Institut für Informatik

Lehrstuhl für Technische Informatik
Prof. Dr. Björn Scheuermann

Peer-to-Peer-Systeme WS 2015/16

Übungsblatt 1b

Besprechung am 29. Oktober 2015

Schriftliche Abgaben (als Alternative zum Vorrechnen in der Übung) spätestens am Tag vor der Übung per E-Mail an scheuermann@informatik.hu-berlin.de

Aufgabe 4

In einem zu Gnutella 0.4 ähnlichen Overlay sei jeder Peer mit genau fünf Nachbarn verbunden. Einer Peer setzt nun eine Query-Nachricht an alle seine Nachbarn ab.

(a) Wieviele Peers können in einem solchen Netz mit einem Query mit TTL 1 erreicht werden? Wie viele können mit einer TTL von 2 höchstens erreicht werden? Wieso steht in der vorangegangenen Frage das Wort „höchstens"?

> **Lösung:** Mit TTL=1: 5 Peers
>
> Mit TTL=2: $5 + 5 \cdot 4 = 25$ Peers. (Jeder der fünf Nachbarn des ursprünglichen Senders kann an vier weitere Peers weiterleiten.)
>
> Es sind nicht genau, sondern *höchstens* 25 Peers, weil es mehrere Wege zu manchen Peers geben kann, so dass eventuell nicht 25 *verschiedene* Peers erreicht werden.

(b) Wie viele Peers kann man höchstens mit einer TTL von t erreichen? Gib die Werte für $t = 1 \ldots 5$ und eine allgemeine Formel in Abhängigkeit von t an.

> **Lösung:** In Entfernung i vom suchenden Peer befinden sich höchstens $5 \cdot 4^{i-1}$ Peers. Innerhalb eines t-Hop-Radius liegen deshalb höchstens
>
> $$\sum_{i=1}^{t} 5 \cdot 4^{i-1} = 5 \cdot \sum_{i=1}^{t} 4^{i-1} = 5 \cdot \sum_{i=0}^{t-1} 4^{i} = 5 \cdot \frac{4^t - 1}{3}$$
>
> Peers.
>
> Für $t = 1$, $t = 2$ siehe oben. Für $t = 3$: 105. Für $t = 4$: 425. Für $t = 5$: 1705.

(c) Wie viele Nachrichten werden im Overlay zum Verbreiten einer Query-Nachricht mit einer TTL von 5 (höchstens) verschickt (QueryHits nicht mitgezählt)?

> **Lösung:** Ebenfalls $5 \cdot \frac{4^t-1}{3}$, aus denselben Gründen wie oben – diesmal wird aber die Zahl der ausgehenden Kanten gezählt. (Die Zahl der Nachrichten muss nicht identisch zur Zahl der Peers sein, da ein Peer die Nachricht über mehrere Kanten erhalten kann – nur die oberen Schranken sind gleich!)

(d) Schätze ab, wie viele Bytes Datenverkehr das Verteilen einer Query-Nachricht im gesamten Netzwerk ungefähr verursachen wird, wenn der typische TTL-Wert von 7 verwendet wird.

Überschlage dafür zunächst die Größe einer solchen Nachricht im Underlay inklusive der typischen Header, und bestimme außerdem mit der oben entwickelten Formel eine Schätzung für die Zahl der insgesamt erzeugten Kopien der Query-Nachricht.

Wie ändert sich der Wert, wenn das Overlay etwas besser vernetzt ist und jeder Knoten acht statt fünf Nachbarn hat?

Lösung: Mit einem Ethernet-Header (min. 18 Byte), IP-Header (min. 20 Byte), TCP-Header (min. 20 Byte), Gnutella-Header (ca. 22 Byte) und dem eigentlichen Such-String (z. B. 20 Byte) hat die Nachricht eine Größe in der Größenordnung von 100 Byte. Nach der oben entwickelten Formel kann für $t = 7$ eine Nachrichtenanzahl von

$$5 \cdot \frac{4^7 - 1}{3} = 27\,305$$

angenommen werden. Insgesamt entspricht dies ca. 2,7 MB übertragener Daten, nur für das Verbreiten einer einzelnen kleinen Suchnachricht.

