

SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE

Series B

The Jan Perner Transport Faculty

3 (1997)

HEURISTICKÉ METÓDY PRE RIEŠENIE LOKAČNEJ ÚLOHY
S NEOHRANIČENÝMI ZDROJMI

Alžbeta SZENDREYOVÁ ^{a)}, Karol MATIAŠKO ^{b)}

^{a)} Katedra dopravných sietí, ^{b)} Katedra informatiky
Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita

1. Úvod

Návrh dátového modelu pre distribuovanú databázu vyžaduje rozhodnutie ako najvýhodnejšie umiestniť objekty databázy alebo programy, ktoré pracujú s databázou v uzloch počítačovej siete. V distribuovaných databázových systémoch je základom však rozmiestnenie samotných dát. To samozrejme tvorí i hlavný problém distribúcie. Problematika modelovania databáz v distribuovanom informačnom systéme alokovania databáz (Database Allocation Problem (DAP))

Levin and Morgan v roku 1975 [8] navrhli tvorbu distribuovaných systémov podľa troch hľadísk:

1. Zdieľanie - zdieľanie dát alebo programov,
2. Spôsob prístupu - statický alebo dynamický pohľad na aplikáciu,
3. Úroveň poznania - znalosť návrhára databázy akým spôsobom bude užívateľ pristupovať k databáze.

Zdieľanie dát a programov reprezentuje jednu dimenziu, ktorá dovoľuje stanoviť spôsob zdieľania od jedného extrému, ktorým je obmedzenie zdieľania až po úplnú replikáciu dátových objektov a programov. Zložitosť problematiky znásobuje i možnosť heterogénnych systémov, čo predstavuje dosť často takmer neriešiteľnú prekážku vhodného návrhu.

Druhým hľadiskom je statický alebo dynamický prístup v závislosti na tom, akým spôsobom, kedy a odkiaľ budeme vykonávať dotazy na jednotlivé objekty databázy v čase.

Tretí rozmer predstavuje situáciu keď znalosť projektanta databázy o tom, aké dotazy, ktorými užívateľmi budú formulované, a ktoré objekty databázy budú súčasťou

dotazu. Samozrejme, že teoretickou možnosťou je ich úplná znalosť, ale prakticky je veľmi obtiažne ak nie nemožné vopred ich formulovať.

2. Matematický model

Lokačný rozhodovací problém má dôležitý praktický význam. Je dôležité určiť umiestnenie zdrojov zabezpečujúcich splnenie definovaných požiadaviek pre klientov, definujúcich požiadavky, ktoré sú umiestnené v definovanej sieti. Úlohou býva maximalizovať zisk alebo minimalizovať náklady spojené so zabezpečovaním požiadaviek. Vo všeobecnosti existujú pevne definované náklady spojené so zriadením zdroja a náklady spojené s prenosom požiadavky od klienta ku zdroju a náklady spojené s prenosom výsledkov od zdroja ku klientovi. Tento lokačný problém je v dosť frekventovane študovaný a v literatúre sa objavuje ako problém umiestnenia zdrojov „Facility Location Problem„. Existuje v dvoch variantoch :

- S kapacitne ohraničenými zdrojmi,
- S kapacitne neohraničenými zdrojmi.

Pri kapacitne neohraničených zdrojoch, čo môžeme považovať za náš variant problému, sa jedná o tzv. UFL problém (uncapacitated facility problem).

Matematická formulácia tohoto lokačného problému s neohraničenou kapacitou zdrojov je definovaná ako celočíselná úloha lineárneho programovania.

Uvažujme množinu klientov $I = \{1, \dots, m\}$ s danými požiadavkami a množinu uzlov $S = \{1, \dots, n\}$, na ktorých môžu byť zdroje umiestnené.

Nech c_{ij} je známy zisk pri uspokojení požiadavky i - teho klienta zo zdroja j .

Nech f_j sú pevne definované náklady súvisiace so zriadením zdroja v j - tom uzle.

Samotný zisk c_{ij} je funkcia súvisiacich nákladov s plnením požiadavky v zdroji j , a to :

- prenosových nákladov zo zdroja j ku klientovi i , požiadaviek klienta i a
- predajná cena služby klientovi i .
-

$$C_{ij} = d_i (p_i - q_j - t_{ij}),$$

kde: d_i je požiadavka,

p_i jednotková cena služby,

q_j jednotkové náklady súvisiace s prevádzkou,

t_{ij} jednotkové prenosové náklady.

F_j pevne definované náklady súvisiace so zriadením zdroja v j - tom uzle.

Nech $x_j = 1$ ak je priradený zdroj j , $x_j = 0$ ak nie je.

Nech $y_{ij} = 1$ ak požiadavka i -teho klienta je splnená z j -teho zdroja a $y_{ij} = 0$ ak nie je.

Celočíselná úloha je potom formulovaná nasledovne :

$$Z = \max \sum_{\forall i \in I, \forall j \in J} c_{ij} * y_{ij} - \sum_{j \in J} f_j * x_j$$

$$\sum_{\forall j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in J$$

$$y_{ij} \leq x_j, \forall i \in I, \forall j \in J$$

$$y_{ij}, x_j \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J.$$

Prvá požiadavka zaručuje, že každá požiadavka každého klienta bude splnená.

