

Szabály alapú útvonalépítési stratégiák nagy hálózatokban

Döbrei Gábor (F3JY1C)
konzulens: Dr. Heszberger Zsolt

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
MSc, Hálózatok és szolgáltatások szakirány

2015. január 15.



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

A feladatkiírás

- Elemezze azokat a módszereket, melyek a **hálózatbeli kommunikációs folyamatokat** alapvetően meghatározzák!
- Állítson össze egy olyan lehetőség szerint **minimális primitív szabályrendszer halmazt**, mely segítségével a működés jól modellezhető!
- Az eredmények alapján **specifikáljon** és dolgozzon ki egy olyan **modellezési keretrendszert**, melynek segítségével nagyméretű **valós hálózatokat** jellemző **útvonalkialakítási dinamikát** képes strukturált módon jellemezni!

Tartalom

- 1 Hálózatok és útvonalválasztási szabályok
 - Policy alapú útvonalválasztás
 - Az útvonalválasztás matematikai modellje
 - Hálózatkutatói modellek

Tartalom

- 1 Hálózatok és útvonalválasztási szabályok
 - Policy alapú útvonalválasztás
 - Az útvonalválasztás matematikai modellje
 - Hálózatkutató modellek
- 2 A modellezési keretrendszer
 - Pontrendszer
 - A szimulátor

Tartalom

- 1 Hálózatok és útvonalválasztási szabályok
 - Policy alapú útvonalválasztás
 - Az útvonalválasztás matematikai modellje
 - Hálózatkutató modellek
- 2 A modellezési keretrendszer
 - Pontrendszer
 - A szimulátor
- 3 A repülési hálózat vizsgálata
 - Adatok feldolgozása
 - Szimulációs eredmények

Tartalom

- 1 Hálózatok és útvonalválasztási szabályok
 - Policy alapú útvonalválasztás
 - Az útvonalválasztás matematikai modellje
 - Hálózatkutató modellek
- 2 A modellezési keretrendszer
 - Pontrendszer
 - A szimulátor
- 3 A repülési hálózat vizsgálata
 - Adatok feldolgozása
 - Szimulációs eredmények
- 4 Továbbfejlesztési lehetőségek

Tartalom

- 1 Hálózatok és útvonalválasztási szabályok
 - Policy alapú útvonalválasztás
 - Az útvonalválasztás matematikai modellje
 - Hálózatkutató modellek
- 2 A modellezési keretrendszer
 - Pontrendszer
 - A szimulátor
- 3 A repülési hálózat vizsgálata
 - Adatok feldolgozása
 - Szimulációs eredmények
- 4 Továbbfejlesztési lehetőségek
- 5 Összefoglalás

Szabály alapú útvonalválasztás

Definíció (Routing policy)

A routing policy egy olyan $Pol : \mathcal{P}_{st} \rightarrow p_{st}$ függvény, aminek az értelmezési tartománya a lehetséges $s - t$ utak: \mathcal{P}_{st} és az adott policy-nek megfelelő legkedvezőbb utat adja vissza: $p_{st}^* = Pol(\mathcal{P}_{st})$.

Routing algebrák

Definíció (Routing algebra)

Az \mathcal{A} routing algebra egy teljesen rendezett félcsoport egy „végtelen elemmel”: $\mathcal{A} = (W, \phi, \oplus, \preceq)$, ahol W az élek súlyainak halmaza, ϕ ($\phi \notin W$) egy speciális végtelen súly, abban az értelemben, hogy egy ilyen súlyú élen nem lehet átmenni, a \oplus a súlyok kétváltozós kompozíció operátora, a \preceq pedig a súlyok összehasonlító operátora.

Routing algebrák

Definíció (Routing algebra)

Az \mathcal{A} routing algebra egy teljesen rendezett félcsoporthoz egy „végtelen elemmel”: $\mathcal{A} = (W, \phi, \oplus, \preceq)$, ahol W az élek súlyainak halmaza, ϕ ($\phi \notin W$) egy speciális végtelen súly, abban az értelemben, hogy egy ilyen súlyú élen nem lehet átmenni, a \oplus a súlyok kétváltozós kompozíció operátora, a \preceq pedig a súlyok összehasonlító operátora.

\mathcal{S} algebra

Shortest-path routing algebrája a $\mathcal{S} = (\mathbb{R}^+, \infty, +, \leq)$.

