

GRAPH THEORY UTILIZATION IN THE DESIGN AND OPTIMIZATION OF DATA NETWORK STRUCTURES

Adam Římský

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xrimsk02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Vít Novotný

E-mail: novotnyv@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper deals with graph theory and utilization of this theory in the design and optimization of data network structures. Introduction chapter describes graph theory in general view. The most common graph theory's tasks are described in following part. Current routing protocols used in IP networks are presented as the examples in which the graph algorithms are used. Final part contains an example of practical utilization of graph theory in design and optimization tasks of data network structure.

1. ÚVOD

Vzhledem k boomu v oblasti budování datových sítí hledáme nové metody, jak jejich výstavbu co nejvíce zefektivnit, popřípadě, jak optimalizovat ty stávající pro vyšší výkon a efektivnější využití síťových prostředků. Teorie grafů je jedním z potencionálních řešení.

Teorie grafů je matematická disciplína, která je součástí diskrétní matematiky. Prvním představitelem této teorie byl švýcarský matematik Leonhard Euler. Ten se v roce 1736, ve své práci „Solutio problemas ad geometriam situs pertinentis“ zabýval řešením problému, mostů města Kaliningradu.

Na graf můžeme pohlížet z různých perspektiv. Z pohledu datových sítí budeme na graf pohlížet jako na diskrétní strukturu tvořenou mnoha vrcholy, jenž jsou propojeny hranami. Pro náš účel můžeme vrcholy považovat například za připojovací uzly a hrany za datové spoje. Podrobnější úvod do teorie graf v [2] a [4].

2. VYUŽITÍ TEORIE GRAFŮ V PROSTŘEDÍ DATOVÝCH SÍTÍ

2.1. ÚLOHY A ALGORITMY TEORIE GRAFŮ

Nejčastějšími typy úloh teorie grafů, které je možno aplikovat na problematiku datových sítí, můžeme rozdělit do těchto dvou kategorií:

- 1) Hledání cest - nejkratší, nejspolehlivější či s maximální kapacitou.
- 2) Hledání minimální kostry grafu.

V případě prvního bodu využíváme pro hledání nejkratších cest, například mezi dvěma přepojovacími uzly, Dijkstrova a Belman-Fordova algoritmu. Spolehlivé cesty, kdy hranu hodnotíme pravděpodobností úspěšného (také i neúspěšného) přenosu dat, hledáme pomocí Dijkstrova algoritmu. Cesty s maximální kapacitou, tedy pro data šířkou pásma, a také zlepšující cesty, hledáme s využitím Ford-Fulkersonova algoritmu.

Druhý bod, jenž je možno s úspěchem využít pro počáteční návrh datové sítě, je do značné míry českým vkladem do této teorie. Využívá se zde totiž především algoritmů profesorů Borůvky a Jarníka. Další informace je možno získat [2], [3], [4].

2.2. SMĚROVACÍ ALGORITMY VYUŽÍVAJÍCÍ TEORIE GRAFŮ

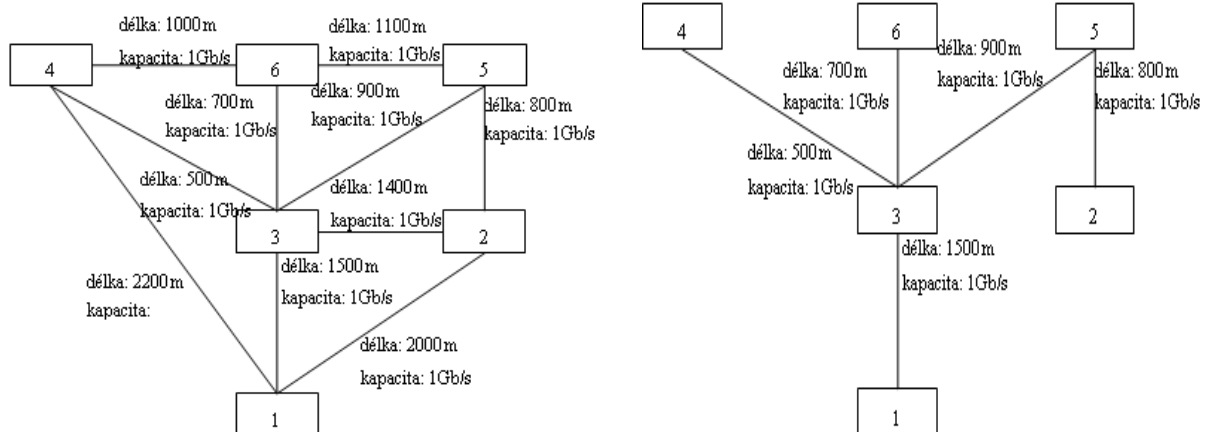
Již poměrně dlouhou dobu je využíváno poznatků teorie grafů při směřování v datových sítích. Jako příklad je možné uvést dva směrovací protokoly:

- 1) **RIP** (Routing Information Protocol) - starší, využití v menších sítích, metrikou je počet skoků, pro výpočet nejkratší cesty využívá Belman-Fordova algoritmu.
- 2) **OSPF** (Open Shortest Path First) - pro větší sítě, metrikou je tzv. cena, zohledňuje šířku pásma spoje, pro výpočet nevhodnější cesty se využívá Dijkstrova algoritmu.