Druhá požiadavka zaručuje, že všetci klienti sú zabezpečení len z prístupných zdrojov.

Teorém

Problém rozmiestnenia neohraničených zdrojov je NP – ťažký.

Dôkaz

Dôkaz je založený na transformácii problému na problém pokrytia vrcholov grafu, ktorý je NP-úplný a dôkaz poskytol Karp vo svojej práci v roku 1972 a následne Garey s Johnsonom v roku 1979.

Samotný problém pokrytia je definovaný pre graf G a pre celé číslo k , také, že existuje podmnožina k vrcholov grafu G , ktorá pokrýva všetky hrany grafu G . Vrchol v pokrýva hranu h ak vrchol v je jeden z koncových vrcholov hrany h .

Redukcia spočíva v redukcii nášho lokačného problému na už dokázaný problém pokrytia vrcholov grafu. Uvažujme graf $G=(V,H)$ s množinou vrcholov V a s množinou hrán H . Nech existuje problém rozmiestnenia J zdrojov pre I klientov. Potom množina $J=V$ a množina $I=H$. Nech $c_{ij} = 2$ ak $v_j \in V$ je koncovým vrcholom hrany $h_i \in H$ a nech $c_{ij} = 0$ inak. Nech $f_i = 1$ pre všetky $v_i \in V$. Táto transformácia je polynomiálnou v rozsahu grafu.

3. Metódy riešenia

Ako bolo skôr povedané, už základný FAP problém je NP-úplný, čo dokázal Eswaran v roku 1974. Keďže DAP ako problém alokácie databáz je oveľa zložitejší ako úloha FAP, potom je zrejmé, že i úloha DAP je NP-úplná. Nájst' optimálne riešenie exaktnými metódami je takmer nemožné, preto sú pre riešenia tohoto typu úloh navrhnuté a overené viaceré suboptimálne techniky, ktoré sa približujú k optimálnemu riešeniu. Na riešenie sa požíli heuristiky [2] ako aj exaktné riešenia prevodom na riešenie úlohy o ruksaku, [4] alebo na riešenie s použitím metódy vetiev a hraníc.

Naše výskumy sa venujú problematike redukovania zložitosti úlohy a tým zjednodušeniu matematického modelu alebo zavedením replík, ktoré môžu zjednodušiť model ak na úroveň centralizovaného systému. Podobne sme postupovali i v našom informačnom systéme, ktorý je fragmentovaný a plne replikovaný so samostatným algoritmom synchronizácie replík.

Pre svoju prácu a hore uvedený model sme navrhli a vypracovali heuristické algoritmy založené na známom algoritme typu GREEDY popísaných v [1], [6] a [7].

Algoritmus GreedySearch

Patrí ku klasickým heuristickým algoritmom. Využíva vyčerpávajúce vyhľadávanie pokiaľ nie je splnená stanovená podmienka, ktorou je v našom prípade rozdiel hodnôt novej

a aktuálnej účelovej funkcie. Nové riešenie je akceptované len ak sa zlepší hodnota účelovej funkcie vid' [1], [6].

Samotný algoritmus je nasledovný:

```
PROCEDURE GreedySearch;
BEGIN
    Generate (CurrentSolution);
    REPEAT
        NewSolution:=ExhaustiveSelect (CurrentSolution);
        IF Objective(NewSolution)< Objective(CurrentSolution)
    THEN CurrentSolution:=NewSolution;
    UNTIL StopCriterion;
    BestSolution:=CurrentSolution;
END;
```

Algoritmus GreedyRandom

Stratégia náhodného výberu riešenia patrí k rozšíreným a základným verziám tohoto typu algoritmu [1]. Generovaním nového riešenia získame novú množinu hodnôt rozhodovacích premenných a v prípade, že dôjde k zlepšeniu hodnoty účelovej funkcie aj dočasné alebo trvalé suboptimálne riešenie. Celý proces je obyčajne ukončený po vykonaní definovaného počtu opakovaní, čo je zohľadnené v ukončovacom kritériu.

Popis algoritmu je nasledovný:

```
PROCEDURE GreedyRandom;
BEGIN
    Generate (CurrentSolution);
    BestSolution:=CurrentSolution;
    REPEAT
        Generate (NewSolution);
        IF Objective(NewSolution)< Objective(BestSolution)
    THEN BestSolution:=NewSolution;
    UNTIL StopCriterion;
END;
```

Algoritmus Q-GreedySubMod

Bernhard Korte vo svojej práci [7] uvádza upravený algoritmus Cornuejolsa, ktorý pre tento algoritmus dokázal zlepšenie hodnôt účelovej funkcie pri zachovaní kvality výkonnosti algoritmu. Metóda sa v literatúre označuje q-enumeráčny greedyho algoritmus. Súvisí to s jeho použitím na riešenie úloh označovaných UFLP, čiže na lokačný problém s neohraničenými zdrojmi s pevným počtom q-umiestňovaných zdrojov. Algoritmus spočíva v tom, že pre existujúcu množinu prípustných riešení s kardinalitou q sa vyhľadáva v množine zvyšujúcich kandidátov taký, ktorý je schopný zlepšiť účelovú funkciu pri zachovaní definovanej kardinality. A to v situácii, keď sme už našli množinu prípustných riešení a s jej dočasným optimom.