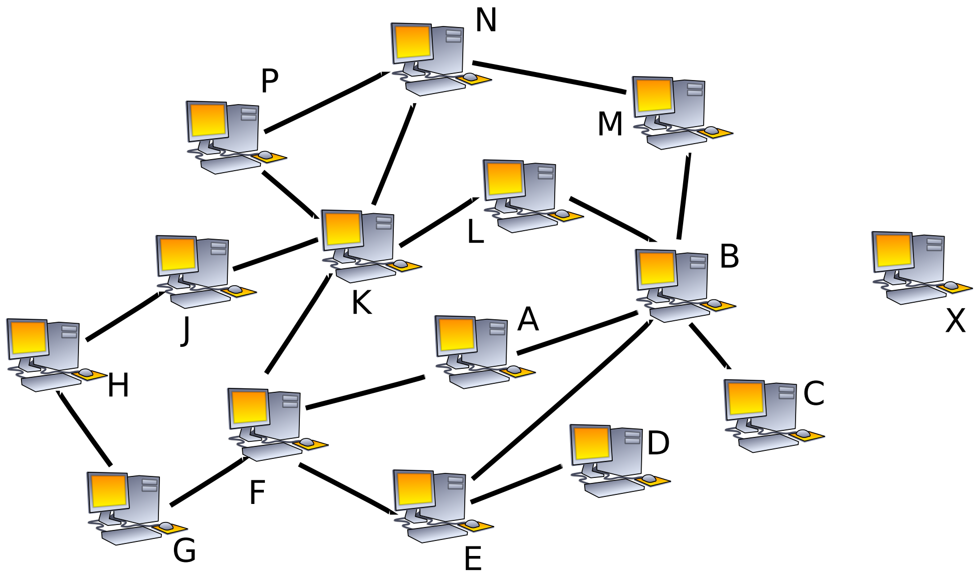
Bei $n = 8$ Nachbarn pro Knoten erhöht sich die Zahl der Nachrichten auf (maximal)

$$8 \cdot \frac{7^7 - 1}{6} = 1\,098\,056$$

und damit die Datenmenge auf ca. 110 MB.

Aufgabe 5

Betrachte das folgende Gnutella-Overlay. Ein neuer Peer X möchte diesem Netzwerk beitreten. Er benutzt Peer A als Einstiegs-Knoten und flutet das Netzwerk mit einem Ping mit Anfangs-TTL 3 (die erste Nachricht wird also mit TTL 3 versandt).



(a) Welche Nachrichten werden im Overlay verschickt?

> **Lösung:**
> Ping $X \to A$ mit TTL 3
> Ping $A \to B$, $A \to F$ mit TTL 2
> Ping $B \to L$, $B \to M$, $B \to E$, $B \to C$, $F \to E$, $F \to G$, $F \to K$ mit TTL 1
> Pong $A \to X$
> Pong $B \to A \to X$
> Pong $F \to A \to X$
> Pong $C \to B \to A \to X$
> Pong $M \to B \to A \to X$
> Pong $L \to B \to A \to X$
> Pong $E \to B \to A \to X$ (oder $E \to F \to A \to X$)
> Pong $G \to F \to A \to X$
> Pong $K \to F \to A \to X$

(b) Der neue Peer X wählt nun aus den Peers, die er mittels des Ping kennengelernt hat, $n = 3$ Nachbarn aus. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass...

i. ... X beim Beitritt eine Verbindung zu Peer B aufbaut?

> **Lösung:** Nach dem Ping kennt X neun aktive Peers ($A, B, F, C, M, L, K, E, G$). Die Wahrscheinlichkeit, dass B *nicht* ausgewählt wird, ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass drei mal ein anderer Peer aus der Menge der bekannten Peers ausgewählt wird (diesmal mit Ziehen ohne Zurücklegen!). Also wird B mit Wahrscheinlichkeit
>
> $$\frac{8}{9} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{6}{7} = \frac{2}{3}$$
>
> *nicht* ausgewählt. B wird also mit Wahrscheinlichkeit $1 - 2/3 = 1/3$ gewählt.

ii. ... X nach seinem Beitritt mehr als zwei Hops von Peer A entfernt ist?

Lösung: A ist genau dann nicht in der Zwei-Hop-Nachbarschaft von X, wenn weder A selbst noch ein Nachbarknoten von A zum Verbindungsaufbau ausgewählt werden. A hat zwei Nachbarknoten (B, F). Für eine Distanz zu A von mehr als zwei Hops müssen alle drei als Nachbarn gewählte Peers aus den sechs verbleibenden bekannten Peers (C, M, L, K, E, G) gewählt werden.
Es gibt insgesamt

$$\binom{9}{3} = \frac{9!}{3!(9-3)!} = 84$$

Möglichkeiten, aus den neun bekannten Peers drei auszuwählen. Da es

$$\binom{6}{3} = 20$$

Möglichkeiten gibt, aus den sechs „erlaubten" Peers drei zu wählen, führen 20 der 84 Möglichkeiten zum gewünschten Ergebnis. Die gesuchte Wahrscheinlichkeit ist also

$$\frac{20}{84} = \frac{5}{21}.$$