

Answer Set Solving in Practice

Prof. Torsten Schaub, Javier Romero
University of Potsdam — Winter Semester 2014/2015
Project 2 (Metro)

Problembeschreibung. Ein aktuelles Ziel in der Telekommunikation ist die Bereitstellung schneller und zuverlässiger Glasfasernetze. Da der Netzaufbau bzw. -ausbau kostspielig ist, sowohl bzgl. Material- als auch Baukosten, werden die Verbindungsstrecken bei der Netzplanung möglichst gering gehalten. Spielräume bei der Planung ergeben sich daraus, dass die Standorte sogenannter Metroknoten flexibel gewählt werden können, wohingegen die zu verbindenden lokalen Endknoten feststehen. Da bei der Netzoptimierung einige Randbedingungen (siehe unten) zu beachten sind und die Kombinatorik mit der Anzahl und Variabilität möglicher Metroknoten deutlich ansteigt, soll die Planung mittels Antwortmengensprogrammierung (ASP) realisiert werden.

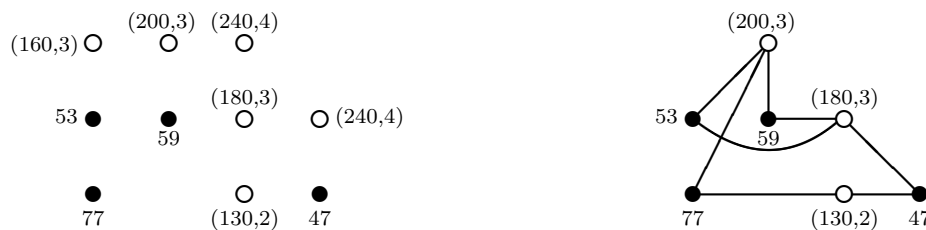


Abbildung 1: Ein Netzbeispiel (links) und Verbindungen zu drei Metroknoten (rechts).

Eine beispielhaftes Netzplanungsproblem ist in Abbildung 1 (links) dargestellt. Die vier schwarzen Punkte symbolisieren lokale Endknoten, die jeweils eine bestimmte, an den Knoten angegebene, Netzlast erzeugen. Dagegen stellen die weißen Punkte mögliche Metroknoten dar, die jeweils mit einem Zahlenpaar aus maximaler Kapazität und der Maximalanzahl verbundener Endknoten assoziiert sind. Bei der Netzplanung besteht das Problem darin, aus den Möglichkeiten eine vorgegebene Anzahl von Metroknoten auszuwählen und ihre Verbindungen zu den Endknoten so festzulegen, dass die folgenden (harten) Bedingungen erfüllt sind:

1. Um den Ausfall eines Metroknoten kompensieren zu können, muss jeder lokale Endknoten mit genau *zwei* Metroknoten verbunden sein.
2. Die Anzahl der zu einem Metroknoten verbundenen Endknoten darf die Maximalanzahl von Verbindungen des Metroknoten nicht übersteigen.
3. Die Summe von Lasten der zu einem Metroknoten verbundenen Endknoten darf die Kapazität des Metroknoten nicht übersteigen.
4. Im Falle des Ausfalls von *zwei* beliebigen Metroknoten darf die Anzahl der vom Netz abgetrennten lokalen Endknoten eine vorgegebene Schranke nicht überschreiten.

Eine Lösung mit 3 Metroknoten, die diese Bedingungen für die Schranke 2 von bei einem Doppelausfall abgetrennten Endknoten erfüllt, ist in Abbildung 1 (rechts) dargestellt.

Wie oben bereits angesprochen, sind die Verbindungsstrecken zwischen lokalen End- und Metroknoten möglichst gering zu halten, wobei die quadratische Euklidische Distanz

$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$$

als Maß für die Strecke zwischen zwei Knoten mit den Koordinaten (x_1, y_1) und (x_2, y_2) verwendet werden kann. Als zusätzliche (weiche) Bedingung ist also die Summe der quadratischen Euklidischen Distanzen zwischen verbundenen lokalen End- und Metroknoten zu minimieren.

Repräsentation in ASP. In ASP repräsentieren wir Probleminstanzen durch Fakten folgender Form:

```
lNode(X,Y,L).    % lokaler Endknoten an Position (X,Y) erzeugt Last L
mNode(X,Y,B,C). % möglicher Metroknoten an Position (X,Y) mit maximaler
                % Kapazität B und Maximalanzahl C lokaler Endknoten
metros(N).       % Anzahl N von zu verwendenden Metroknoten
maxLoss(M).      % Schranke M abgetrennter Endknoten bei doppeltem Ausfall
```

Z.B. wird das in Abbildung 1 (links) dargestellte Netzplanungsproblem durch folgende Fakten (mit positiven Integer-Koordinaten) beschrieben:

```
lNode(1,1,77).    lNode(1,2,53).    lNode(2,2,59).    lNode(4,1,47).
mNode(1,3,160,3). mNode(2,3,200,3). mNode(3,1,130,2). mNode(3,2,180,3).
mNode(3,3,240,4). mNode(4,2,240,4). metros(3).      maxLoss(2).
```

Eine Lösung, d.h. eine Menge von Metroknoten und ihre Verbindungen mit lokalen Endknoten, sodass die oben beschriebenen (harten) Bedingungen erfüllt sind, wird durch Atome folgender Form repräsentiert:

```
metro(MX1,MY1) ... metro(MXn,MYn) % Metroknoten an (MXi,MYi)
wires(LX1,LY1,MX1,MY1) ...       % Verbindungen von lokalen Endknoten an
wires(LXm,LYm,MXm,MYm)           % (LXi,LYi) zu Metroknoten an (MXi,MYi)
```

