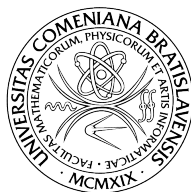




Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzity Komenského v Bratislave



RNDr. Stanislav Miklík

Autoreferát dizertačnej práce

Exploration in Faulty Networks

(Prieskum chybných sietí)

na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor
v odbore doktorandského štúdia:
9.2.1 informatika

Bratislava 2010

Dizertačná práca bola vypracovaná v internej forme doktorandského štúdia na Katedre informatiky Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave.

Predkladateľ: RNDr. Stanislav Miklík
Katedra informatiky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzity Komenského
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Školiteľ: doc. RNDr. Rastislav Kráľovič, PhD.
Katedra informatiky FMFI UK
Bratislava

Oponenti: ...
...
...

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa

Predseda spoločnej odborovej komisie:
Prof. RNDr. Branislav Rován, PhD.
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzity Komenského
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

1 Úvod

Problémy spojené s prieskumom chybných sietí priťahujú v poslednom čase čím ďalej, tým viac pozornosti. Ich motivácia pochádza z oblastí akými sú napríklad distribuované mobilné výpočty, prieskum grafov alebo robotika. Distribuované mobilné výpočty sú paradigma softvérového inžinierstva, v ktorej, namiesto výmeny dát po sieti medzi stacionárnymi procesmi, dáta sú umiestnené v uzloch sieti (počítačoch alebo iných zariadeniach) a softvéroví agenti putujú po sieti a vykonávajú výpočty. Úzol siete vie prijať agenta, pripraviť pre neho pracovné prostredie, v rámci ktorého ho vykonáva a následne ho poslať s jeho kompletným stavom po sieti inému uzlu. Takýto prístup má mnohé výhody, ale prináša aj nové problémy hlavne súvisiace s bezpečnosťou jednak uzlov ako i softvérových agentov ([10,36,47,50]). Existuje mnoho štandardných postupov ako chrániť uzol pred škodlivým agentom (napr. sandboxing). Ale ochrana agenta pred zlomyseľným uzlom je už o mnoho ťažšie ([39,40,52,49,53]), keďže uzol poskytuje agentom prostredie, v ktorom sú vykonávané.

V problémoch prieskumu grafov (napr. [11,31,33]) sa množina výpočtových zariadení pohybuje po grafe a vykonávajú spoločnú úlohu (napríklad navštíviť každý vrchol, stretnúť sa spolu v jednom vrchole). Následne sa skúmajú prostriedky týchto zariadení potrebné na vykonanie danej úlohy ako sú pamäťové nároky či počet vykonaných presunov v grafe. Odhliadnúc od praktických aplikácií (napr. prieskum neznámeho prostredia mobilnými robotmi), výsledky v tejto oblasti majú často hlboké teoretické dôsledky. Snáď najstarší problém z tejto triedy problémov je prieskum grafu konečným automatom (napr. [8,11,30,38]), kde jeden agent je modelovaný pomocou konečného automatu a cieľ je prehladať celý graf. Množstvo ďalších problémov bolo skúmaných pre skupinky agentov ([1,2,3,4,17,29,31,32,34,46,48]).

Problémy prieskumu chybných sietí možno vnímať ako teoretický nástroj na riešenie problémov vznikajúcich v oblasti mobilných výpočtov a zároveň ako zovšeobecnenie problémov prieskumu grafov. Tím kooperujúcich agentov sa pohybuje po grafe, pričom tento obsahuje jeden alebo viac chybných uzlov. Najviac skúmaným problémom v tejto oblasti je problém hľadania čiernych dier - Black Hole Search (napr. [23,22,21,23,26]), kde graf obsahuje jeden špeciálny uzol nazývaný čierna diera, ktorý zabíja všetkých prichádzajúcich agentov bez akýchkoľvek pozorovateľných stôp. Úlohou agentov je určiť lokáciu tejto čiernej diery.

1.1 Základné pojmy a označenia

Siete sú vo všeobecnosti modelované pomocou grafov. Vo väčšine prípadov uvažujeme neorientované grafy, hoci niektoré práce (e.g. [1]) skúmajú aj prípad orientovaných grafov. V špeciálnych prípadoch sa študujú len konkrétne topologie ako napríklad hyperkocky alebo kruhy.