Dále je samozřejmě možno uvést i další protokoly, jako například EIGRP. Další informace je možno najít například v [1].

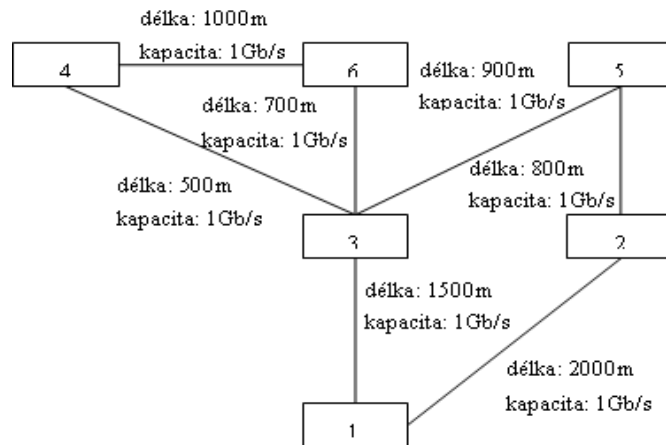
3. PRAKTICKÁ UKÁZKA VYUŽITÍ TEORIE GRAFŮ

Využití teorie grafů pro oblast telekomunikačních sítí je možné prezentovat na příkladě návrhu a optimalizace modelové struktury datové sítě. Jako příklad je zde uveden návrh a optimalizace z pohledu hrubého snížení nákladů při zachování plné funkčnosti spojení. Zadána je poloha přepojovacích uzlů a náklady nutné na vybudování spojů a přepojení paktu v uzlu.



Obrázek 1: Základní návrh struktury sítě

Dle Obrázek 1 je patrné, že pro nalezení nejlevnější varianty návrhu bylo využito úlohy hledání minimální kostry, popsané v kap. 2.1 a také v [2]. Tímto bylo docíleno až 50% úspory nákladů. Tento návrh je ovšem nutno doplnit o redundantní spoje, z důvodu zálohy, a proto použijeme úlohu hledání nejkratších cest vzhledem k přepojovacím uzlům o stupni 1. Výsledek je pak následující:



Obrázek 2: Optimalizovaný návrh struktury sítě

Obrázek 2 zobrazuje konečný návrh struktury sítě vzhledem k hrubé minimalizaci nákladů. Datová síť ale musí splňovat mnohá další kritéria, proto hledáme způsoby optimalizace návrhu vzhledem k maximalizaci propustnosti sítě, zde je snaha využít teorie toků v síti např. dle [2] a [4], minimalizaci zpoždění při průchodu, užitečně se jeví hledání všech nejkratších cest v grafu, a také o co nejnižší ztrátovost, hledání spolehlivých cest. Optimalizovat je samozřejmě možno i existující datové síti. Zde se práce snaží využít například hledání cest s maximální kapacitou a s tím souvisejících zlepšujících cest, což nám může pomoci při implementaci nových, náročnějších služeb nebo při rozšiřování stávající sítě o nové účastníky.

4. ZÁVĚR

Další práce budou zaměřeny na řešení problematiky počátečního návrhu a problematiky optimalizace datových sítí, kdy bude využito kombinace poznatků z teorie grafů s metodami používanými v teorii hromadné obsluhy a s optimalizačními algoritmy. Cílem bude vytvoření programu, který na základě zadaných vstupních hodnot v podobě vstupních a výstupních datových toků, možného umístění přepojovacích uzlů a spojů, maximální doby průchodu paketů sítě a maximální povolené ztrátovosti datových jednotek vytvoří návrh optimální struktury sítě z hledisek nákladů, propustnosti a spolehlivosti.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl vytvořen za podpory projektu FRVŠ 2954/2010/F1a.

LITERATURA

- [1] GRYGÁREK, J. *Směrovací protokol OSPF* [online]. Ostrava: VŠB. (leden 2010) <http://www.cs.vsb.cz/grygarek/SPS/lect/OSPF/ospf.html>
- [2] HLINĚNÝ, P. *Teorie grafů* [online]. Brno : Fakulta informatiky MU. (leden 2010) <http://www.fi.muni.cz/~hlineny/Vyuka/GT/Grafy-text09.pdf>
- [3] MAREŠ, M. *Krajinou grafových algoritmů*. ITI, 2007. 72s.ISBN 978-80-239-90492.
- [4] REINHARD, D. *Graph theory* [online]. New York, Springer-Verlag, Heidelberg 2005. (leden 2010) <http://www.math.uni-hamburg.de/home/diestel/books/graph.theory/>