

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Einstieg: Wie finde ich meinen Platz im Netz?

- **Erste Adressen:** Wie finde ich Adressen anderer Knoten?
- **Wahl der Verbindungen:** Mit wem sollte ich mich verbinden?
- **Routing-Informationen:** Welche Daten brauchen die Knoten?



Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Suche: Wo gibt es, was ich brauche?

Zwei Konzepte:

- **Pfade zu existierenden Daten finden:** Gnutella
- **Daten an die richtigen Orte bringen:** Kademlia, BitTorrent VHT, Freenet

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Kommunikation

- **Vier-Augen Gespräch (PM/DM/msg/Anruf/...)**
- **Unterhaltung in Gruppen (Chat, Forum, Videokonferenz, ...)**
- **Öffentliche Unterhaltung**
- **Von neuen Inhalten erfahren**
- **Informationen über Inhalte (Kommentare, Bewertung, ...)**



Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Störungsresistenz: Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

Störung

"Disruption", alles, was die Qualität des Dienstes für die Nutzer verringert

Auf jeder Ebene nötig

- **Knotenauswahl:** Verbindung mit Angreifern
- **Suche:** Spam, Falschinformationen
- **Verbreitung:** Dateien korrumpieren
- **Kommunikation:** Spam, Belästigung und Zensur⁶

⁶ „Das Web betrachtet Zensur als Störung und lenkt Anfragen darum herum.“
— The Internet treats censorship as a malfunction and routes around it. – John Perry Barlow

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Weitere Eigenschaft: Grad der Verteilung

Serverkoordinierte Teilgruppen bis vollständig dezentrale Interaktion.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Ziele

- Sie verstehen die grundlegende Funktionsweise von Gnutella als Beispiel einer effizienten, dezentralen Schlüsselwort-Suche.
- Sie erkennen, wo die für Gnutella entwickelten Techniken sinnvoll genutzt werden können.
- Sie wissen, welche Probleme ungelöst blieben.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Strukturiert vs. Unstrukturiert

Strukturiert

- **Erste Adressen:** Braucht Topologie⁴
- **Wahl der Verbindungen:** Nur bestimmte sinnvoll
- **Routing-Informationen:** Durch Auswahl der Partner (Peers)

Unstrukturiert

- **Erste Adressen:** Einfache Liste
- **Wahl der Verbindungen:** Beliebige Andere
- **Routing-Informationen:** Explizit austauschen

Kann ich alle direkt erreichen?

⁴Topologie: Struktur des Netzes.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Schlüssel zum Licht



Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Störungsresistenz: Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

Störung

"Disruption", alles, was den die Qualität des Dienstes für die Nutzenden verringert

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Störquellen

Sammeln am Flipchart

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Zusammenfassung

- **Einstieg:** Erste Adressen und Routing-Info
- **Suche:** Schlüsselwort, Inhalt, Public Key
- **Störung:** Parasiten, Trolle, Spammer, Konkurrenten und Angreifer
- **Verbreitung:** Tracker, Download-Mesh, Fragmente mit Caching
- **Kommunikation:** Privatnachricht, Forum, Neuigkeiten, Kommentare

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Inhalt

- **Nutzersicht:** Das war Gnutella
- **Einstieg:** GWebCaches
- **Suche:** Slow-Start + Keyword-Multicast
- **Verteilung:** Download-Mesh
- **Kommunikation:** Neues und Sammlung zeigen
- **Störungsresistenz:** Heuristik oder Inhalts-Matrizen

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Suche: Wonach suchen?

- **Schlüsselwort:** Gnutella, Skype (vor MS)
- **Inhalts-Hash:** Kademlia, BitTorrent VHT, Freenet
- **Öffentlicher Schlüssel:** Freenet

Glossar:



BitTorrent VHT

Verteilte Hashtabelle, ein DHT

DHT Distributed Hashtable

Öffentlicher Schlüssel public key, das Gegenstück zum privaten Schlüssel in asymmetrischer Verschlüsselung.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Verbreitung: Wie vermeide ich Flaschenhälse?

