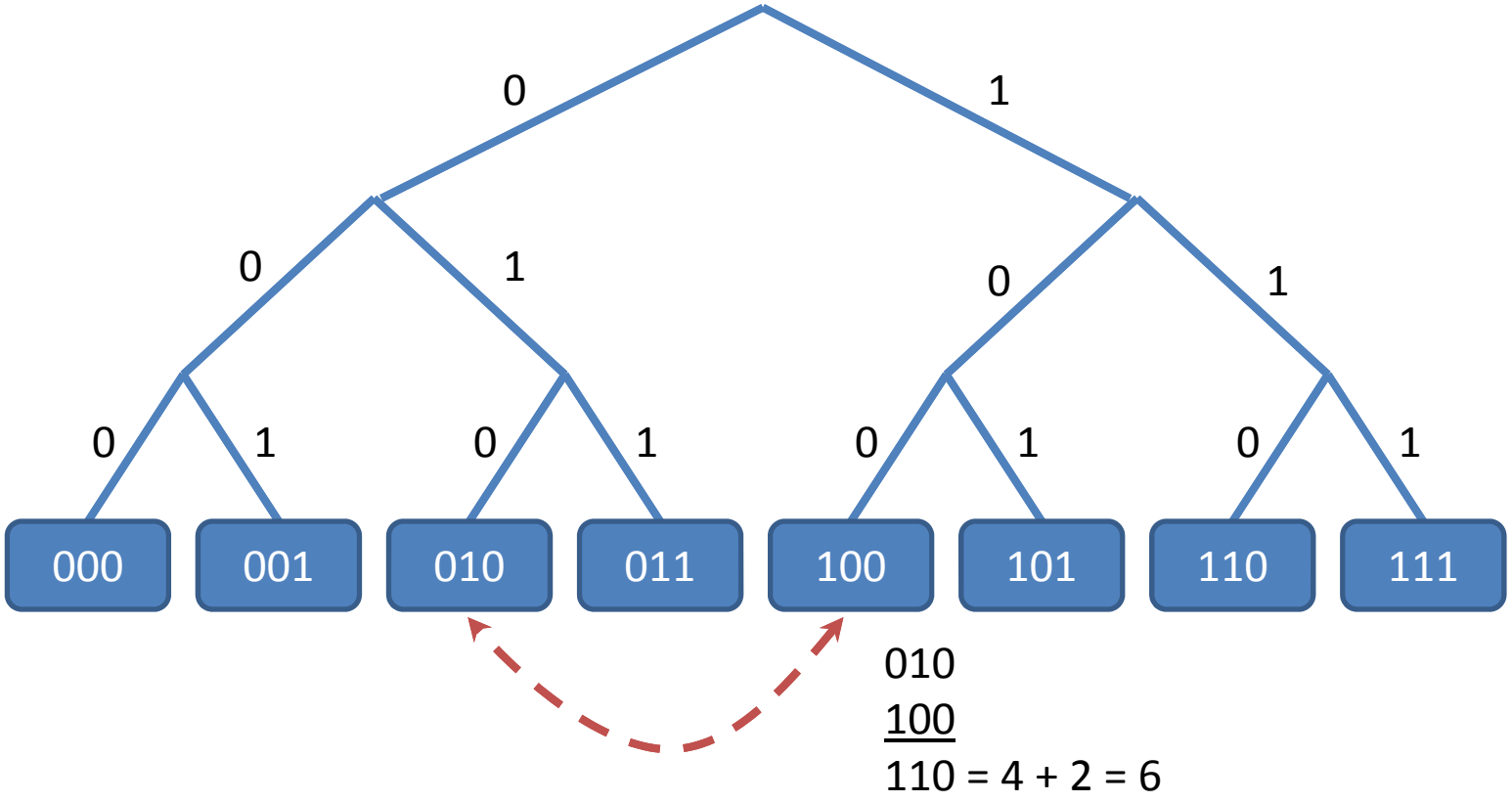
- Kademlia
  - Petar Maymounkov and David Mazierès: "Kademlia: A Peer-to-peer information System Based on the XOR Metric", 1st International Workshop on Peer-to-peer Systems, 2002

