Vorlesung
P2P Netzwerke
4: Content Addressable Network

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

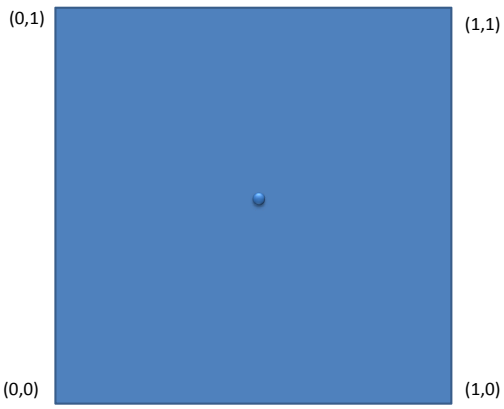
CAN: Content Addressable Network

- Sylvia Ratnasamy, Paul Francis, Mark Handley, Richard Karp, Scott Shenker: "A Scalable Content-Addressable Network", SIGCOMM'01, 2001.
- Alternativer Ansatz:
  - Adresse eines Knotens ist eine 2-dimensionale Koordinate
- Bereiche werden bei Knotenankunft geteilt

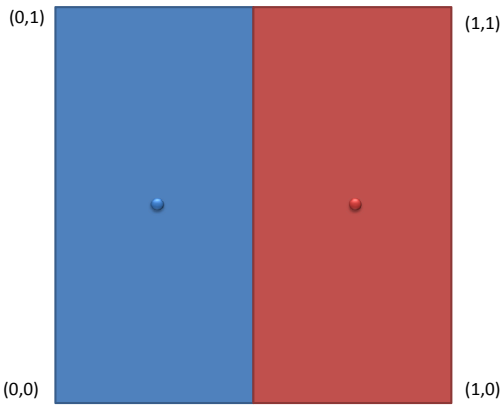




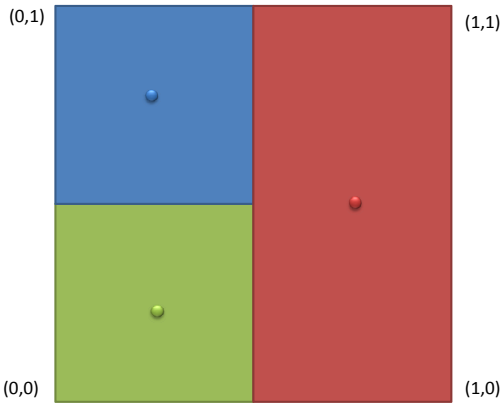
CAN



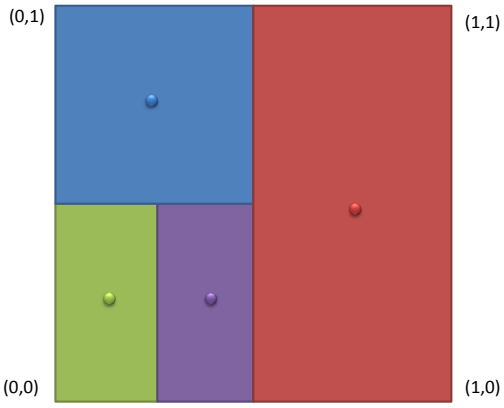
CAN



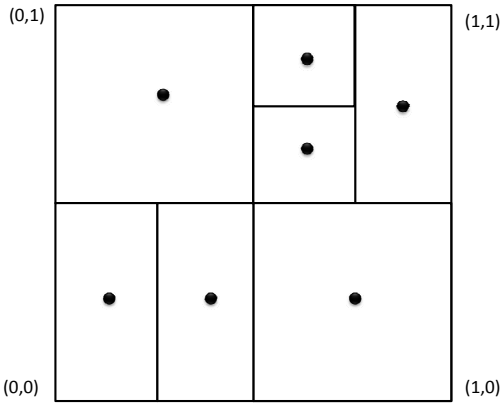
CAN



CAN

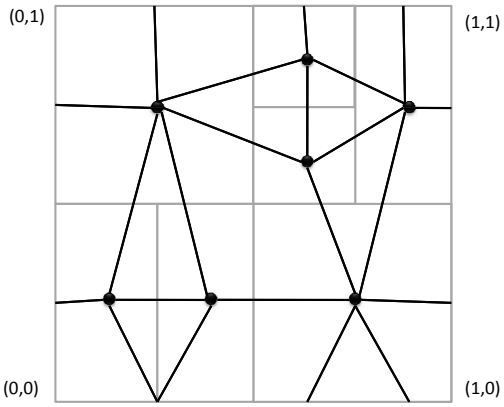


CAN



Verbindungsstruktur

Achtung:
d-torus



CAN

- ID-Raum ist 2-Dimensional kontinuierlich [0,1)x[0,1)
- Routing:
  - Wenn Ziel in meine Zone fällt, bin ich fertig
  - Sonst: Schicke Nachricht zu *einem* Nachbarknoten, der eine kleinere (euklidische) Distanz zum Ziel hat
- Knotenankunft:
  - Wähle zufällige ID aus [0,1)x[0,1)
  - Route Nachricht an diesen Punkt
  - Gebiet des Ziel-Peers wird geteilt
  - Baue Verbindungen zu allen Nachbarn des alten Peers auf

Analyse

- Idealisiert: 2D-Gitter
