

## Übungsblatt 5: Routing

### Übung: Routing

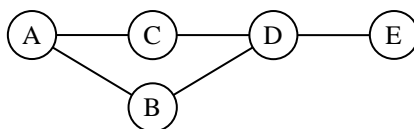
#### Aufgabe 1 Routing: Grundlagen

- Was versteht man unter *Routing*? (Was ist also die Aufgabe von Routing?)
- Erläutern Sie bitte den Unterschied zwischen *statischem* und *dynamischem Routing*! Geben Sie auch bitte wenigstens ein Szenario an, bei dem dynamisches Routing Vorteile gegenüber statischem Routing hat.
- Erläutern Sie bitte den grundlegenden Aufbau einer *Routing-Tabelle*? Auf Basis welcher Informationen werden also Routingentscheidungen getroffen?

#### Aufgabe 2 Fluten

Eine Methode zum Versenden von Paketen ist das *Fluten* (Flooding).

- Geben Sie bitte für das folgende Netzwerk an, wie viele Pakete verschickt werden, wenn A das Fluten einer Nachricht veranlasst. Gehen Sie dabei davon aus, dass keine Sequenznummern für die Pakete verwendet werden, das Weiterleiten der Pakete aber durch TTL-Counter auf drei Hops beschränkt ist. Stellen Sie bitte geeignet dar, wie Sie zu der von Ihnen ermittelten Zahl gekommen sind.



- Ermitteln Sie nun die Zahl der verschickten Pakete für das Netz aus a) unter der Voraussetzung, dass zusätzlich zu einem TTL-Zähler auch Sequenznummern genutzt werden, um die Zahl der zu versendenden Pakete zu reduzieren. Stellen Sie bitte dar, wie Sie zu der von Ihnen ermittelten Zahl gekommen sind.
- Beim Fluten von Datenpaketen werden im Allgemeinen, um Pakete nicht unnötig oft weiterzuleiten, Sequenznummern verwendet (siehe Teilaufgabe b)). Nun kann aber der Fall eintreten, dass zwei angeschlossene Teilnehmer A und D (wie in der obigen Abbildung) jeweils ein Paket verschicken, beide dabei aber zufälligerweise die gleiche Sequenznummer verwenden. Führt dies dazu, dass einzelne Teilnehmer nur eine der beiden Nachrichten bekommen? Begründen Sie Ihre Antwort!

#### Aufgabe 3 Shortest-Path-Algorithmus (Dijkstra) – Sink Tree

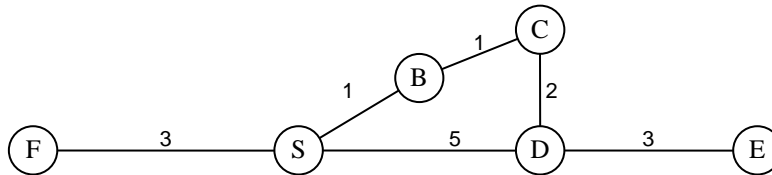
Ein häufig eingesetzter Algorithmus für das Finden kürzester Wege ist der *Shortest-Path-Algorithmus* von Edsger W. Dijkstra (niederländischer Informatiker, 1930–2002):

*Shortest-Path-Algorithmus:*

- der Startknoten, von dem ausgehend all kürzesten Wege zu berechnen sind, sei  $S$
- der Arbeitsknoten sei  $A$
- folgende zwei Mengen werden genutzt:
  - $T$ , die Menge der endgültig markierten Knoten (Knoten des Sink-Trees)
  - $P$ , die Menge der provisorisch (noch nicht endgültig) markierten Knoten (implizit gibt es als dritte Menge, die Menge der noch nicht markierten Knoten des Netzgraphen)
- die Markierung eines Knotens  $N$  heiße  $M_N$  und hat die Form  $(k, m)$ :
  - $k$  (also  $M_N[1]$ ) besagt, dass der optimale (bekannte) Weg zu  $S$  über den Vorgängerknoten  $k$  geht
  - $m$  (also  $M_N[2]$ ) ist der Wert der genutzten Metrik für diesen Weg, z. B. die geogr. Entfernung

Ablauf des Algorithmus:

- (1) Initialisierung:  $A := S$ ;  $T := \{ S \}$ ; markiere  $S$  mit  $(-, 0)$ ;  $P := \emptyset$
  - (2) Bearbeitung der Nachbarknoten des Arbeitsknotens:  
Für jeden Nachbarknoten  $N$  von  $A$  mit  $N \notin T$  tue:
    - (2.1)  $P := P \cup \{ N \}$
    - (2.2) aktualisiere die Markierung  $M_N$  des Knotens  $N$ 
      - (2.2.1)  $M_{imp} := (A, M_A[2]+m)$ , wobei  $m$  die Kosten von  $A$  nach  $N$  sind.
      - (2.2.2) falls  $N$  noch nicht markiert wurde oder falls  $M_{imp}[2] < M_N[2]$ , dann  $M_N = M_{imp}$
  - (3) Falls  $P = \emptyset$ , dann beende den Algorithmus
  - (4) Bestimmung des nächsten Arbeitsknotens
    - (4.1) suche aus  $P$  den Knoten  $K$  heraus, so dass der Wert der Markierung  $M_K[2]$  minimal ist, bei mehreren Knoten mit minimaler Markierung wird einer zufällig ausgewählt
    - (4.2)  $P := P \setminus \{ K \}$ ;  $T := T \cup \{ K \}$ ;  $A := K$
  - (5) Gehe zu Punkt (2)
- a) An wenigstens einer Stelle des Dijkstra-Algorithmus liegt implizit das Optimalitätsprinzip (*siehe auch Aufgabe 9*) zu Grunde. Geben Sie bitte an, an welchen Punkten des Algorithmus das Optimalitätsprinzip vorausgesetzt wird. Begründen Sie Ihre Antwort bitte kurz!
- b) Bestimmen Sie bitte mittels Shortest-Path-Algorithmus den Sink-Tree für den Punkt  $S$  aus folgendem Netz:



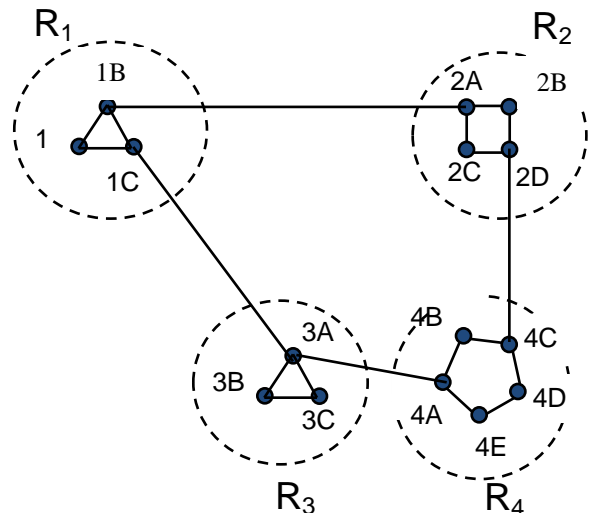
Verwenden Sie dabei die dargestellten Kantengewichte als Metrikwerte! Geben Sie neben dem schließlich gebildeten Sink-Tree auch die einzelnen Schritte (also die Zwischenergebnisse) an!

- c) Welchen Nutzen hat eigentlich der Sink-Tree? (Warum wird er also überhaupt berechnet?)

**Aufgabe 4: Hierarchisches Routing**

Hierarchisches Routing ist ein wichtiges Element des Netzrouting, das u.a. in dem Internet-Routing Protokoll OSPF eingesetzt wird.

- (a) Warum ist hierarchisches Routing erforderlich und was sind seine Vorteile?
- (b) Erläutern Sie das Prinzip des Hierarchischen Routings
- (c) Es sind mehrere Routing-Hierarchien möglich. Wenn es  $N$  Router in einem Netz gibt, wie bestimmt sich die optimale Anzahl von Hierarchien
- (d) Gegeben sei das folgende Netz:



Bestimmen Sie die hierarchische Routingtabelle für den Router 4E

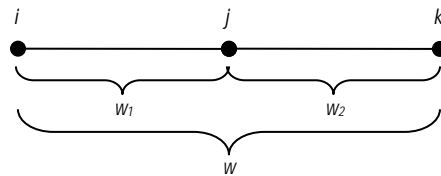
## Selbststudium

### Aufgabe 5: Hop-by-Hop- vs. Source-Routing

Was ist *Hop-by-Hop-Routing*? Was ist *Source-Routing*? Welche der beiden Varianten wird beim Internet Protokoll (IP) typischerweise angewendet?

### Aufgabe 6: Optimalitätsprinzip

Vielen Routing-Verfahren liegt das *Optimalitätsprinzip* zu Grunde, dass in der Vorlesung vorgestellt wurde.



Wenn der aus den beiden Teilstrecken  $w_1$  von  $i$  nach  $j$  und  $w_2$  von  $j$  nach  $k$  zusammengesetzte Weg  $w$  ein optimaler Pfad von  $i$  zu  $k$  ist, dann gilt:

- (1)  $w_1$  ist ein optimaler Pfad von  $i$  nach  $j$ .
  - (2) Jeder optimale Pfad  $w_3$  von  $i$  nach  $j$  ergibt verbunden mit  $w_2$  einen optimalen Pfad von  $i$  zu  $k$ .
- a) Weisen Sie bitte nach, dass das Optimalitätsprinzip für das Routing in Rechnernetzen gilt, wenn für ein Paket der schnellste Weg zwischen zwei Punkten gesucht wird! Dazu sollten Sie beide Aussagen des Optimalitätsprinzips beweisen, was jeweils über einen Widerspruchsbeweis einfach möglich ist.
- b) Gilt das Optimalitätsprinzip auch dann, wenn man eine Verkehrsrouten von A nach B zusammenstellt, dabei möglichst kurze Zeit unterwegs sein möchte und öffentliche Verkehrsmittel nutzt? Begründen Sie bitte Ihre Antwort!