Kademlia

- Populäre DHT (muTorrent, Ktorrent, Vuze, BitTorrent, Cspace, eDonkey 2000, MLDonkey, … siehe Wikipedia)
- Geringer Wartungsaufwand für konsistente Routing Tabellen
- Knoten haben genügend Informationen und Flexibilität um Low-Latency Pfade zu wählen
- Parallele, asynchrone Anfragen, um Verzögerungen durch Timeouts zu umgehen
- Sehr Robust (u.A. gegen gewisse Denial of Service Angriffe)

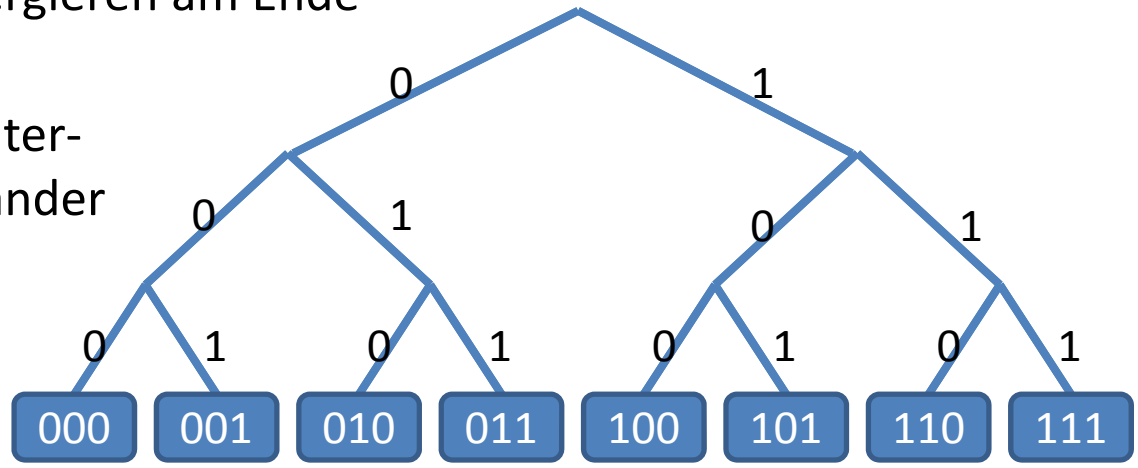
XOR Metrik

- Distanz d(A, B) = A ⊕ B

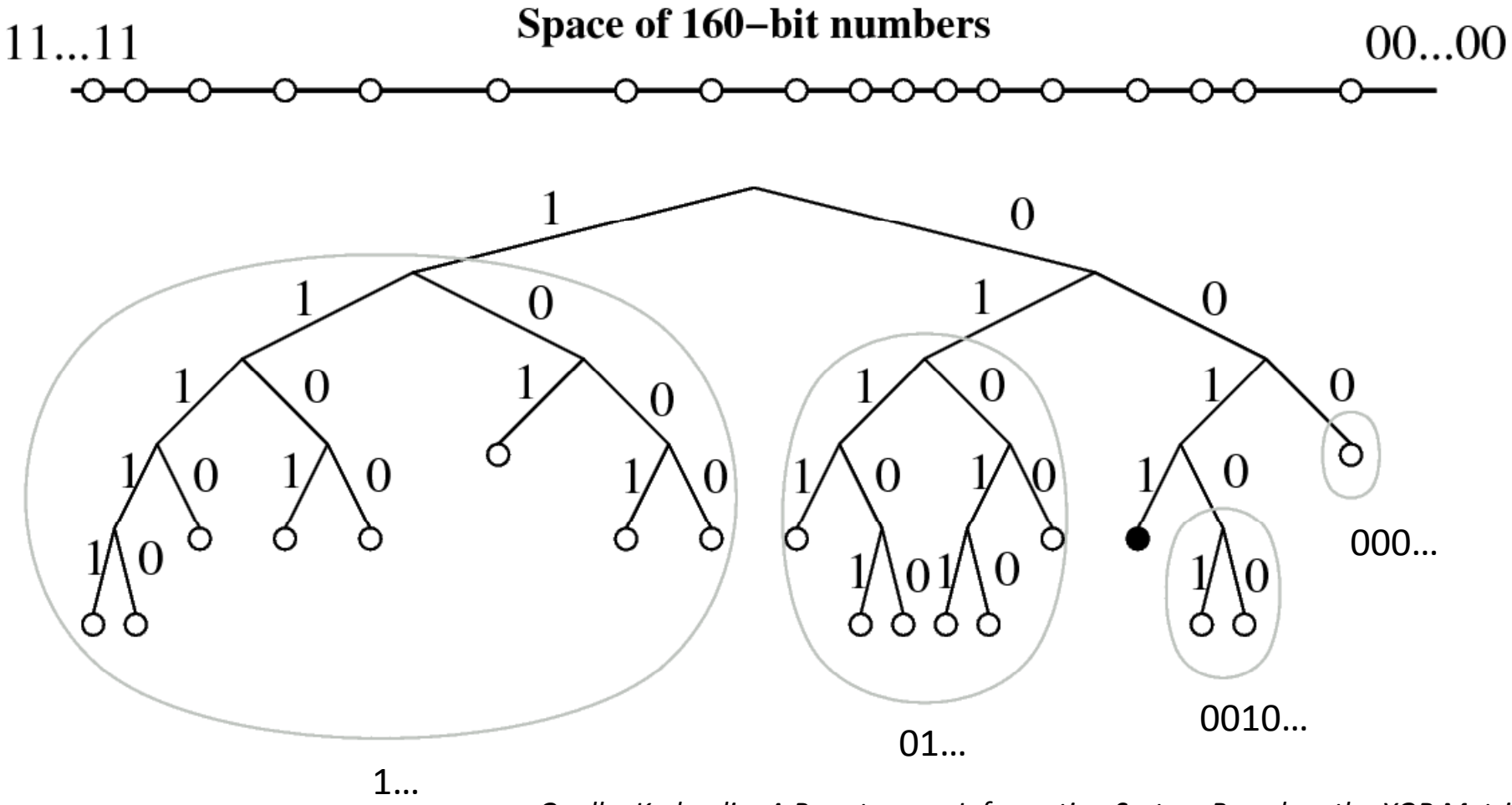


XOR Metrik

- Eigenschaften:
  - d(X,X) = 0
  - d(X,Y) = 0 → X=Y
  - d(X,Y) = d(Y,X) → Anfragen kommen von Knoten, die in Routing Tabelle stehen können (→ Verbessern der Tabellen)
  - d(X,Y) ≤ d(X,Z) + d(Z,Y)
  - Zu jedem Knoten gibt es **genau** einen Knoten mit Distanz d
    → Routingpfade konvergieren am Ende
    → Caching möglich
  - Knoten im gleichen Unter-baum sind nah beieinander



Routing Tabelle

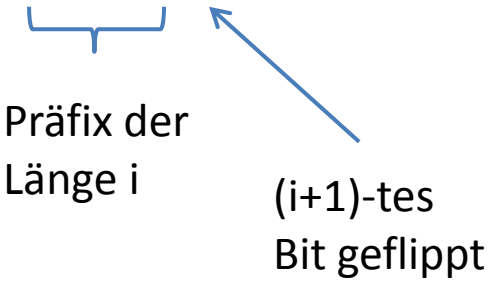


Quelle: Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric
Petar Maymounkov and David Mayières

