

# Data pozičně závislá a jejich dopad v mobilních databázích\*

Roman Špánek

spanek@cs.cas.cz

Ústav informatiky Akademie věd ČR,  
Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8, Česká Republika

**Abstrakt** Mobilní telekomunikace a jejich prudký vývoj, daly podnět k vzniku nového oboru v oblasti informačních technologií, *Mobilní databáze*. Ve své podstatě jsou sice velmi podobné distribuovaným systémům, avšak je zde celá řada omezení, která přináší mnoho problémů čekajících na řešení. Jedním z hlavních rozdílů mezi mobilní a distribuovanou databází je přítomnost *pozičně závislých dat*. Příkladem by mohl být dotaz na aktuální výši daní. Tento dotaz zodpovězený v různých státech, bude jistě dávat různé hodnoty. Pro správné zodpovězení takovéto otázky, je bezpodmínečně nutné znát aktuální pozici uživatele v síti. Článek představuje možné vylepšení stávajících řešení, za cenu minimálních úprav v implementacích. Přístup je založen na myšlence, že uživatel nemá možnost absolutně volného pohybu v reálném prostředí, což bývá obvykle předpokládáno, ale jeho pohyblivost je omezena všudypřítomnými překážkami. Náš postup využívá stávajících implementací a jejich vhodným začleněním a rozšířením se snaží otázku aktuální pozice uživatele efektivně zodpovědět.

## 1 Současný stav problematiky

Mobilní databáze jsou pojmem, který je v posledních letech zmiňován stále častěji, jak v kruzích akademických tak i v průmyslu. Přes všechnu věnovanou pozornost je tato oblast stále na počátku svého vývoje a mnoho problémů bylo řešeno pouze částečně nebo vůbec. Přeneseme-li se přes všudypřítomné problémy bezpečné komunikace, technologického zabezpečení přenosu atd., až k vyšším vrstvám v modelu OSI, nalezneme problémy spojené s aplikační logikou a daty vůbec. Přestože mobilní databáze jsou v mnoha rysech podobné distribuovaným databázovým systémům a dalo by se říci, že by většina postupů měla být bez větších problémů použitelná i zde, narazíme na několik závažných rozdílů. Než se jim však budeme věnovat, je třeba zavést několik pojmů. Dotazy v mobilním prostředí lze obecně rozdělit na *periodicky vysílaná* a *vyžádaná data*. První

---

\* Práce byla podpořena projektem 1ET100300419 programu Informační společnost (Tématického programu II Národního programu výzkumu v ČR: Inteligentní modely, algoritmy, metody a nástroje pro vytváření sémantického webu) a výzkumným záměrem AV0Z10300504 "Informatika pro informační společnost: Modely, algoritmy, aplikace".

skupinu nejlépe charakterizují data týkající se dopravní situace či předpovědi počasí. Společným jmenovatelem je jim skutečnost, že jsou vysílána periodicky v předdefinovaných časových intervalech všem uživatelům v dané lokalitě. Odpadá zde většina problémů, o kterých budeme hovořit v druhém případě tzv. vyžádaných dat. Jako vyžádaná data uvažujeme případy, kdy uživatel aktivně vydá dotaz do databáze a pokud byl správně položen jsou mu zaslána i požadovaná data. V tomto případě je nutné brát v úvahu tzv. *data závislá na místě položení dotazu*. Jinými slovy výsledek dotazu je odvislý od místa jeho položení, takže na příklad dotaz typu: "Kde je nejbližší hotel?" bude zřejmě dávat jiné výsledky pro uživatele v Praze a jiné pro uživatele v Bratislavě. A právě lokačně závislá data představují jeden s hlavních rozdílů a omezení, které část přístupů používaných v distribuovaných systémech staví mimo pole využitelnosti. Kapitola 2 bude věnována právě otázkám místně závislých dat a transakčnímu zpracování v mobilních databázích.

Jedním z dalších a neméně důležitých rozdílů, jsou omezené prostředky, ať již výpočetní nebo paměťové, případně omezená kapacita baterií a limitovaná šířka pásma bezdrátových linek. V takovémto prostředí je například velmi často používaný 2PL protokol příliš náročný na množství přenesených dat.

Zbytek příspěvku je dělen následně: druhá kapitola je věnována otázkám transakčního zpracování v mobilních databázích. Následující kapitola stručně zmiňuje stávající situaci ve správě pozice uživatele a je především věnována našemu rozšíření a zpřesnění stávajících řešení. Poslední sekce je věnována závěru a shrnutí článku.