Nech $G = (V, E)$ je jednoduchý graf a $n = |V|$ označuje veľkosť grafu, $m = |E|$, $E(x)$ sú všetky hrany incidentné s $x \in V$. Vrcholy v grafe G môžu byť anonymné alebo môžu mať unikátne mená. V každom vrchole x má každá hrana svoj jedinečný štítok; $\lambda_x((x, z))$ označuje štítok hrany $(x, z) \in E$ vo vrchole x . Množina $\lambda = \{\lambda_x | x \in V\}$ sa potom nazýva štítkovanie grafu a dvojica (G, λ) je výsledný hranovo oštiekovaný graf.

Na začiatku takzvaní sústredení agenti štartujú v spoločnej základni h . V prípade, že agenti sú spočiatku roztrúsení, pre každého agenta a označuje $h(a)$ jeho základňu.

Agenti môžu mať isté znalosti o grafe, v ktorom sa pohybujú. Hovoríme, že agenti majú kompletnú topologickú informáciu o (G, λ) ak nasledovné informácie sú známe všetkým agentom: (1) Znalosť (G, λ) , (2) Vzťah medzi štítkami a hranami v (G, λ) , (3) polohu základne alebo základní v (G, λ) . V tomto prípade nie je štítkovanie hrán dôležité a môže byť vynechané. Iným prípadom je topologická nevedomosť, v prípade ktorej agenti poznajú jedine n . Samozrejme, existujú aj iné varianty topologickej informácie (napr. zmysel pre orientáciu), ale tieto dva druhy sa uvažujú vo väčšine prípadov.

Agenti majú schopnosť sa pohybovať z vrcholu do vrcholu susedného v G , vykonávať výpočty a majú svoj vnútorný stav, pričom sa riadia rovnakou sadou pravidiel (tzv. protokol). V predloženej práci sa zaoberáme prípadom asynchrónnych agentov, v ktorom každá akcia agenta trvá konečný, ale inak neodhadnuteľný čas.

Agenti navzájom komunikujú pomocou zdieľaných úložísk - tzv. tabúľ. V každom vrchole sa nachádza úložisko obmedzenej veľkosti. Agenti vedia písať a čítať z týchto tabúľ, pričom k nim získavajú výlučne exkluzívny prístup. Existujú aj iné spôsoby komunikácie, ktorými sa však v našej práci nezaobráame (napr. pomocou tokenov).

2 Ciele dizertačnej práce

Ciele tejto práce sú nasledovné:

1. Doplniť existujúce výsledky o hľadani čiernych dier aj pre prípady viacerých čiernych dier pre viaceré relevantné modely.

2. Preskúmať všeobecnejšie modely správania chybných uzlov, porovnať silu týchto modelov s modelom čiernych dier.

3 Hlavné výsledky a ich význam

Výsledky dizertačnej práce uvedieme podľa ich členenia do kapitol.

3.1 Hľadanie čiernych dier

V tejto časti sa zaoberáme problémom hľadania viacerých čiernych dier v asynchrónnom prípade. Prirodzene rozširujeme používaný model a zavádzame $(k - 1)$ -BHS problém, kde v k -súvislom grafe agenti musia lokalizovať $k - 1$ čiernych dier. Navyše skúmame problém hľadania $k - 1$ čiernych dier pri zjednenej podmienke na súvislosť grafu. V takzvanom uvoľnenom $(k - 1)$ -BHS probléme vyžadujeme len, aby graf bez aktuálnej inštancie $k - 1$ čiernych dier bol spojitý. Skúma sa veľkosť daných problémov, t.j. počet agentov potrebných pre riešenie danej triedy problémov, ako aj cena, ktorá hovorí o kumulatívnom počte krokov všetkých agentov pri minimálne nutnom počte agentov.

Veta 1 *Existuje protokol pre riešenie $(k - 1)$ -BHS problému pre ľubovoľné k -súvislé neorientované grafy používajúci k agentov s kompletnou topologickou informáciou s cenou $O(k^2 n \log n)$.*

Veta 2 *Existuje protokol pre riešenie $(k - 1)$ -BHS problému pre d -rozmerné hyperkocky o $n = 2^d$ vrcholoch, kde $1 < k \leq d$, používajúci k agentov s cenou $\Theta(n)$.*

Veta 3 *Existuje protokol pre riešenie uvoľneného $(k - 1)$ -BHS problému používajúci k agentov s kompletnou topologickou informáciou s cenou $\Theta(n(n - k))$ pre $k > 2$.*

Symbol Δ označuje maximálny stupeň grafu.