Routing Tabelle

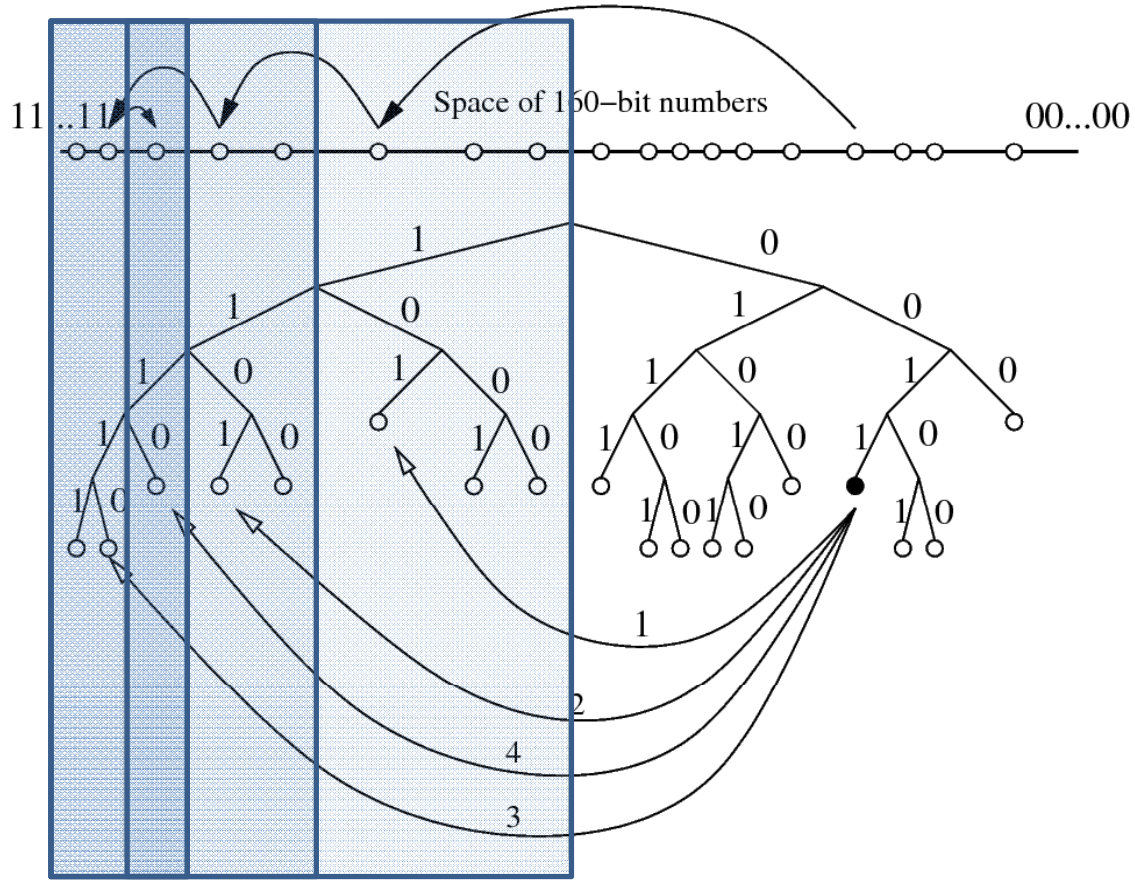
- Jeder Knoten kennt mindestens einen Knoten in jedem Unterbaum, sofern dieser Unterbaum einen Knoten enthält.

- Knoten Id: **0110010100 11001**
- Unterbaum i: **0110 1**...

