

## Projekt: Fibre To The Building

### Einleitung

In diesem Projekt beraten Sie einen Netzbetreiber, wie z.B. die Deutsche Telekom. Sie sollen ein Glasfasernetz auf der sogenannten „letzten Meile“ zum Endkunden kostenoptimal planen. Dabei werden Central Offices (CO) mit Wohnhäusern (Buildings) verbunden, so dass ein bestimmter Bedarf an Bandbreite der Endkunden gedeckt werden kann. Sowohl für das Verlegen der Glasfaserkabel (in zu schaffenden Gräben) als auch für das Installieren von COs sowie entsprechender Hardware entstehen Kosten.

### Ziel

Das Projektziel ist es, am Ende des Semesters eine Softwarelösung anzubieten, die das konzipierte Modell für die gegebenen Daten erzeugt und löst. Lösungen sollten auf Zulässigkeit geprüft und geeignet visualisiert werden. Wichtig ist es den Projektpartner (also uns) von der Sinnhaftigkeit des Konzeptes und der Güte der Lösungen zu überzeugen. Sind die Lösungen optimal oder nicht? Wie gut sind sie? Welche Simplifikationen haben Sie angenommen? Sind diese zulässig oder nicht? Wie schnell können sie Lösungen für kleine oder größere Instanzen bereitstellen/ausrechnen?

### Elementares

- ▷ Überlegen Sie sich, wie die Arbeiten innerhalb der Gruppe aufgeteilt werden sollen.
- ▷ Wöchentliche gruppeninterne Treffen sind sicherlich empfehlenswert.
- ▷ Rücksprachen und regelmäßige Absprachen mit den Betreuern sind ebenso erwünscht.

### Problembeschreibung

Gegeben ist ein Straßennetz  $G = (V, E)$  eines Ortes oder Bezirks, siehe Abbildung 1. Dieser Graph dient hier nur der Problembeschreibung! Wir betrachten folgende Knotentypen, wobei zur Vereinfachung jeder Knoten in  $V$  von genau einem Typ ist:

- ▷ **CO**,
- ▷ **Building**,
- ▷ **DP**,
- ▷ **Other**



Abbildung 1: Straßennetz mit CO-Knoten (rot), Buildings (gelb) und DP-Knoten (blau)

**Central Offices** An einem CO-Knoten *kann genau ein* Central Office geplant werden. Das Installieren eines CO verursacht natürlich Kosten. Die Kapazität eines CO ist beschränkt. Kapazität meint hier die Gesamtbandbreite (in Gbit/s) aller angeschlossenen Buildings.

**Buildings** Jedes Building *muss mit genau einem* CO verbunden werden. In einem Building gibt es je nach Größe und Gegebenheit eine Anzahl von Kunden in einfachen Haushalten sowie eine Anzahl von Business-Kunden. Die entsprechende Zusammensetzung definiert den (geschätzten) Gesamtbedarf an Bandbreite des Hauses: pro Haushalt setzen wir 75 Mbit/s, pro Business 150 Mbit/s an. Beachte: Zur Vereinfachung werden hier ganze Häuser angebunden, nicht einzelne Kunden!

**Distribution Points und Splitter** An einem DP-Knoten (Distribution Point) *können beliebig viele Splitter* installiert werden. Diese (wenn installiert) verursachen wieder Kosten, wie auch die Eröffnung des Distribution Point selbst. Ein Splitter hat einen Eingang sowie 16 (oder 32) Ausgänge. Der Eingang ist mit einem CO verbunden. Jeder Ausgang kann mit einem Building verbunden werden. Dabei wird die Kapazität des Signals vom CO (die Bandbreite in Mbit/s) gleichmäßig gesplittet und auf die Häuser verteilt. Auf jedem Ausgang liegt also  $1/16$  (bzw.  $1/32$ ) der Kapazität des Eingang.

(Zur Erläuterung: Splitter sind passive optische Geräte. Das Lichtsignal wird in der Realität 16x (oder 32x) „kopiert“. Das Vermischen verschiedener Datenströme am CO geschieht hier durch Time Division Multiplexing. Am Empfänger ist ein Gerät nötig welches aus dem Gesamtsignal den korrekten Datenstrom herausfiltert.)

**Other** Das sind irgendwelche Zwischenknoten, also keine CO-Knoten, keine Buildings und keine DP-Knoten.

**Kosten durch Fasern** Wir nehmen an eine Faser entspricht einem Kabel. Für jede benutzte Faser entstehen Kosten, die von deren Länge abhängen. Zusätzlich entstehen bei der Benutzung einer Faser Fixkosten. Wir unterscheiden drei Fasertypen mit unterschiedlichen Fixkosten:

- ▷ CO ↔ Building,
- ▷ CO ↔ Splitter,
- ▷ Splitter ↔ Building

Ein Building kann also direkt mit dem CO durch eine oder mehrere Fasern verbunden werden (CO ↔ Building) oder die Verbindung erfolgt über einen dazwischen liegenden Splitter (CO ↔ Splitter ↔ Building), siehe Abbildung 2



(a) Direkte Verbindung



(b) Benutzung eines 1:16 Splitters (braun)

Abbildung 2: Mögliche Verbindungen zwischen CO und Buildings

Grundsätzlich kann über jede Faser die volle Bandbreite/Kapazität von **2.5 Gbit/s** übertragen werden. Eine Faser zwischen Splitter und Building kann jedoch nur  $1/16$  (bzw.  $1/32$ ) der Kapazität „nutzen“.