Veta 4 *Protokol pre riešenie $(k - 1)$ -BHS problému pre ľubovoľné k -súvislé neorientované grafy vyžaduje $(k - 1)\Delta + 1$ agentov v prípade topologickej nevedomosti a existuje protokol s cenou $\Theta(k(n - k)^2)$.*

Dôsledok 1 *Uvoľnený $(k - 1)$ -BHS problém v prípade topologickej nevedomosti sa dá riešiť s $(k - 1)\Delta + 1$ agentami a cenou $\Theta(k(n - k)^2)$.*

Dôsledok 2 *Algoritmus v [28] pre Dangerous Graph Exploration, ktorý používa $O(n_s \cdot m)$ krokov, je optimálny.*

Význam výsledkov: Uvažovali sme iba asynchrónny model, keďže synchronný model bol skúmaný napríklad v [12, 13]. V prípade kompletnej topologickej informácie sme skúmali k -súvislé grafy ako prirodzené rozšírenie klasického BHS problému. Ukázali sme cenovo optimálny protokol pre hyperkocky. Neskôr sme zjemnili podmienku na k -súvislosť grafu. Toto prekvapivo viedlo k zmene optimálnej ceny protokolov.

Obe verzie problému sme skúmali aj v prípade topologickej nevedomosti. Tu sa už ceny pre obe verzie problémov asymptoticky nelíšia. Navyše ako dôsledok našich výsledkov sme ukázali optimálnosť algoritmu uvádzaného v [28].

3.2 Škodlivý uzol na kruhu

Výsledky v tejto časti pochádzajú z [2].

V tejto časti sa snažíme skúmať všeobecnejšie modely škodlivých uzlov. Zavádzame pojem šedej diery, ktorá na rozdiel od čiernej diery nemusí zabiť všetkých agentov, ale inak poskytuje spoľahlivé prostredie pre agentov. Už pre takéto zovšeobecnenie sa ukazuje, že nie je možné presne určiť lokáciu takéhoto škodlivého uzlu. Preto riešime problém pravidelného získavania dát, kde agenti majú pravidelne získavať informácie zo všetkých čestných vrcholov napriek existencii škodlivého uzla v sieti. Neskôr uvažujeme aj výrazné zovšeobecnenie škodlivého uzlu, kde tento uzol obmedzujeme jedine na to, že nie je schopný meniť vnútorný stav agentov. Problém skúmame na kruhu za predpokladu FIFO liniek.

Lema 1 *Dvaja agenti nie sú schopní riešiť problém pravidelného získavania dát na kruhu s jedným škodlivým uzlom, i keď tento uzol je len šedá diera.*

Veta 5 *9 agentov je schopných riešiť problém pravidelného získavania dát na kruhu s jednou šedou dierou.*

Veta 6 *Problém pravidelného získavania dát na kruhu s jedným škodlivým uzlom je možné vyriešiť s 27 agentami.*

Význam výsledkov: Väčšina prác skúma už zaužívaný model čiernych dier. Tu sme zovšeobecnili tento model. Ukázali sme, že už aj šedé diery sú striktno silnejšie ako čierne diery. Na druhej strane sme však boli schopní vyriešiť problém pravidelného získavania dát na kruhu so skoro všemocným škodlivým uzlom len s konštantným počtom agentov.

3.3 Šedá diera v neznámych grafoch

V tejto časti pokračujeme v skúmaní šedých dier. Zaoberáme sa problémom pravidelného získavania dát v neznámych grafoch obsahujúcich jednu šedú dieru.

Veta 7 *Problém pravidelného získavania dát v neznámom grafe s jednou šedou dierou je možné riešiť s použitím $4\Delta + 1$ agentov.*

Význam výsledkov: Vyriešili sme problém pravidelného získavania dát v neznámom grafe napriek prítomnosti šedej diery s použitím asymptoticky optimálneho počtu agentov. Navyše techniky použité v algoritme sú priamočiaro použiteľné aj v prípade na počiatku roztrúsených agentov.