Uvedený algoritmus potom môžeme písať ako :

```
PROCEDURE Q-GreedySubMod;
BEGIN
    BestSollution:=0;
```

```

REPEAT
    Generate (SetSolutions);
UNTIL StopGenerate;
Current(Q_Subset)
Left:=Q_Subset - CurrentSolution;;
REPEAT
    Left:=Left - CurrentSolution;
    WHILE Cardinality < Q
        BEGIN
            FIND NewSolution ∈Left MAXIMIZING Objective(Q_Subset
                UNION NewSolution)
            Left:=Left-NewSolution;
            Q_subset:=Q_Subset UNION NewSolution;
        END;
IF Objective(Q_Subset)>Objective(BestSolution) THEN
    BestSolution:=CurrentSolution;
UNTIL StopCriterion;

```

4. Záver

Uvedené algoritmy v súčasnej dobe naprogramované a overujeme ich na simulovaných dátach tak, aby bolo možné overiť a porovnať algoritmy s riešeniami publikovanými v literatúre. Okrem toho intenzívne pripravuje množinu experimentálnych dát získaných z meraní na počítačovej sieti Žilinskej univerzity aby bolo možné vykonať overenie a návrh na reálnych dátach.

Lektoroval: Doc. Ing. Josef Volek, CSc.

Předloženo v lednu 1998.

Literatura

- [1] Albandoz J.P. e col.: *Lecturas en Teoria de Localization*, Universidad de Sevilla, 1996.
- [2] Ceri S., Pelagatti G.: *A solution method for the Allocation problem in Distributed Databases*, *Process Letters*, 10, 1982.
- [3] Eswaran, K., P.: *Placement of records in a file and file allocation in a computer network*, *Information Processing 1974*, pp.304-307, , North Holland Publ. Co. , Amsterdam, 1974.
- [5] Fisher P.S., Hollist P.: *A design methodology for Distributed databases*, COMCON, 1980.
- [6] Francis, R.L. and J.A. White: *Facility layout and location*, Prentice Hall, Englewood 1984.
- [7] Francis, R.L., P. Mirchandani: *Discrete location theory*, Wiley, New York 1989.
- [8] Korte B.: *Aproximative Algorithms for discrete optimization problems*, *Annals of Discrete Mathematics 4*, North-Holland Pu.Co., 1979.
- [9] Levin K.D. and H.L. Morgan: *Optimizing distributed databases- A Framework for research*, *Proc. AFIPS NCC 1975*, pp.473-478, AFIPS Press, 1975.
- [10] Ozsu, Valduriez: *Principles of Distributed Database Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1991.
- [11] Pokorný J., Sokolowsky P., Peterka J.: *Distribúované databázové systémy*, Academia, Praha 1992.

- [12] Sotek K.: Využití simulacních experimentů při racionalizaci technologických procesů v dopravě Sborník ASS , Zábřeh na Moravě , zari 1996.
- [13] Sotek K.: Uplatnění simulacních experimentů v řídicích procesech železniční dopravy příspěvek kolokvia dopravy, CVUT, Praha , zari 1996.
- [14] Volek, Matiasco, Szendreyova: Allocation of the Multimedia Sources on Computer Networks, Multimedia in Higher education, Genova 1995.
- [15] Volek J.: Optimal Implantation of Junk Car Recycling plants, Scientific Papers of the University of Pardubice Series B 2/96 p.201-205, Pardubice 1996.

Summary

SOME HEURISTICS METODES FOR FUNDAMENTAL EXPERIMENTS ON THE REAL DISTRIBUTED DATABASE APLICATION

Alžbeta SZENDREYOVÁ, Karol MATIAŠKO

The design of a distributed database system involves making decisions on the placement of data and programs across the sites of a computer network. It is the main goal of our research work supporting by the faculty grant. In this paper we have suggested the basic mathematical model and some greedy algorithms for fundamental experiments on the modelled and real distributed database application. These experiments have been prepared with simulation support and we have prepared some heuristics models for next use.

Zusammenfassung

HEURISTISCHE METHODEN FÜR DIE LÖSUNG DER LOKATIONS-AUFGABE MIT UNBEGRENZTEN QUELLEN

Alžbeta SZENDREYOVÁ, Karol MATIAŠKO

Der Entwurf von Distribution Datensystemen schliesst die Entscheidung über Platzierung von Daten und Programmen zwischen den Computer Netz Knoten ein. Das ist ein Ziel unserer Vorschungsarbeit, die mit Fakultätgrant unterstützt ist. In diesem Artikel haben wir ein grundlegendes matematisches Modell und einige Greedy Algorithmen für Grundexperimente für modellierte und reale Distribution Daten Anwendungen vorgeschlagen. Diese Experimente waren mit Unterstützung von Simulation vorbereitet und wir haben einige heuristische Modelle für spätere Anwendung vorbereitet.