- Nötige Routing-Schritte
  - O(sqrt(N))
- Anzahl Nachbarn
  - 4 Nachbarn, also O(1)
- Vergleiche mit Chord:
  - beides O(log N)
- ➔ Routing langsamer, aber viel weniger Verbindungen und damit weniger Verwaltungsaufwand!
- Trotzdem robustes Netzwerk

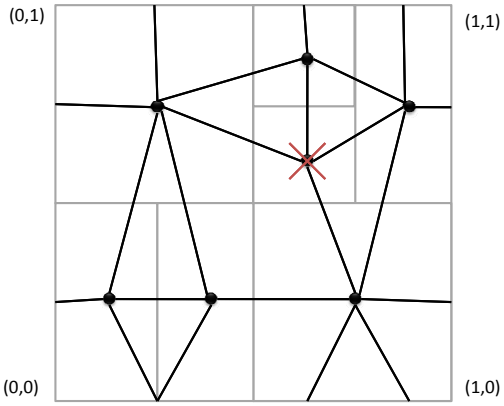
Wie groß werden die Zonen?

- ➔ Übungsaufgabe

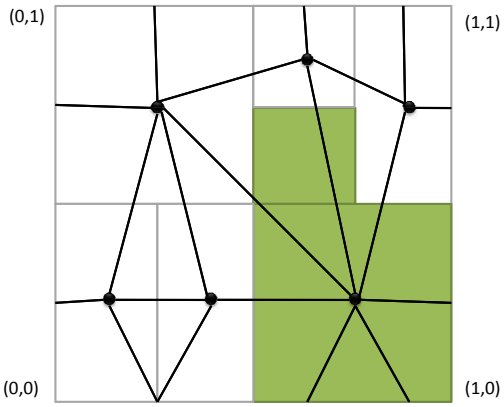
CAN: Ausfall eines Knotens

- Die Nachbarn entdecken, dass der Peer ausgefallen ist
- Ziel:
  - der Nachbar mit der kleinsten Zone soll den ausgefallenen Peer übernehmen
- Daher:
  - Jeder Knoten startet einen Timer proportional zur Größe der eigenen Zone
  - Wenn der Timer abgelaufen ist, sendet er eine Nachricht an alle anderen Nachbarn
  - Wer die Nachricht empfängt, stoppt seinen Timer
  - Danach übernimmt er die Zone des ausgefallenen Peers
- Kann zu **Fragmentierung** führen

Fragmentierung

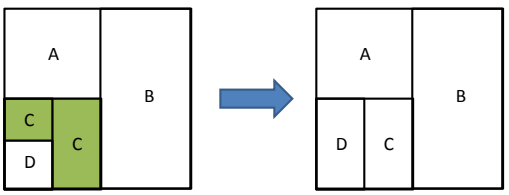


Fragmentierung



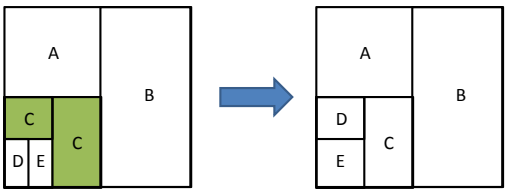
Defragmentierung Teil 1

- Wenn ein Peer mehr als eine Zone hat:
  - Versuche, kleinste Zone loszuwerden
- Wenn die Nachbarzone ungeteilt ist (beide Knoten Blätter im Aufteilungsbaum):
  - Übergib die Zone dem Nachbar