4 Zoznam použitej literatúry

- [1] S. Alpern and S. Gal. *The Theory of Search Games and Rendezvous*. Kluwer, 2003.
- [2] E. Arkin, M. Bender, S. Fekete, and J. Mitchell. The freeze-tag problem: how to wake up a swarm of robots. In *13th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA '02)*, pages 568–577, 2002.
- [3] L. Barriere, P. Flocchini, P. Fraigniaud, and N. Santoro. Capture of an intruder by mobile agents. In *Proc. 14th ACM Symp. on Parallel Algorithms and Architectures (SPAA '02)*, pages 200–209, 2002.
- [4] M. Bender and D. Slonim. The power of team exploration: Two robots can learn unlabeled directed graphs. In *35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS '94)*, pages 75–85, 1994.
- [5] P. Berman, K. Diks, and A. Pelc. Reliable broadcasting in logarithmic time with byzantine link failures. *J. Algorithms*, 22(2):199–211, 1997.
- [6] P. Black. *Dictionary of Algorithms and Data Structures*. NIST.
- [7] B. Brewington, R. Gray, and K. Moizumi. Mobile agents in distributed information retrieval. *Intelligent Information Agents*, pages 355–395, 1999.
- [8] L. Budach. On the solution of the labyrinth problem for finite automata. *Elektronische Informationsverarbeitung und Kybernetik*, 11:661–672, 1975.

- [9] J. Chalopin, S. Das, and N. Santoro. Rendezvous of mobile agents in unknown graphs with faulty links. In *DISC*, pages 108–122, 2007.
- [10] D. M. Chess. Security issues in mobile code systems. In *Proc. Conf. on Mobile Agent Security*, LNCS 1419, pages 1–14, 1998.
- [11] R. Cohen, P. Fraigniaud, D. Ilcinkas, A. Korman, and D. Peleg. Label-guided graph exploration by a finite automaton. *ACM Transactions on Algorithms*, 4(4), 2008.
- [12] C. Cooper, R. Klasing, and T. Radzik. Searching for black-hole faults in a network using multiple agents. In A. A. Shvartsman, editor, *OPODIS*, volume 4305 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 320–332. Springer, 2006.
- [13] C. Cooper, R. Klasing, and T. Radzik. Locating and repairing faults in a network with mobile agents. In *SIROCCO '08: Proceedings of the 15th international colloquium on Structural Information and Communication Complexity*, pages 20–32, 2008.
- [14] J. Czyzowicz, S. Dobrev, L. Gasieniec, D. Ilcinkas, J. Jansson, R. Klasing, Y. Lignos, R. A. Martin, K. Sadakane, and W.-K. Sung. More efficient periodic traversal in anonymous undirected graphs. *CoRR*, abs/0905.1737, 2009.
- [15] J. Czyzowicz, S. Dobrev, R. Kráľovič, S. Miklík, and D. Pardubská. Black hole search in directed graphs. In *SIROCCO, LNCS 5869*, pages 182–194, 2009.
- [16] G. De Marco, L. Gargano, E. Kranakis, D. Krizanc, A. Pelc, and U. Vaccaro. Asynchronous deterministic rendezvous in graphs. *Theor. Comput. Sci.*, 355(3):315–326, 2006.
- [17] X. Deng and C. H. Papadimitriou. Exploring an unknown graph. In IEEE, editor, *Proceedings: 31st Annual Symposium on Foundations of Computer Science: October 22–24, 1990, St. Louis, Missouri*, volume 1, pages 355–361, 1990. Formerly called the Annual Symposium on Switching and Automata Theory. IEEE catalog number 90CH29256. Computer Society order no. 2082.
- [18] R. Diestel. *Graph Theory*, volume 173 of *Graduate Texts in Mathematics*. Springer-Verlag, Heidelberg, third edition, 2005.