Die in Abbildung 1 (rechts) dargestellte Lösung wird z.B. durch die folgenden Atome innerhalb einer Antwortmenge beschrieben:

```
metro(2,3) metro(3,1) metro(3,2)
wires(1,1,2,3) wires(1,1,3,1) wires(1,2,2,3) wires(1,2,3,2)
wires(2,2,2,3) wires(2,2,3,2) wires(4,1,3,1) wires(4,1,3,2)
```

Framework. In dem Archiv `metro.zip` finden Sie die Datei `metro.lp` und zwölf Beispielinstanzen. Die Datei `metro.lp` ist von Ihnen mit Ihrem ASP-Encoding zu ergänzen, sodass *optimale* Antwortmengen zu Lösungen mit minimalen aufsummierten Verbindungsstrecken korrespondieren. Wenn Sie Ihr Encoding einreichen, dann müssen die folgenden Zeilen in `metro.lp` enthalten sein:¹

```
#hide.
#show metro/2.
#show wires/4.
```

Sie müssen Ihr Encoding in einer Datei mit dem Namen `metro.lp` einreichen. Neben `metro/2` und `wires/4` dürfen in der eingereichten Version keine weiteren Prädikate in der Ausgabe enthalten sein!

¹Diese Anweisungen sorgen dafür, dass alle Atome, die nicht zur Repräsentation von Lösungen gehören, bei der Ausgabe von Antwortmengen ausgeblendet werden.

Formalitäten. Sie können die Praktikumsaufgabe in Gruppen von **bis zu zwei** Studenten gemeinsam bearbeiten. Verschiedene Gruppen müssen verschiedene Lösungen einreichen. Bei Plagiaten wird die Praktikumsaufgabe für alle beteiligten Gruppen als “nicht bestanden” gewertet. Reichen Sie Ihr Encoding bitte bis zum **05.02.2012** über die YETI-Plattform ein. (Alle Gruppenmitglieder müssen bei YETI registriert werden!) Achten Sie darauf, dass Sie Ihr Encoding in einer Datei mit dem Namen `metro.lp` einreichen, wobei der Dateiname ausschließlich Kleinbuchstaben enthält.

Neben den zwölf vorgegebenen Instanzen testen wir Ihr Encoding auf weiteren Ihnen unbekannten Instanzen. Auch auf diesen weiteren Instanzen muss Ihr Encoding *korrekt* funktionieren, d.h. (im Falle der Terminierung innerhalb weniger Minuten) **eine** optimale Lösung liefern, damit die Praktikumsaufgabe als bestanden gilt. Wenn Sie Ihr Encoding bei YETI hochladen, wird es dort (mit geringer zeitlicher Verzögerung) automatisch getestet. Falls dabei Fehler auftreten, d.h. eine optimale Lösung wurde nicht ermittelt, können Sie diese den Statusmeldungen von YETI entnehmen. Zur Analyse der resultierenden Effizienz von Encodings werden wir ein Vergleichsencoding bei YETI hochladen, das Ihnen einen Anhaltspunkt bzgl. der Performanz Ihres eigenen Encodings gibt.

Bonus: Encodings, die eine ähnliche Performanz wie unser Vergleichsencoding erzielen, werden mit bis zu 2 Bonuspunkten auf die Klausur honoriert.

Empfehlungen und Hinweise:

- Überlegen Sie sich, welche Bedingungen Sie zur Ermittlung (optimaler) Lösungen testen wollen und definieren Sie geeignete Prädikate, die diese Tests ermöglichen.
- Die resultierende Effizienz von Encodings kann nicht unabhängig von dem zugrunde liegende Lösungsverfahren ermittelt werden. Die folgenden Faustregeln können dennoch (unabhängig von Lösungsverfahren) als universell betrachtet werden:
 1. Platzbedarf und Laufzeit korrespondieren zueinander. Wenn die gleichen Sachverhalte mit weniger (instanziierten) Regeln ausgedrückt werden können, dann sollte die Suche nach Antwortmengen davon profitieren. (Verwenden Sie möglichst Default-Negation anstelle von Auflistungen komplementärer Werte.)
 2. Regeln und Integritätsbedingungen sind umso stärker, je weniger (nicht statisch bestimmte) Vorbedingungen in ihren Körpern auftreten. (Vermeiden Sie für die Korrektheit unerhebliche Fallanalysen in Regelkörpern.)
 3. Die Suche profitiert i.d.R. davon, dass nicht-triviale inhärente Eigenschaften von (optimalen) Lösungen in “redundanten” Bedingungen explizit gemacht werden, weil sie dann nicht erst auf Fallbasis über Suche ermittelt werden müssen.
- Verwenden Sie die Kommandozeilenoption `--solution-recording` zur Effizienzsteigerung bei der Optimierung von Lösungen, z.B. wie in dem folgenden Aufruf:
`[user@local ~] clingo metro.lp inst1.lp --solution-recording 0`
- Wenn Sie an einer Stelle nicht weiterkommen, können Sie sich gern an uns wenden. Wir versuchen alle Fragen bestmöglich zu beantworten. Fragen können Sie entweder persönlich an uns richten oder per Mail an: `asp1@cs.uni-potsdam.de`.
- Fangen Sie bald mit der Bearbeitung der Aufgabe an, damit Ihnen die Zeit nicht davonläuft. (Sollten Sie trotzdem Schwierigkeiten mit der Einhaltung des Termins haben, dann wenden Sie sich bitte an uns, anstatt eine beliebige Lösung zu kopieren!)