- **Zentralisiert:** Streaming im Provider-Netz via Multicast
- **Swarming:** Nutzer übernehmen einen Teil der Verteilung
 - **Koordiniert von zentraler Stelle:** BitTorrent (Tracker)
 - **Koordiniert durch die Nutzer:** Gnutella (Download-Mesh)
 - **Unabhängig verteilte Fragmente:** Freenet⁵

Glossar:



Download-Mesh

Name des Protokolls

Tracker Ein Server der den BitTorrent-Schwarm Koordiniert

⁵Reduziert Swarming auf Download einzelner Dateien, braucht aber caching: Zeitlich begrenzte Zwischenspeicherung.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Störungsresistenz: Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

Störung

"Disruption", alles, was den die Qualität des Dienstes für die Nutzenden verringert

In Gruppen sammeln

- **Knotenauswahl:**
- **Suche:**
- **Verbreitung:**
- **Kommunikation:**

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Störquellen

Sammeln am Flipchart

Quellen

- **Parasiten:** Bessere Leistung auf Kosten Anderer (leecher).
- **Trolle:** Kein Finanzinteresse, minimale Ressourcen, nutzen jegliche Lücke.
- **Spammer:** Erfolg durch Verbreitung eigener Inhalte.⁷
- **Konkurrenten:** Erfolg durch verringerte Qualität des Systems.
- **Angreifer:** Erfolg durch Schädigung von Nutzern.

⁷Werbung ist Spam durch die genutzte Plattform.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Gnutella

Erinnert mich bitte an die Pause

1999 veröffentlichte Justin Frankel von AOL ein Binärprogramm. Ein einfaches TCP-basiertes Protokoll verband alle Teilnehmenden zur ersten vollständig dezentralen Tauschbörse⁸. Binnen Tagen war es wieder offline, doch die Idee lebte weiter. Das Protokoll wurde reverse-engineered und weiterentwickelt und hat bis 2008 50 Millionen Nutzer gewonnen. Dann verschwand es nach verlorenen Urheberrechtsklagen der größten Entwicklungsfirmen in der Obskurität und seine technischen Errungenschaften gerieten in Vergessenheit.

⁸Tauschbörse: Ein Dienst, in dem Nutzerinnen und Nutzer Inhalte anbieten und von anderen Nutzern herunterladen.

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Sicht der Nutzer/-innen

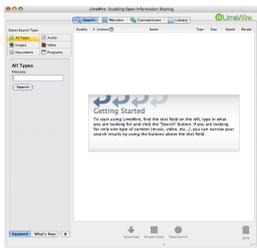
- 50 Millionen Knoten
- Globale Suche nach Dateinamen und ID3-Tags
- Filter für Creative-Commons-Lizenzen
- Suche nach den neusten Dateien (What's New?)
- Downloads von vielen Quellen ohne zentrale Koordination
- Audio-Streaming um 2004 („Dateivorschau“)
- LimeWire, Bearshare, Shareaza, Phex, gtk-gnutella, ...

Arne Babenhausenheide
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Einstieg	Grundprobleme	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss		
0	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	
0000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

Praktisch



Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Implementierung (Grundlagen)

- Adressen: Webcaches
- Verbindung: HTTP-Handshake, dann Binär über TCP socket + out of band Antworten via UDP
- Verbreitung: HTTP + swarming
- Kommunikation: Via Suche

Weitere Knoten finden: X-Try

Beim Handshake (wie HTTP):

When rejecting a connection, a server MUST, if possible, provide the remote host with a list of other Gnutella hosts, so it can try connecting to them. This SHOULD be done using the X-Try header.

An X-Try header can look like:

X-Try:1.2.3.4:1234,3.4.5.6:3456

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Suche im Netz



Nicht existente Datei durchschnittlich: $4 \times 32 \times 32 = 4.096$ Knoten.

Last (empirisch): <1kiB/s Leaf, <14kiB/s Ultrapeer

Ultrapeer (UP) Ein Hub, über den Kommunikation läuft.

Leaf Ein Randknoten, sucht über Ultrapeers.

Knoten Ein Peer oder Ultrapeer.

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Größe der Query Routing Tabellen in Gnutella

- Hashes: Normalisierte Suchwörter in der Suchanfrage oder im Dateinamen
- Größe: Variabel, Default in LimeWire 128kiB, interpolation auf größere und kleinere Tabellen möglich.
- Aktuell verfügbare Quelle: BitSetQRTTableStorage.java
- Hash-Funktion pro Suchwort: HashFunction.java

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Verteilung: Download-Mesh

- Standard HTTP Range-Requests
- Content-Addressed: HOST/uri-res/raw/urn:sha1:HASH¹⁴
- 5 zusätzliche Header:¹⁵

X-AIT Bestätigte Quelle für die Datei, IP/Port

X-NAIT Unerreichbare Quelle oder Quelle mit Korruptierten Daten, IP/Port

X-Gnutella-Content-URN Merkle-Tree Root-Hash

X-Thex-URI /uri-res/N2X?urn:sha1:HASH;MERKLE_TREE_ROOT

X-Available-Ranges bytes 0-10,20-30 (Beispiel)

¹⁴ <https://www.ietf.org/rfc/rfc2169.txt> and <http://www.nuke24.net/40ca/2015/haah0a.html>
¹⁵ http://rftc-gnutella.sourceforge.net/src/Partial_File_Sharing_Protocol_1.0.txt

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Störungsresistenz: Objektvertrauen via Credence

- Jede korrekt bezeichnete Datei: 1.0
- Jede inkorrekt bezeichnete Datei: -1.0
- Wertungen anderer mit Korrelation der gemeinsamen Wertungen multipliziert.