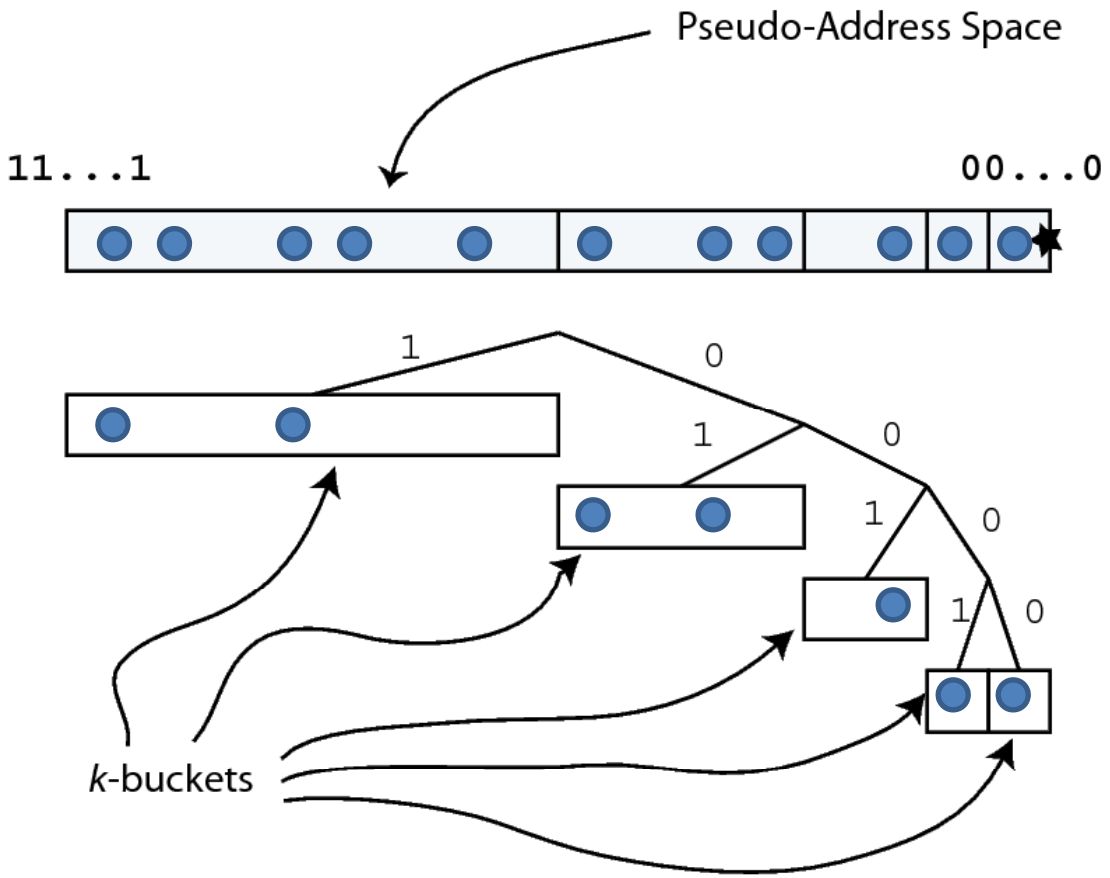


Routing Beispiel

- Routing von 0011… nach 1110…



Routing Tabelle



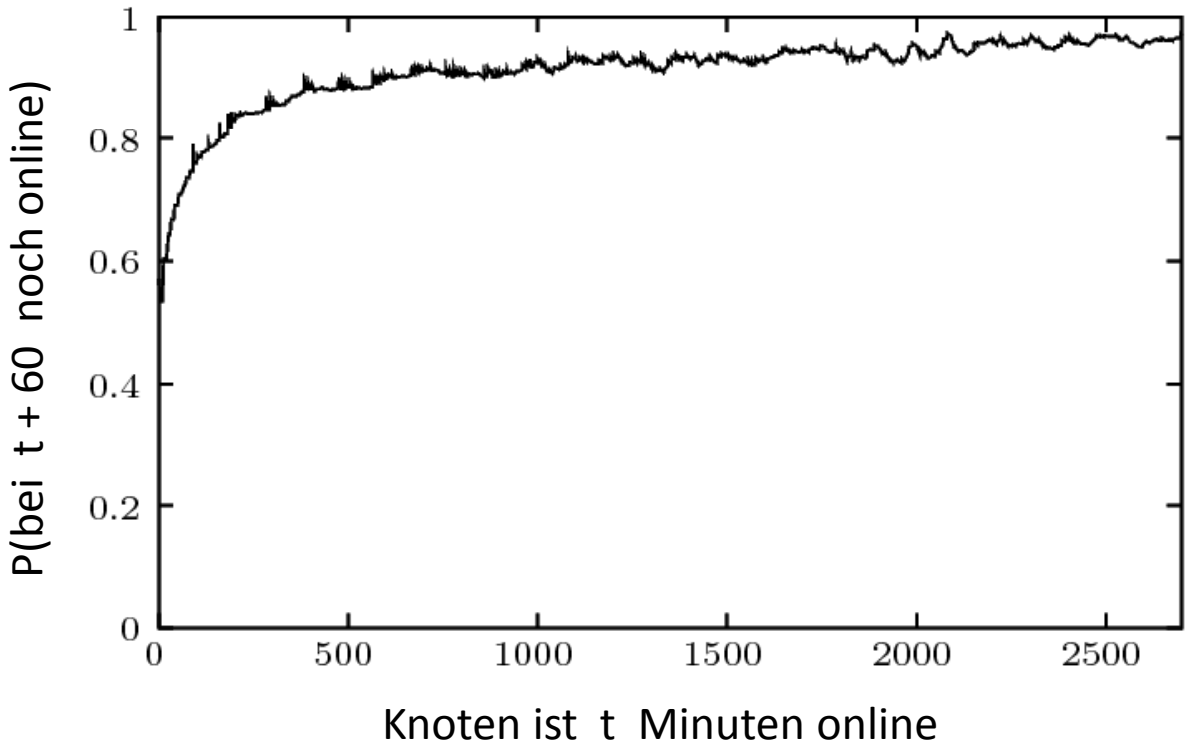
Quelle: Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric
Petar Maymounkov and David Mayières

k-Buckets

- Ein k-Bucket für jede Präfixlänge $0 \leq i < 160$
- Jeder Bucket enthält bis zu k Knoten (z.B. k=20)
- Einträge in Buckets nach „least-recently seen“ sortiert
- Bei Empfang von Nachricht von Peer p
  - Wenn p schon in Bucket: verschiebe an Ende von Bucket
  - Wenn p nicht in Bucket:
    - Wenn Bucket weniger als k Peers enthält: am Ende aufnehmen
    - Sonst:
      - wenn erster Peer in Bucket auf Ping reagiert:
        verschiebe diesen ans Ende des Buckets
      - Sonst: lösche ersten Peer aus Bucket, nimm p am Ende des Buckets auf
- LRU-Verdrängung, aber: aktive Knoten werden nie verdrängt

k-Buckets

- Bevorzugung alter Knoten verbessert Stabilität



Quelle: Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric
Petar Maymounkov and David Mayières