Defragmentierung Teil 2

- Wenn die Nachbarzone aufgeteilt ist:
  - Tiefensuche im Baum, bis zwei benachbarte Blätter gefunden wurden
  - Fasse diese Blätter zusammen
  - der freigewordene Peer übernimmt das Gebiet

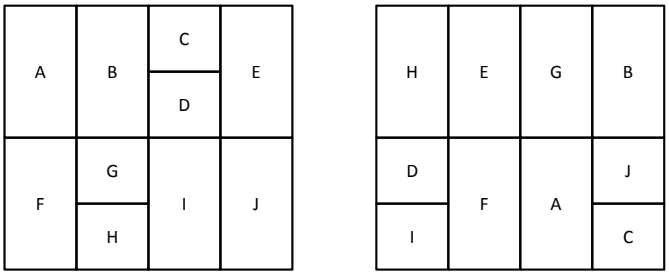


Mehrdimensionales CAN

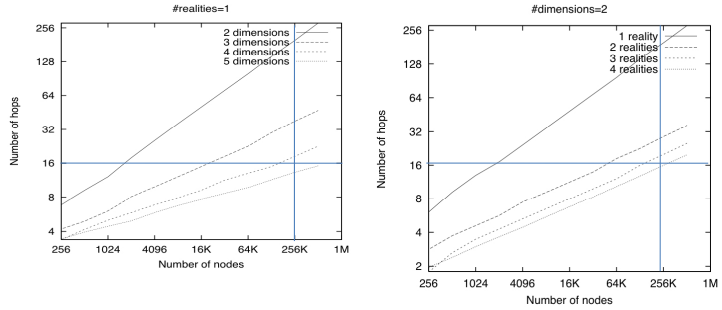
- Analoge Konstruktion, aber d-Dimensionaler Schlüsselraum
- Bewirkt:
  - Kürzere Routing-Zeiten
  - Mehr Nachbarn
- Genauer:
  - $O(n^{1/d})$ Hops
  - 2d Nachbarn, also O(d) Nachbarn

Mehrere Realitäten

- Es werden gleichzeitig mehrere CAN Netzwerke aufgebaut
- Jedes heißt **Realität**
- Beim Routing wird zwischen den Realitäten gesprungen (besonders am Anfang)
- Bewirkt: Schnelleres Routing, Replikation, Robustheit

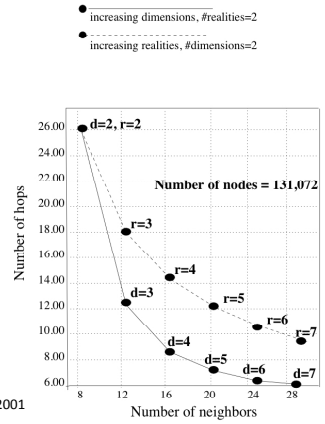


Dimensionen vs. Realitäten



Quelle: Ratnasamy, Francis, Handley, Karp, Shenker:
A Scalable Content-Addressable Network, SIGCOMM'01, 2001

Dimensionen vs. Realitäten



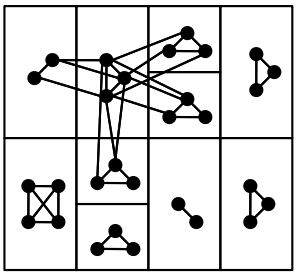
Quelle: Ratnasamy, Francis, Handley, Karp, Shenker:
A Scalable Content-Addressable Network, SIGCOMM'01, 2001

Mehrfaches Hashing

- Daten werden mehrfach abgespeichert
  - indem man *k* unterschiedliche Hash-Funktionen nimmt
- Dadurch erhöht sich die Robustheit
- Geringere Entfernungen
  - Lookup nur zu nächster Kopie