→ <http://credence-p2p.org>

Wurde nie in ein Mainstream-Prgramm übernommen.

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Weitere Knoten finden: Pong

Pong messages contains information about a Gnutella host. The message has the following fields

- Bytes: Description:
- 0-1 Port number. The port number on which the responding host can accept incoming connections.
 - 2-5 IP Address. The IP address of the responding host. Note: This field is in big-endian format.
 - ...
 - * When a Ping message is received (TTL>1 and it was at least one second since another Ping was received on that connection), a server MUST, if possible, respond with a number of Pong Messages. These pongs MUST have the same message ID as the incoming ping, and a TTL no lower than the hops value of the ping.

→ http://rftc-gnutella.sourceforge.net/src/rftc-0_6-draft.html

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Suche 1: Slow-Start

„Dynamic Querying“ (DQ)

- Leaf fragt einen UP nach dem anderen. Stoppt nach „genug“ Ergebnissen (um die 100).
- UP fragt Leafs und andere UPs. Stoppt nach „genug“ Ergebnissen.

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Suche 4: Dateien nach Hash finden

- Zugriff auf Magnet-Links¹¹ brauchte exakte Dateisuche.¹²
- Angepasstes Kademlia ⇒ im Abschnitt zu Kademlia.

¹¹ Magnet-Links liefern Infos für Downloads in leicht kopierbarem Link.
¹² kt...: Suchanfrage, wurde kaum genutzt. Weiteres: https://en.wikipedia.org/wiki/Magnet_URI_scheme#Design

Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Kommunikation: Schwachstelle

- Chat nie wirklich verlässlich
- Kein bleibender Kontakt zu anderen
- Funktionierend:
 - Was gibts Neues? (via LimeWire: Neueste Dateien sehen)
 - Sammlung durchsuchen (Alle freigegebenen Dateien sehen)



Arne Babenhauserheide										
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer										
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000
00000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	00000000	000000000000	000000	000000
000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000
0000	0000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000000	0000000000	000000	000000

Verbleibende Schwächen 2008

- 10-20% Spam-Ergebnisse trotz 50 Millionen Nutzer.
 - Credence nie weiterbreitet.
- Ein Schritt Flooding: Windows begrenzte Verbindungszahl.
- Parameter-Anpassungen beim Wachstum.
- Keine Kommentare, Peer-Chat wurde nie gut.

Arne Babenhauserheide									
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer									
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000000000	0000	000	000	0	0	0000	000000000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000	0	000000	000000000000	000000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000	0	000000	000000000000	000000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000	0	000000	000000000000	000000	000	000	000000

Gnutella Routing Experiment

- Peers: Tisch + davor + dahinter
- Letzte 2 Hops
- Suche nach Namen
- Hash = 1. Buchstabe
- QRT¹⁹: Hash der Namen der Peers
- Intra-UP QRT: QRTs der Peers, zusammengefasst

Was müsst ihr vorher austauschen?

¹⁹QRT: Query Routing Table.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Zusammenfassung Gnutella

- Effiziente Suche nach Schlüsselwörtern
- TCP-basiertes Binärprotokoll, 50 mio Nutzer, 1kiB/s Leaf, 14kiB/s Ultrapeer
- Einstieg: WebCache-Server + Austausch QRT (wie Bloom-Filter)²⁰
- Suche: Slow-Start + QRT Routing
- Verteilung: Download-Mesh
- Störungsresistenz: Heuristik oder Objektiviert

²⁰Set von schwachen Hashes der Suchwörter, Anzahl keys dynamisch skaliert und interpoliert

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Projektideen

- Download-Mesh implementieren
 - Nur Range-Requests + magnet für Quellen
 - Quellen-Gossip via XAlt²¹
 - Mit Merkle-Tree oder hashliste für chunks und mit XNalt
- Suche über WebRTC in Javascript
 - flooding über vereinfachtes Binärprotokoll
 - QRP / QRT
 - Sharing als Upload in local storage
 - GGEP: Generic Gnutella Extension Protocol; Binärprotokoll für beliebige Daten.

