

Ph.D. Disertace

Název: Korelované Estimační Problémy a Ensemblový Kalmanův Filtr

Autor: Mgr. Jan Čurn, Ph.D.

Abstrakt:

Kalmanův filtr je rekurzivní algoritmus, který estimuje stav lineárního dynamického systému ze sekvence nepřesných měření ze senzorů. Díky své relativní jednoduchosti, numerické efektivitě a optimalitě byl Kalmanův filtr a jeho varianty aplikovány na širokou škálu problémů v technologii, zejména v oblasti navigace, navigace a řízení. Tradiční definice Kalmanova filtru je založena na předpokladu, že ve kterémkoli okamžiku jsou chyby v predikci stavu systému a chyby v měření statisticky nezávislé. Bohužel v mnoha praktických problémech tento předpoklad není splněn, tudíž Kalmanův filtr může vracet přespříliš jisté výsledky a divergovat. Toto může mít vážné důsledky v kontextu systémů kritických pro bezpečnost.

Přestože existují modifikace Kalmanova filtru, které podporují různé typy korelace v procesním nebo měřicím šumu, tyto modifikace nejsou vhodné v situaci, kde korelace mezi chybami v predikovaném stavu a měřením je způsobena přítomností sdílené minulé informace mezi estimátem stavu a měřením, což je charakteristické v distribuovaných sítích senzorů. Na druhou stranu, existující metody, které se zabývají problémem sdílené minulé informace, buď poskytují příliš konzervativní estimáty nebo mají příliš striktní předpoklady na strukturu problému, například na komunikační topologii senzorové sítě.

Tato disertace představuje dva nové filtry adresující různé korelované estimační problémy. Tyto filtry jsou založené na Ensemblovém Kalmanově filtru, což je Monte Carlo varianta Kalmanova filtru jež reprezentuje estimáty stavu a měření pomocí množiny náhodných vzorků namísto konvenčního středního vektoru a kovarianční matice. Konkrétně, oba filtry přinášejí nové zobecněné pravidlo asimilace měření, které počítá konzistentní estimáty stavu i v přítomnosti korelací mezi chybami estimátu stavu systému a měření. Toto je možné pouze díky faktu, že v případě Ensemblového Kalmanova filtru lze velikost této korelace estimovat z náhodných vzorků.

Nové filtry si zachovávají všechny důležité vlastnosti Ensemblového Kalmanova filtru, jako třeba složitost která je lineární s počtem dimenzí stavového prostoru, nebo podporu nelineárních modelů procesu i měření. Tato práce dále obsahuje analýzu numerických vlastností filtrů, včetně jejich srovnání s nejpokročilejšími metodami v několika srovnávacích scénářích. Pro demonstraci jejich praktické hodnoty byly nové filtry použity pro řešení tří skutečných problémů z oblasti robotické lokalizace: kooperativní lokalizace vozidel, konkurentní lokalizace a mapování a satelitní určování globální polohy.