(Zur Erläuterung: Die Fixkosten sind hier schon modelliert. Eigentlich haben alle Fasern die gleichen Kosten. Jedoch entstehen unterschiedliche Kosten an den Enden der Fasern abhängig davon ob Splitter benutzt werden oder nicht, da die optischen Signale unterschiedlich erzeugt und terminiert werden.)

**Kosten auf Kanten**  $e \in E$  Jede Faser muss im Straßennetz  $G$  verlegt werden. Jede Faser benutzt also einen Pfad in  $G$ . Dabei entstehen Kosten durch das Ausheben von Gräben, das

Benutzen von vorhandenen Kabelschächten o.ä. Wir nehmen an, dass eine Kante  $e \in E$  (Straßenabschnitt oder *Trail*) fixe Kosten  $c_e > 0$  verursacht sobald sie benutzt wird (also ein Graben ausgehoben wird, ein Kabelschacht installiert wird). Eine einmal benutzte Kante kann beliebig viele weitere Fasern aufnehmen ohne weitere Kosten zu verursachen.

## Vereinfachungen

Es ist sinnvoll, sich in der ersten Phase des Seminars mit Vereinfachungen des Gesamtproblems bzw. mit Teilproblemen zu beschäftigen, einerseits, um die Struktur besser zu verstehen, andererseits, um Ansätze für Heuristiken zu entwickeln. Mögliche (!) Teilaspekte sind hierbei die folgenden:

- ▷ Betrachte das Problem ohne Distribution Points und ohne Splitter.
- ▷ Betrachte das Problem ohne Fasern und ohne Splitter: COs werden nur durch das Bereitstellen von Gräben/Kabelschächten mit Buildings verbunden. Dabei sollten immer noch die Bedarfe der Buildings bzw. die Kapazität der COs beachtet werden!
- ▷ Betrachte das Problem ohne Kantenkosten: Fasern können verlegt werden, ohne dass Gräben/Schächte mit den damit verbundenen Kosten geschaffen werden müssen.
- ▷ Betrachte das Problem ohne die längenabhängigen Kosten für Fasern.
- ▷ ...

## Aufgabenstellung

Folgende Punkte sind bis zum nächsten Treffen erfolgreich zu bearbeiten und sollen dann präsentiert werden:

- ▷ Verstehen des Datenformats,
- ▷ Problemerkennung, zulässige Vereinfachungen,
- ▷ Geeignete Datentransformationen, Modellierung des Problems bzw. wichtiger Teilprobleme,
- ▷ Evtl. Ideen zur Lösung der Modelle,
- ▷ Evtl. Modellerstellung mit ZIMPL,
- ▷ Evtl. Ideen zu Heuristiken

## Daten

Die Instanzen werden Ihnen als XML-Dateien (bzw. KML-Dateien) zur Verfügung gestellt. Diese Dateien enthalten alle Informationen über das Netz, die installierbaren Komponenten, die Kapazitäten, die Beschränkungen sowie die Kosten. Die Daten sind bereits visualisierbar, sie können mit Google-Earth eingelesen werden. Das hat leider eine etwas schlechtere Lesbarkeit zur Folge. Machen Sie sich also damit intensiv vertraut und halten Sie Rücksprache mit Ihrem Auftraggeber bei Unstimmigkeiten, fehlenden Daten, Inkonsistenzen o.ä.! Die Visualisierung der Lösung sollte naheliegenderweise auch wieder mit KML erfolgen.

### Links und weitere Informationen

- ▷ Download von Google-Earth:  
<http://earth.google.com/>
- ▷ Dokumentation des KML-Formats:  
<http://code.google.com/apis/kml/documentation/kmlreference.html>
- ▷ Allgemeines zu XML:  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Markup\\_Language](http://de.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language)

## Literatur

Diese Art von Problem ist neu und sehr aktuell. Uns ist keine Literatur zur (optimalen) Planung von FTTB-Netzen bekannt. Es ist aber eine Verwandheit mit sogenannten *Connectivity Problemen* (z.B. *Steiner Tree*), *(Two-Level) Facility Location Problemen* und *(Uncapacitated/Capacitated) Network Design Problemen* zu erkennen. Machen Sie sich im Zweifel mit entsprechender Literatur vertraut.

**Viel Erfolg !**