²¹XAlt/XNalt: Header, der gute / kaputte Quellen beschreibt.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

PAUSE

--- PAUSE ---

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Kademlia

Lookup in einer Verteilten Hash-Tabelle (DHT) mit xor-Metrik.

- Nutzersicht
- Suche
- Einstieg (nutzt die Suche)

Ziele

Sie verstehen die grundlegende Funktionsweise von Kademlia als Beispiel einer effizienten, dezentralen Hash-Suche.
Sie erkennen, wo die in Kademlia entwickelten Techniken sinnvoll genutzt werden können.

Sicht der Nutzer/-innen

Werkzeuge

Ursprünglich Tauschbörsen: Kad in aMule, VHT in Torrent clients
Inzwischen auch verteilte Datenbanken: Amazon Dynamo.

Anwendung

- Suche nach exakten Dateien
- Löst Magnet-links auf
- Server-Auswahl zum Schreiben; eventual consistency

Suche in Kademlia

- Jeder Knoten hat eine zufällige ID
- Suche nach Hash → Distributed Hash Table
- Distanz zwischen Hash und ID via xor-Metrik²²
- Schritt für Schritt in O(log(N)) zum richtigen Server



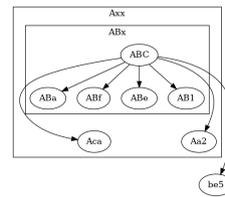
Ähnlich: Chord, Pastry.

²²xor-Metrik: 4 xor 2 ⇒ 100 xor 010 ⇒ 110 ⇒ 6.

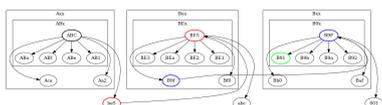
Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Präfix-Buckets



Suche nach b91



Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000



Kademlia Routing-Experiment, Einstieg

IDs nach Sitzplatz:

11 - - - - - (Fenster)
10 - - - - -
01 - - - - -
00 - - - - -
000 001 010 011 100 101 110 111
(Tür) (Pult)

Präfix-Buckets (E=Eigener Bitwert):

1 4 4 2 1
EEEEx EEExx EEExx Exxxx xxxxx

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Kademlia Routing-Experiment, Suche

- ID berechnen (vereinfacht: zufällig²³)
- Name in ID speichern.
- Andere Person: Name abfragen

²³ ⇒ shared state, global; in Realität stattdessen: Hash.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Projektideen

-
-
-
-

Zusammenfassung

- Distanz: key-hash XOR node-ID
- Suche: Nächstgelegenen bekannten Knoten nach besseren Knoten fragen
- Kennt mehr nahe als entfernte Knoten
- Speichern wie Suchen
- Einstieg:
 - Suche nach eigener ID
 - Erreichte Knoten nutzen Adresse und ID

BitTorrent

- Verbreitetste Lösung für Swarming
- BitTorrent, IPFS, Blizzard-Updater
- Upload für schnelleren Download
- Koordiniert durch Tracker
- Keine Suche

Ziele

- Sie kennen die grundlegende Funktionsweise von BitTorrent.
- Sie verstehen, wo BitTorrent durch teilweise Zentralisierung Komplexität vermeidet.
- Sie können erklären, warum Torrent für Twitter keine optimale Wahl war, trotzdem aber Faktor 100 schneller, als die vorherige Lösung.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	000	0000000000	000	000	000	000000
0000	0000	0000000000	0000	000	000	000000

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Sicht der Nutzer/-innen

- Informationen von Tracker-Seiten
- Download mit torrent-Datei oder Magnet-Link
- Unterstützt Ordner
- Heute: ipfs: Webseiten über BitTorrent
- NAT-Traversing und IP Verschleiern über Tor

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Anreiz zum Hochladen

- Uploadverhältnis wird geprüft
- Freeloader²⁵ werden von anderen clients gedrosselt (choked: niedrigere Downloadrate)
- In Literatur ist der Anreiz im Vergleich zu anderen Themen stark vertreten, in der Praxis sind die angebotenen Foren wichtig

²⁵Freeloader: Leute, die nichts hochladen. Auch „Leech“. Gegenteil: „Seed“.

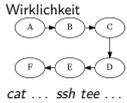
Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Torrent für Twitter-Deployment

- Kosten bei Twitter: Übertragung über viele Schritte
- Torrent überträgt in Fragmenten.



cut-through routing / streaming.



cat ... ssh tee ...