Hálózatkutatói modellek

- Vírusterjedés komplex hálózatokban

Hálózatkutatói modellek

- Vírusterjedés komplex hálózatokban
- Trendterjedés közösségi hálózatokban

Hálózatkutatói modellek

- Vírusterjedés komplex hálózatokban
- Trendterjedés közösségi hálózatokban
- Útvonalválasztás az Interneten

Hálózat kutatási modellek

- Vírusterjedés komplex hálózatokban
 - Fertőzési-határ algebra: $\mathcal{F} = ((0, 1], 0, \max, \geq)$
 - Unió-fedés algebra: $\mathcal{U} = (\mathbb{N}, \infty, f, \leq)$
- Trendterjedés közösségi hálózatokban
- Útvonalválasztás az Interneten

Hálózatkutatói modellek

- Vírusterjedés komplex hálózatokban
 - Fertőzési-határ algebra: $\mathcal{F} = ((0, 1], 0, \max, \geq)$
 - Unió-fedés algebra: $\mathcal{U} = (\mathbb{N}, \infty, f, \leq)$
- Trendterjedés közösségi hálózatokban
 - Összekötő-keresés algebra: $\mathcal{O} = ((1, d), 0, \max, \geq)$
 - Korai-elfogadó-keresés algebra: $\mathcal{K} = (\mathbb{N}, -1, +, \geq)$
- Útvonalválasztás az Interneten

Hálózatkutatói modellek

- Vírusterjedés komplex hálózatokban
 - Fertőzési-határ algebra: $\mathcal{F} = ((0, 1], 0, \max, \geq)$
 - Unió-fedés algebra: $\mathcal{U} = (\mathbb{N}, \infty, f, \leq)$
- Trendterjedés közösségi hálózatokban
 - Összekötő-keresés algebra: $\mathcal{O} = ((1, d), 0, \max, \geq)$
 - Korai-elfogadó-keresés algebra: $\mathcal{K} = (\mathbb{N}, -1, +, \geq)$
- Útvonalválasztás az Interneten
 - Hiperbolikus-távolság algebra: $\mathcal{H} = (\mathbb{R}^+, \infty, f_{\mathbb{H}}, \leq)$
 - Völgymentesség algebra: $\mathcal{V} = (\{f, l, p\}, \phi, \oplus_{\mathcal{V}}, \leq)$, ahol a $\oplus_{\mathcal{V}}$:

\oplus	f	l	p
f	f	l	p
l	ϕ	l	ϕ
p	ϕ	p	ϕ

Pontrendszer

- Pontpárok

Pontrendszer

- Pontpárok
- Globális hálózati mutatók

Pontrendszer

- Pontpárok
 - Az algebra szerinti távolság: AL
- Globális hálózati mutatók

Pontrendszer

- Pontpárok
 - Az algebra szerinti távolság: AL
 - A lépésszám szerinti távolság: HC
- Globális hálózati mutatók

Pontrendszer

- Pontpárok
 - Az algebra szerinti távolság: AL
 - A lépésszám szerinti távolság: HC
- Globális hálózati mutatók
 - A fokszámoszlás:

$$DD = \begin{cases} 1 & \text{ha megegyezik a fokszámoszlás} \\ \infty & \text{különben} \end{cases}$$

Pontrendszer

- Pontpárok
 - Az algebra szerinti távolság: AL
 - A lépésszám szerinti távolság: HC
- Globális hálózati mutatók
 - A fokszámoszlás:

$$DD = \begin{cases} 1 & \text{ha megegyezik a fokszámoszlás} \\ \infty & \text{különben} \end{cases}$$

- A hálózat-átmérő: GD

Pontrendszer

- Pontpárok
 - Az algebra szerinti távolság: AL
 - A lépésszám szerinti távolság: HC
- Globális hálózati mutatók
 - A fokszámeloszlás:

$$DD = \begin{cases} 1 & \text{ha megegyezik a fokszámeloszlás} \\ \infty & \text{különben} \end{cases}$$

- A hálózat-átmérő: GD
- Az élösszefüggőség: C

Pontrendszer

- Pontpárok
 - Az algebra szerinti távolság: AL
 - A lépésszám szerinti távolság: HC
- Globális hálózati mutatók
 - A fokszámeloszlás:

$$DD = \begin{cases} 1 & \text{ha megegyezik a fokszámeloszlás} \\ \infty & \text{különben} \end{cases}$$