## 2 Transakce v mobilních databázích

Za zpracování mobilní transakcí je zodpovědný *koordinátor transakcí*. Jako koordinátor může být zvolen samotný uživatel nebo základní stanice mobilní sítě (ZS). ZS bývá doporučována vzhledem k tomu, že uživatel může být v průběhu zpracování transakce odpojen od sítě z různých důvodů (kapacita baterie, nedostupnost signálu atd.). Koordinátor má na starosti průběh zpracování celého dotazu, kompletaci dat a jejich přeposlání uživateli. Definice transakce v mobilních databázích je následující:

*Mobilní transakce je trojice  $\langle Fi, Li, FLMi \rangle$ , kde  $Fi$  je množina fragmentů spuštění,  $Li$  je množina lokací a  $FLMi$  je množina zobrazení fragmentů spuštění na lokace [1].*

Uživatel sestaví dotaz a přepoše jej koordinátorovi. Ten dotaz rozdělí na jednotlivé fragmenty, složky dotazu, které se musejí vykonat na oddělených místech nebo je oddělené zpracování efektivnější. Pak jsou fragmenty rozeslány do jednotlivých lokací. Předpokládejme, že všechny fragmenty byly úspěšně provedeny a byly zaslány zpět koordinátorovi. Ten by je měl přeposlat uživateli, který ovšem mohl změnit pozici nebo mohl být odpojen od sítě. Hlavně v případě změny lokace je důležité co nejefektivněji zjistit jeho aktuální pozici. Bude-li k dispozici mechanismus pro odvození další možné trajektorie na základě předešlé, pak bude tento úkol možné řešit s minimálním zatížením mobilní sítě.

### 3 Uživatelská pozice a její správa

Tato část bude věnována otázkám a stávajícím řešením v oblasti spravování pozice uživatele.

#### 3.1 Stávající řešení

Správa pozice se dá rozdělit podle přístupu na dvě hlavní podskupiny a to *deterministický* a *pravděpodobnostní*. Deterministický přístup byl poprvé představen v [2] jako *Pure Paging Strategy*, jehož hlavní nevýhodou byla značná spotřeba především "bezdrátových" zpráv. Principem je nahlásit každou změnu pozice, ke které u uživatele došlo. Proto byly navrženy dokonalejší metody pro odvozování pozice. Hlavní rozdíl spočíval především v proceduře zajišťující nahlášení změny pozice uživatele v síti, kde docházelo k hlavní spotřebě zpráv. Aby bylo možné zprávy ušetřit, byla obvykle celá síť rozdělena na menší oblasti a změna pak byla nahlášena jen v případě, že uživatel překročil její hranici. DasBit a Mitra navrhli *Profile Based Scheme* [3], kde je uvažován i uživatelův dosavadní pohyb. Mobilní jednotky (MJ) byly rozděleny podle frekvence s jakou docházelo k přechodu hranic, na jednotky s malou frekvencí změny (Less Frequency Profile Changer (LFPC)) a uživatele rychle měnící pozici (Frequent Profile Changer (FPC)). Zatímco LFPC uživatelé měli povinnost hlásit svou pozici s menší frekvencí, pak FPC uživatelé museli svoji pozici oznamovat častěji. Přístup lépe postihuje přirozené chování uživatelů a umožňuje šetrnější zacházení s kapacitou baterií a množstvím odeslaných zpráv. Jak bylo zmíněno v úvodu kapitoly, správu lokace lze rozdělit na dvě podskupiny. Druhou je pravděpodobnostní přístup, který využívá pravděpodobnostní rozdělení a přístupy k odhadu budoucí pozice MJ.

#### 3.2 Náš příspěvek k řešení problému odhadu pozice uživatele

Náš přístup kombinuje deterministický postup s omezeními v pohybu, se kterými je uživatel denně konfrontován. Doposud uvedené postupy [2]-[14] předpokládají neomezené možnosti pohybu. Náš přístup naopak považuje přirozené překážky jako omezující faktor, kterým lze případné množství řešení výrazně snížit. Jako příklad lze uvést situaci, kdy uživatel jedoucí autem vydá dotaz na nejbližší benzínovou stanici. V této situaci je přirozené, že jede-li po silnici dálničního typu, není pro něj reálné využít benzínovou stanici, která je v opačném směru, přestože je v daném případě tou nejbližší.