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Freenet/Hyphanet

Zensur-Resistente Kommunikation auf Freund-zu-Freund Netzwerk Dezentrale Datenbank mit pubkey-Zugriff

- Ziele
- Verwendung
- Einstieg
- Small-World
- Suche
- Verteilung
- Mutability
- Kommunikation
- Schnittstellen

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Einstieg in Freenet

- Opennet:
 - Ähnlich Kademlia: Wähle bekannte Seednode²⁶, Seednode sucht nach ID → Referenzen
 - Unterschied zu Kademlia: Nicht nur IP, sondern Referenz mit Schlüssel
- Friend-to-Friend:
 - Feste Verbindungen
 - Knoten tauschen ihre IDs, um das soziale Small-World-Netzwerk zu rekonstruieren → Overlay-Kosten minimieren.



²⁶Seednode: Bekannter Knoten, der Verbindungen zu anderen vermittelt.

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Freenet Suche

- Wie Kademlia, aber hop für hop weitergeleitet → keine Globale Erreichbarkeit oder Sichtbarkeit
- Suche nach public key möglich
- Keyspace: [0.0 : 0.1]



Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Konzept von BitTorrent

- Tracker: Webseite
 - Koordiniert Schwärme
 - Suche, Foren, Bewertung, Verifizierung, Gemeinschaft
 - Statistiken: Seeder, Leacher
 - Liefert keine Daten
 - Aggregiert, wer wie viel hochlädt → Anreiz



Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Weiteres

- VHT statt Tracker möglich (Kademlia)
- Freies Protokoll mit vielen Implementierungen
- Weiterentwicklung in der Community
- IPFS nutzt Torrents für dezentral gecachte Webseiten

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Projektideen

-
-
-
-
-

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Ziele für den Freenet-Abschnitt

- Sie kennen Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Kademlia und Freenet
- Sie erkennen feste Freund-zu-Freund Verbindungen
- Sie erkennen die Small-World-Anforderung
- Sie verstehen, wie Freenet Daten versioniert und neue Versionen findet, ohne existierende Daten ändern zu können
- Sie kennen die dezentrale Spam-Abwehr in Freenet

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Small-World-Netzwerk (skalenfrees Netzwerk)

- Viele kurze und wenige lange Verbindungen.
- 6 degrees of separation via Post: Unsere Bekanntschaften bilden ein small-world Netzwerk
- Kleinberg-Netzwerk: Wahrscheinlichkeit verbunden zu sein: $\frac{1}{d^2}$, d = Distanz, x = Dimension.
- Freenet: x = 1

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Arten von Schlüsseln

- CHK: Content Hash
- KSK: Keyword Subspace: Passwort
- SSK: Signed Subspace: Public Key
- USK: Updatable Subspace: SSK mit Version

Format:
 XXX@routing,encryption/tarball-name/path/to/file.ext
 Ohne Pfad und Name möglich (kleiner → Optimierung).

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Torrent-Datei

- Tracker URL(-s)
- Hashes für Chunks
- Namen der Datei(-en)
- Kann Ordner enthalten²⁴

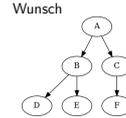


²⁴http://www.bittorrent.org/beps/bep_0003.html

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Torrent für Twitter-Deployment

- Kosten bei Twitter: Übertragung über viele Schritte
- Torrent überträgt in Fragmenten.



cut-through routing / streaming.

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Zusammenfassung

- Tracker und Clients
- Tracker: Statistiken und Koordination
- Torrent-Datei mit Chunk-Infos

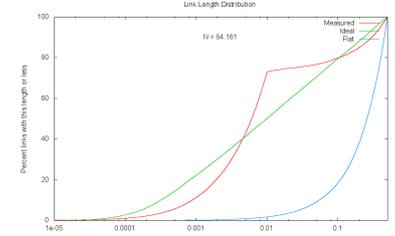
Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Verwendung

- Web-Schnittstelle
- Plugins mit E-Mail
- Externe Programme wie Chat und Foren mit Freenet als Datenbank via HTTP-ähnlicher API (FCP)

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Theoretische und gemessene Link-Längen



Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

Verteilung in Freenet

- Netz speichert Inhalte → verteilter Cache
- Dateien verschlüsselt, als 32 KiB Fragmente mit 100% Redundanz abgelegt
- Manifest enthält Schlüssel der Fragmente als CHKS
- Effektiv LRU-Cache:²⁷
 - Speichern überschreibt zufällig gewählte Fragmente
 - Zugriff stellt überschriebene Fragmente wieder her
- Upload auf existierenden Schlüssel+Pfad: Kollision → In der Praxis immutable



²⁷LRU: Least Recently Used. Ältestes wird zuerst gelöscht.

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