- A hálózat-átmérő: GD
- Az élösszefüggőség: C
- Az élszám pontozása: EC

A mutatók közötti kapcsolatok

- $\frac{1}{(HC+1)} \cdot AL$

A mutatók közötti kapcsolatok

- $\frac{1}{(HC+1)} \cdot AL$
- $0 > \frac{\partial EC}{\partial C}$

A mutatók közötti kapcsolatok

- $\frac{1}{(HC+1)} \cdot AL$
- $0 > \frac{\partial EC}{\partial C}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial GD}$

A mutatók közötti kapcsolatok

- $\frac{1}{(HC+1)} \cdot AL$
- $0 > \frac{\partial EC}{\partial C}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial GD}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial C}$

A mutatók közötti kapcsolatok

- $\frac{1}{(HC+1)} \cdot AL$
- $0 > \frac{\partial EC}{\partial C}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial GD}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial C}$
- $0 < \frac{\partial GV}{\partial EC}$

A mutatók közötti kapcsolatok

- $\frac{1}{(HC+1)} \cdot AL$
- $0 > \frac{\partial EC}{\partial C}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial GD}$
- $0 > \frac{\partial GV}{\partial C}$
- $0 < \frac{\partial GV}{\partial EC}$

$$GV = \frac{DD \cdot GD \cdot C}{\ln(EC)}$$

A szimulátor

- Irányított, súlyozott gráfon

A szimulátor

- Irányított, súlyozott gráfon
- $G(V = n, E = n \cdot (n - 1))$ – minden csúcspár oda-vissza irányítva

A szimulátor

- Irányított, súlyozott gráfon
- $G(V = n, E = n \cdot (n - 1))$ – minden csúcspár oda-vissza irányítva

Algoritmus 3 Optimalizáló függvény

```

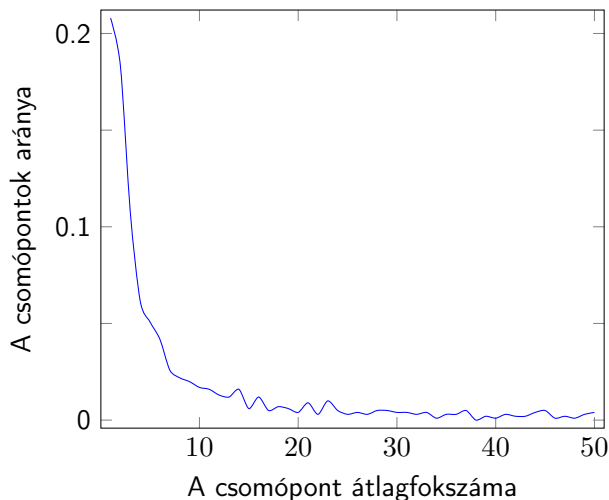
1: procedure getPreferredPath(Vertex  $u$ , Vertex  $v$ , Algebra  $a$ )
2:    $paths \leftarrow \text{getAllPathsBetween}(u, v)$ 
3:    $preferred \leftarrow []$ 
4:   for each  $path$  in  $paths$  do
5:     if  $a_W(path_i) a_{\leq} a_W(path)$  then
6:        $preferred \leftarrow preferred + path$ 
    
```

Adatok feldolgozása

TODO

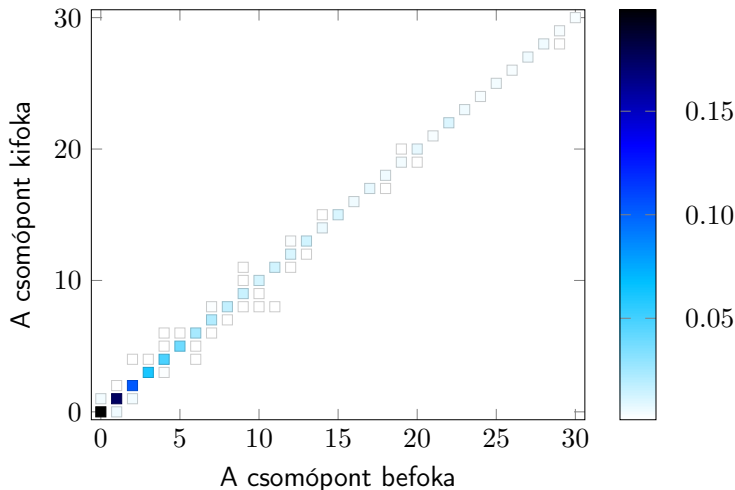
Szimulációs eredmények

Szimulációs eredmények



Szimulációs eredmények

Szimulációs eredmények



Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)
 - Automatizált beolvasás

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)
 - Automatizált beolvasás
 - Szimuláció további optimalizálása