I když lze předchozí případ chápat jako dobrou modelovou situaci, zůstává zde otázka, jak zachytit přirozené překážky (v našem případě síť silnic) způsobem přístupným výpočetní technice? Tato otázka byla úspěšně řešena v řadě publikací. V naší implementaci bychom rádi využili postup navržený pány Hage, Jensen, Pedersen, Speicys and Timko v [15], který je v současné době průmyslově nasazen v Dánsku. Systém se sestává z databáze, ve které jsou uloženy informace o silniční síti v Dánsku, přístupné i pomocí mobilních zařízení. Autoři diskutují čtyři možné způsoby reprezentace silniční sítě v databázi. Jako první je uvedena *kilometer-post* reprezentace, kde je celý systém popsán pomocí milníků a

vzdáleností mezi nimi. Tento způsob je vlastně reprezentace obecně známá z reálného světa. Druhou možností je *link-node* reprezentace založená na konceptu orientovaných a neorientovaných grafů. Uzly jsou položeny tak, aby zachycovaly důležité dopravní křižovatky a hrany reprezentují jednotlivé silnice spojující významné uzly. Přestože přesnost této metody je menší, metoda je především vhodná k plánování cest. Předposledním navrženým způsobem je *geografická reprezentace*, kde jsou zavedeny koordináty a pozice je měřena v geografických souřadnicích (například pomocí GPS). Jako poslední byla zmíněna *segmentová reprezentace*. Jedná se o kolekci segmentů, které na sebe navzájem navazují (za segment může být považována například silnice a bodem spojení je křižovatka). Segmentace umožňuje zachytit kompletní systém silnic a navíc přidat i detailnější informace jako například dopravní omezení.

Z výše uvedené implementace je pro naše potřeby nejvhodnější kombinace segmentové a geografické reprezentace, která nám umožní zachytit kompletní systém (např. silnic) s velkou přesností, která je hlavní předností geografické reprezentace.

V tuto chvíli můžeme přistoupit k bližší specifikaci uživatele. Jak je patrné ze zmíněného příkladu, je velmi vhodné vědět, zda-li bude modelováno chování chodce, motoristy nebo pasažéra na palubě letadla a to bez přílišné a obtěžující intervence ze strany uživatele. Nejprve zavedeme rozdělení uživatelů podle rychlosti pohybu. Pro naše potřeby budou postačující tři základní skupiny, i když případné rozšíření nebo naopak zúžení je možné. První skupinou budou *velmi rychle se pohybující MJ (VRMJ)*. Druhou skupinou budou *rychle se pohybující MJ (RMJ)* a poslední skupina bude tvořena *pomalými MJ (PMJ)*. Výše uvedeným skupinám lze dále přidělit druhy dopravních prostředků, neboť lze usuzovat, že do skupiny VRMJ budou patřit letadla a vysokorychlostní vlaky. Skupinu RMJ lze zobecnit na automobily a vlaky. Poslední skupina bude obsahovat pouze chodce. Podle tohoto rozdělení je možné provést další dělení podle možnosti pohybu a přirozených překážek. Je zřejmé, že například letadlo se pohybuje velmi rychle, ale obvykle v přímém směru, takže odvozování budoucí pozice je snadné vzhledem k známé předešlé trajektorii. Podobná, i když komplikovanější, situace je v případě vysokorychlostních vlaků. Na druhou stranu hustota sítě kolejí těchto vlaků je poměrně nízká. Podobně jednoduchá situace je v případě PMJ, kde je rychlost pohybu velmi malá. Přestože takoví uživatelé mají bezpochyby největší možnost změny trajektorie, je odvození budoucí pozice opět snadné, s přihlédnutím k vyžadované přesnosti, která je v tomto případě menší. Nejproblematictější situací je skupina RMJ. Jejich rychlost je poměrně velká a navíc možnost změny trajektorie je také dostatečná. Podrobnější rozdělení na podskupiny podle rychlosti pohybu je v tomto případě vhodné. Je pravděpodobné, že vozidlo pohybující se po silnici dálničního typu poměrně velkou rychlostí, bude o to více omezeno v možnostech změnit směr jízdy, než-li pomalu se pohybující vozidlo ve městě. Výše uvedená reprezentace nám bude v těchto případech dávat další omezující podmínky na algoritmy navržené pro deterministické odvozování a počet možných řešení bude tímto klesat.

Odhad možné úspory je uveden na příkladu vozidla jedoucího po silnici dálničního

typu dotazujícího se na nejbližší benzínovou stanici. V tomto případě bude dotaz nejprve položen na databázi udržující informace o segmentech dané silnice a navrácenými daty bude počet možných odboček. V kombinaci s přesnou geografickou reprezentací, je pak možné omezit data vrácená dotazem na benzínové stanice. Druhou možností je takto získané omezující podmínky připojit k dotazu a omezit počet vrácených položek výsledku.