Überladen von Zonen

- In jeder Zone werden mehrere Peers platziert
- Alle Peers einer Zone kennen sich untereinander
- Jeder kennt mindestens **einen** aus der Nachbarschaft
- Bewirkt: Routing konstant schneller, Replikation

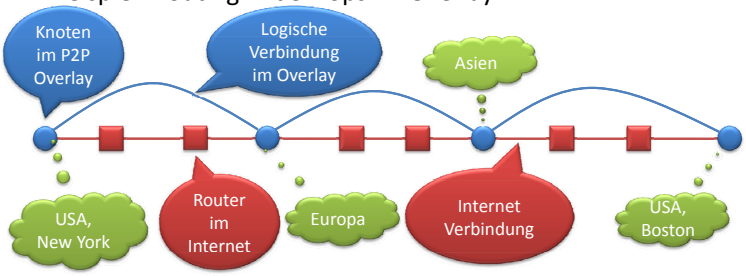


Uniform Partitioning

- Beim Join wird versucht, die Zonengröße besser auszugleichen
- Jeder Peer kennt die Zonen seiner Nachbarn
- Es wird die größte Zone geteilt

Latenzen Berücksichtigen

- Bisher haben wir Routing-Performance nur in Hop-Distanzen im Overlay-Netzwerk gemessen
- Wie sieht es tatsächlich aus?
- Beispiel: Routing mit 3 Hops im Overlay



Latenzen

- Die effektive Latenz im Routing hängt also von 2 Faktoren ab:
  - Anzahl Hops
  - Internet-Latenzen der einzelnen Hops
- Es kann also evtl. schneller sein, mehr Hops zu machen, die aber dafür lokaler sind
- Dazu muss das Routing oder die Verbindungsstruktur eine gewisse Flexibilität haben
- Bei Chord z.B. sind Struktur und Routen determiniert
- CAN ist hier flexibler

Latenzen

- In CAN 3 Ansätze:
  - Im Standard-CAN den nächsten Hop mit bestem Verhältnis ID-Distanz zu Latenz auswählen (statt maximaler ID-Distanz)

    Proximity Route Selection (PRS)
  - Beim Überladen von Zonen Verbindung mit dem "dichtesten" Knoten in der Nachbarzone eingehen
    ➔ regelmäßig die anderen Kandidaten prüfen, evtl. wechseln

    Proximity Neighbor Selection (PNS)
  - ID nicht zufällig wählen, sondern anhand einer Lokalitäts-Metrik Position im Netzwerk wählen

    Proximity Neighbor Selection (PNS)

Netzwerk an Internet-Topologie anpassen

- *m* spezielle Peers dienen als "Landmarken"
- Latenzzeiten zu diesen Landmarken werden gemessen
- Liste der Latenzzeiten zu den Landmarken wird sortiert
- Diese Sortierung bestimmt Position im CAN
- Dadurch werden nahe Peers auch in CAN nah einsortiert
- Vorteile:
  - Gute Verringerung der Latenzzeiten
- Probleme
  - Wie wähle ich die Landmarken aus?
  - Lastungleichgewichte
  - Gefahr von Partitionierung

CAN: Gesamt-Evaluation

Parameter	bare bones CAN	knobs on full CAN
Dim.	2	10
Realitäten	1	1
Peer / Zone	0	4
Hashfkt.	1	1
Latenz-Optimiertes Routing	Aus	An
Uniform Partitioning	Aus	An
Landmark Ordering	Aus	Aus

Metrik	bare bones CAN	knobs on full CAN
Pfadlänge	198	5
Grad	4,57	27,1
Peers	0	2,95
IP Latenz	115,9 ms	82,4 ms
Pfad Latenz	23,008 **sec.**	135,29 ms

2^{18} Knoten, Transit-Stub Topologie

CAN: Vorteile/Nachteile

- Vorteile
  - Einfaches Verfahren
  - Balanciert die Datenmenge
  - Kleiner Grad
  - Netzwerk ist stark zusammenhängend, dadurch robust
  - Kennt verschiedene Wege zum Ziel und kann dadurch Routen optimieren
- Nachteile
  - Lange Wege (polynomiell lang)
  - Stabilität durch geringe Nachbarzahl gefährdet