- [19] S. Dobrev, P. Flocchini, R. Kralovic, G. Prencipe, P. Ruzicka, and N. Santoro. Black hole search by mobile agents in hypercubes and related networks. In A. Bui and H. Fouchal, editors, *OPODIS*, volume 3 of *Studia Informatica Universalis*, pages 169–180. Suger, Saint-Denis, rue Catulienne, France, 2002.
- [20] S. Dobrev, P. Flocchini, R. Kralovic, G. Prencipe, P. Ruzicka, and N. Santoro. Optimal search for a black hole in common interconnection networks. *Networks*, 47(2):61–71, 2006.
- [21] S. Dobrev, P. Flocchini, R. Kralovic, and N. Santoro. Exploring an unknown graph to locate a black hole using tokens. In G. Navarro, L. E. Bertossi, and Y. Kohayakawa, editors, *IFIP TCS*, volume 209 of *IFIP*, pages 131–150. Springer, 2006.
- [22] S. Dobrev, P. Flocchini, G. Prencipe, and N. Santoro. Finding a black hole in an arbitrary network: optimal mobile agents protocols. In *Proc. of 21st ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC 2002)*, pages 153–162, 2002.
- [23] S. Dobrev, P. Flocchini, G. Prencipe, and N. Santoro. Mobile search for a black hole in an anonymous ring. *Algorithmica*, 48(1):67–90, 2007.
- [24] S. Dobrev, J. Jansson, K. Sadakane, and W.-K. Sung. Finding short right-hand-on-the-wall walks in graphs. In A. Pelc and M. Raynal, editors, *SIROCCO*, volume 3499 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 127–139. Springer, 2005.
- [25] S. Dobrev, R. Královi, R. Královi, and N. Santoro. On fractional dynamic faults with thresholds. *Theor. Comput. Sci.*, 399(1-2):101–117, 2008.
- [26] S. Dobrev, N. Santoro, and W. Shi. Locating a black hole in an un-oriented ring using tokens: The case of scattered agents. In A.-M. Kermarrec, L. Bougé, and T. Priol, editors, *Euro-Par*, volume 4641 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 608–617. Springer, 2007.
- [27] P. Flocchini, D. Ilcinkas, and N. Santoro. Ping pong in dangerous graphs: Optimal black hole search with pure tokens. In *DISC '08: Proceedings of the 22nd international symposium on Distributed Computing*, pages 227–241, Berlin, Heidelberg, 2008. Springer-Verlag.
- [28] P. Flocchini, M. Kellett, P. Mason, and N. Santoro. Map construction and exploration by mobile agents scattered in a dangerous network. In

- IPDPS '09: Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Parallel&Distributed Processing*, pages 1–10, Washington, DC, USA, 2009. IEEE Computer Society.
- [29] P. Fraigniaud, L. Gasieniec, D. R. Kowalski, and A. Pelc. Collective tree exploration. *Networks*, 48(3):166–177, 2006.
 - [30] P. Fraigniaud, D. Ilcinkas, G. Peer, A. Pelc, and D. Peleg. Graph exploration by a finite automaton. *Theor. Comput. Sci.*, 345(2-3):331–344, 2005.
 - [31] P. Fraigniaud, D. Ilcinkas, and A. Pelc. Impact of memory size on graph exploration capability. *Discrete Applied Mathematics*, 156(12):2310–2319, 2008.
 - [32] P. Fraigniaud, D. Ilcinkas, and A. Pelc. Tree exploration with advice. *Inf. Comput.*, 206(11):1276–1287, 2008.
 - [33] P. Fraigniaud, D. Ilcinkas, S. Rajsbaum, and S. Tixeuil. The reduced automata technique for graph exploration space lower bounds. In O. Goldreich, A. L. Rosenberg, and A. L. Selman, editors, *Essays in Memory of Shimon Even*, volume 3895 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1–26. Springer, 2006.
 - [34] L. Gasieniec, A. Pelc, T. Radzik, and X. Zhang. Tree exploration with logarithmic memory. In N. Bansal, K. Pruhs, and C. Stein, editors, *SODA*, pages 585–594. SIAM, 2007.
 - [35] P. Glaus. Locating a black hole without the knowledge of incoming link. pages 128–138, 2009.
 - [36] M. Greenberg, J. Byington, and D. G. Harper. Mobile agents and security. *IEEE Commun. Mag.*, 36(7):76 – 85, 1998.
 - [37] E. Gyuri. On division of graphs to connected subgraphs. In *Proc. 5th Hungarian Combinatorial Colloquium*, 1976.
 - [38] F. Hoffmann. One pebble does not suffice to search plane labyrinths. In *FCT '81: Proceedings of the 1981 International FCT-Conference on Fundamentals of Computation Theory*, pages 433–444, London, UK, 1981. Springer-Verlag.
 - [39] F. Hohl. Time limited blackbox security: Protecting mobile agents from malicious hosts. In *Proc. of Conf on Mobile Agent Security*, LNCS 1419, pages 92–113, 1998.