Přestože předešlý odhad byl proveden pouze na ideální situaci je patrné, že by došlo k úspoře a to jak poslaných zpráv tak i velikosti dat vrácených dotazem. Na druhou stranu by bylo vhodné předložený koncept porovnat a ověřit v reálných podmínkách.

## 4 Závěr

Mobilní databáze představují rychle se vyvíjející oblast výpočetní techniky. Vzhledem k odlišnosti mobilních sítí nelze velkou část postupů navržených pro distribuované systémy použít. Jedním z hlavních rozdílů je přítomnost dat závislých na místě položení dotazu, resp. na pohybu uživatele. Ve spojitosti s tímto fenoménem je v oblasti mobilních databází věnována značná pozornost tzv. správě pozice uživatele, aby bylo možné místně závislé dotazy efektivně zodpovědět. Naším přínosem do otázky správy pozice uživatele v mobilních databázích je vylepšení stávajících řešení bez nutnosti dalekosáhlých změn v implementacích. Kombinací deterministického přístupu ke stanovení budoucí trajektorie mobilní jednotky a vhodné reprezentaci reálného prostředí pomocí segmentové a geografické reprezentace, by bylo možné v některých případech výrazně snížit množství vyslaných zpráv a zároveň omezit velikost dat vrácených dotazem. Hlavním předpokladem je možnost rozdělit MJ podle rychlosti pohybu a dále k těmto skupinám stanovit přípustné trajektorie. Omezení jsou dána především reálným prostředím. Jako příklady lze uvést silnice, cesty nebo například železnice.

## Reference

1. V. Kumar, N. Prabhu, M. Dunham, Y. A. Seydim, "TCON - A Timeout-Based Mobile Transaction Commitment Protocol" in *Special Issue of IEEE Transaction on Computers*, vol. 51, No. 10, pp. 1212-1218, 2002
2. D. Plassmann, "Location management strategies for mobile cellular networks of 3rd generation" in *Proceedings on IEEE Vehicular Technology Conference*, 1994
3. S. DasBit, S. Mitra, "A varying per user profile based location update strategy for cellular network" in *Proceedings on International Conference ICCT/WCC 2000*, 2000
4. C. Rose, "Minimizing the average cost of paging and registration: a timer based method" in *ACM/Baltzer Wireless Networks 2*, 1996
5. S. Mitra, S. DasBit, "A location management strategy in cellular mobile environment using distributed searching" in *Proceedings 3Gwireless'2001*, 2001
6. U. Madhow, M. L. Honig, K. Steiglitz, "Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking" in *IEEE/ACM Transaction on Networking 3*, 1995

7. I. F. Akyildiz, J. Ho, Y. B. Lin, "Movement based location update and selective paging for pcs networks" in *IEEE/ACM Transactions on Networking* 4, 1996
8. R. Thomas, H. Gilbert, G. Mazioho, "Influence of the moving of the mobile stations on the performance of a radio mobile cellular network" in *Proceedings on third Nordic Seminar on Digital Land Mobile Radio Communication*, 1988
9. H. Xie, S. Tabbane, D. Goodman, "Dynamic location area management and performance analysis" in *43rd IEEE Vehicular Technology Conference*, 1993
10. S. Mitra, S. DasBit, "A cost effective location update strategy in cellular mobile environment" in *Proceedings on International Conference CIC*, 2001
11. C. Rose, R. Yates, "Minimizing the average cost of paging under delay constraints" in *ACM Journal of Wireless Networks* 1, 1995
12. S. K. Das, S. K. Sen, "Adaptive location prediction strategies based on a hierarchical network model in cellular mobile environment" in *Proceedings 2nd International Mobile Computing Conference (IMCC)*, 1996
13. S. K. Das, S. K. Sen, "A new location update strategy for cellular networks and its implementation using a generic algorithm" in *Proceedings ACM/IEEE Conference on Mobile Computing and Networking*, 1997
14. S. DasBit, P. Raha, S. Mitra, "A probabilistic location management strategy in cellular mobile environment" in *Proceedings on IEEE TENCON*, 2002
15. C.Hage, C.S.Jensen, T.B.Pedersen, L.Speicys, I.Timko, "Integrated Data Management for Mobile Services in the Real World." in *Proceedings of the 29th VLDB Conference*, Berlin, Germany, 2003