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)
 - Automatizált beolvasás
 - Szimuláció további optimalizálása
- Elmélet – kutatás

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)
 - Automatizált beolvasás
 - Szimuláció további optimalizálása
- Elmélet – kutatás
 - Algebrák súlyozott összege

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)
 - Automatizált beolvasás
 - Szimuláció további optimalizálása
- Elmélet – kutatás
 - Algebrák súlyozott összege
 - Genetikus algoritmusok

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Gyakorlat – szimulátor
 - Algebra leíró nyelv (Algebra Description Language)
 - Automatizált beolvasás
 - Szimuláció további optimalizálása
- Elmélet – kutatás
 - Algebrák súlyozott összege
 - Genetikus algoritmusok
 - Pontozás általánosítás

Összefoglalás

- Az útvonalválasztási szabályrendszerek felderítése kezdetleges volt, és nem állt a hálózati kutatók rendelkezésére olyan eszköz, amely a policy alapú routing felderítést lehetővé tette volna. A diplomamunkámban **megoldást adtam** erre a problémára.

Összefoglalás

- Az útvonalválasztási szabályrendszerek felderítése kezdetleges volt, és nem állt a hálózati kutatók rendelkezésére olyan eszköz, amely a policy alapú routing felderítést lehetővé tette volna. A diplomamunkámban **megoldást adtam** erre a problémára.
- **Megterveztem egy szimulációs keretrendszert**, mely eleget tesz a feladatkiírásban szereplő elvárásoknak. Ennek keretében definiáltam egy pontrendszert, amellyel sikeresen össze lehet hasonlítani valós (megfigyelt) és szimulált hálózatokat.

Összefoglalás

- Az útvonalválasztási szabályrendszerek felderítése kezdetleges volt, és nem állt a hálózati kutatók rendelkezésére olyan eszköz, amely a policy alapú routing felderítést lehetővé tette volna. A diplomamunkámban **megoldást adtam** erre a problémára.
- **Megterveztem egy szimulációs keretrendszert**, mely eleget tesz a feladatkiírásban szereplő elvárásoknak. Ennek keretében definiáltam egy pontrendszert, amellyel sikeresen össze lehet hasonlítani valós (megfigyelt) és szimulált hálózatokat.
- **Implementáltam** a szimulátort és egy valós hálózaton bemutattam a működését. **Beazonosítottam** az OS algebrát, mint a legvalószínűbb policy-t, amely alapján a repülőtérsaságok kialakíthatják útvonalaikat. Emellett **javaslatot tettem**, hogy az OS algebra helyett célszerűbb lenne az egyszerűbb S algebrát használni.

Bírálói kérdések

- 1 Milyen megfontolások alapján került kiválasztásra a repülési adathalmaz más, publikusan elérhető adathalmazok közül?
- 2 A szerző említi (F.4), hogy a routing algebrak optimális módon kerültek implementálásra, mindeközben cél volt a nagyméretű hálózatokban (ld. cím) való alkalmazhatóság. Fejtse ki, hogy a keretrendszer milyen memória, illetve algoritmikus skálázhatóságra képes!
- 3 A szerző a hálózatokon belül kialakult útvonalválasztási stratégiák pontozására bevezetett globális mutatókat. Ezek révén kapunk egy eszközt, amely nem csak a pont-pont utak milyenségét pontozza, hanem a használt útvonalak által kifeszített gráf milyenségét is, pl. hogy mennyire hibátűrő. Milyen méréseket, általánosításokat végezne, hogy a pontozási rendszer többféle hálózat (pl. internet routing topológia, tömegközlekedési forgalom-szervezés) jellemzésére is konfigurálható legyen?

Miért a repülési adathalmaz?

- Gulyás András :) TODO
- Ne a BGP legyen
- Elég nagy legyen

Memória, illetve algoritmikus skálázhatóság

- TODO

A pontozási rendszer általánosítása, egyéb mérések

- TODO

Kérdések?

Köszönöm a figyelmet!