- [40] F. Hohl. A framework to protect mobile agents by using reference states. In *Proc. of the 20th Int. Conf. on Distributed Computing Systems (ICDCS 2000)*, 2000.
- [41] R. Klasing, E. Markou, T. Radzik, and F. Sarracco. Hardness and approximation results for black hole search in arbitrary graphs. In *Proc. 12th Coll. on Structural Information and Communication complexity (SIROCCO'05)*, pages 200–215, 2005.
- [42] A. Kosowski, A. Navarra, and M. C. Pinotti. Synchronization helps robots to detect black holes in directed graphs. In *OPODIS*, pages 86–98, 2009.
- [43] R. Kralovic and S. Miklik. Periodic data retrieval problem in rings containing a malicious host. In *Proc. 17th Coll. on Structural Information and Communication complexity (SIROCCO'10)*, 2010.
- [44] L. Lovász. A homology theory for spanning trees of a graph. *Acta Mathematica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 30(3-4):241–251, 1977.
- [45] J. Ma and S. Ma. An $o(k^2n^2)$ algorithm to find a k -partition in a k -connected graph. *J. of Comput. Sci. and Tech.*, 9(1):86–91, 1994.
- [46] G. D. Marco, L. Gargano, E. Kranakis, D. Krizanc, A. Pelc, and U. Vaccaro. Asynchronous deterministic rendezvous in graphs. In J. Jedrzejowicz and A. Szepietowski, editors, *MFCSS*, volume 3618 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 271–282. Springer, 2005.
- [47] R. Oppliger. Security issues related to mobile code and agent-based systems. *Computer Communications*, 22(12):1165 – 1170, 1999.
- [48] P. Panaite and A. Pelc. Exploring unknown undirected graphs. *J. Algorithms*, 33:281–295, 1999.
- [49] T. Sander and C. F. Tschudin. Protecting mobile agents against malicious hosts. In *Proc. of Conf on Mobile Agent Security*, LNCS 1419, pages 44–60, 1998.
- [50] K. Schelderup and J. Ones. Mobile agent security - issues and directions. In *Proc. 6th Int. Conf. on Intelligence and Services in Networks*, LNCS 1597, pages 155–167, 1999.

- [51] W. Shi. Black hole search with tokens in interconnected networks. In *SSS '09: Proceedings of the 11th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems*, pages 670–682, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer-Verlag.
- [52] S.K.Ng and K. Cheung. Protecting mobile agents against malicious hosts by intention spreading. In *Proc. 1999 Int. Conf. on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '99)*, pages 725–729, 1999.
- [53] J. Vitek and G. Castagna. Mobile computations and hostile hosts. In D. Tschritzis, editor, *Mobile Objects*, pages 241–261. University of Geneva, 1999.

5 Zoznam publikovaných prác autora

- [1] J. Czyzowicz, S. Dobrev, R. Kráľovič, S. Miklík, and D. Pardubská. Black hole search in directed graphs. In *SIROCCO, LNCS 5869*, pages 182–194, 2009.
- [2] R. Kralovic and S. Miklik. Periodic data retrieval problem in rings containing a malicious host. In *Proc. 17th Coll. on Structural Information and Communication complexity (SIROCCO'10)*, 2010.

6 Ohlasy na prácu

cituje [1]:

- [1] P. Glaus. Locating a black hole without the knowledge of incoming link. In *ALGOSENSORS*, pages 128–138, 2009.
- [2] A. Kosowski, A. Navarra, and M. C. Pinotti. Synchronization helps robots to detect black holes in directed graphs. In *OPODIS*, pages 86–98, 2009.

7 Summary

The main topic of this Thesis is the exploration of faulty networks. Our focus is aimed to the problems related to the presence of one or more faulty hosts. Where possible we provide solutions to locate such faulty hosts, in the other case we try to fulfill other tasks in spite of evil host.

In this Thesis we investigate the Black Hole Search problem where we want to locate multiple black holes in the asynchronous setting. We study this problem in variety of settings. Firstly, we solve the problem for k -connected graphs and later we relax the conditions about the connectivity of the graph. We solve both cases for both known and unknown graphs. In addition, we solve the problem also for hypercubes.

Further, we try to generalize the concept of the black holes. So called gray holes are not forced to kill any incoming agent immediately. As the consequence, in case of gray holes, it is not possible to locate exactly the gray hole. Therefore, we study the problem of Periodic Data Retrieval where the data are periodically collected even in the presence of the gray hole.

We start our investigation on the ring. We have shown that the gray hole is indeed stronger as the higher number of agents is needed to solve this problem. We provide an algorithm that solve this problem using constant number of agents. Additionally, we provide the solution even for more malicious host that is able to alter complete run-time environment.

In the last chapter we solve the Periodic Data Retrieval problem for the arbitrary unknown graphs containing single gray hole. Due to the nature of gray holes extra attention must be given to solve this problem. Moreover the used techniques work also for the initially scattered agents.