Nachrichten

- PING
  - Testet ob Knoten online ist
- STORE
  - Speichert Datum bei Knoten
- FIND_NODE(160 Bit ID)
  - Liefert die k nächstgelegenen bekannten Knoten (bezüglich XOR Metrik!)
  - Aus einem k-Bucket, wenn dieser voll ist; sonst aus mehreren
- FIND_VALUE
  - Wie FIND_NODE, aber liefert den Wert, wenn er bekannt ist

Routing Protokoll – Single-Threaded

```
1    p.lookup(T)
2       N = PriorityQueue(maximale Länge k)
3       N.add(α nächste Knoten)
4       solange nicht alle Knoten aus N erfolgreich gefragt:
5          k = nächster, nicht gefragter Knoten aus N
6          N' = k.FIND_NODE(T);
7          wenn N' = {}: // Fehler
8             lösche k aus N
9          sonst:
10            N = k nächste Knoten aus N und N'
11      wenn N weniger als k Knoten enthält:
12         markiere alle Knoten als ungefragt, goto 3
13      liefere nächsten Knoten aus N
```

Routing Protokoll – Multi-Threaded

(wie ich es implementieren würde - Paper sehr ungenau)

```
1    p.lookup(T)
2       N = PriorityQueue(maximale Länge k)
3       N.add(α nächste Knoten)
4       solange nicht alle Knoten aus N erfolgreich gefragt:
5          warte, bis weniger als α Anfragen ausstehen
6          p' = nächster, nicht gefragter Knoten aus N
7          sende FIND_NODE(T) an p'
8       wenn N weniger als k Knoten enthält:
9          markiere alle Knoten als ungefragt, goto 3
10      liefere nächsten Knoten aus N
```

```
1    On FIND NODE Time Out (k):
2       Lösche k aus N
```

```
1    On FIND NODE Answer (k, N'):
2       N = nächste k Knoten aus N und N'
```

Routing Protokoll – Multi-Threaded

- Häufig $\alpha = 3$ (sozusagen die Anzahl Worker Threads)
- Geringere Latenz für höheren Netzwerkverkehr getauscht
- Bevorzugt Routing durch Knoten mit geringer Latenz
- Vermindert Verzögerungen, wenn Knoten offline gegangen sind
- Korrektheit: s. Paper

Datenspeichern

- Store(key, value)
  - Ermittle k nächste Knoten
  - Sende STORE an jeden dieser Knoten
- Softstate
  - Neueinfügen jede Stunde
- Lookup
  - FIND_VALUE statt FIND_NODE
  - Daten werden beim zuletzt gefragten Knoten, der sie nicht speicherte, repliziert
  - Lebenszeit des Replikats: exponentiell antiproportional zu Anzahl Knoten zwischen aktuellem und zur ID nächsten Knoten

Join

- Neuer Knoten u kennt Knoten w
- u fügt w in entsprechenden k-Bucket ein
- u macht Lookup nach sich selbst und gewinnt neue Knoten
- u wählt sich zufällige IDs in leeren k-Buckets und routet dorthin
- Während dieser Vorgänge fügt sich u automatisch in k-Buckets bei anderen Knoten ein.

Implementierungs Details

- Pings werden nicht wirklich wie beschrieben verschickt (es wären zu viele)
  - Pings werden verzögert, bis sinnvolle Nachricht geroutet werden muss
  - Ein Replacement Cache hält Knoten, die ausgefallene Knoten kompensieren können
- Statt Binärbaum: 2^b-ärer Baum, reduziert Tiefe

Zusammenfassung

- In echten Netzen erprobt
- Robust
- Logarithmisches Routing
- Neuer Aspekt: Nebenläufige Anfragen

Ranking nach scholar.google.com

Netzwerk	Referenzen nach scholar.google.com
Chord (2001+2003)	7606
CAN (2001)	5204
Pastry (2001 + 2001)	5338
Tapestry (2001)	1927
Kademlia (2002)	929