

## Oponentský posudek dizertační práce

Autor: Ing. Jiří Svatoň

Titul: Optimalizace příjmu multi-konstelačních signálů družicové navigace

Oponent: Ing. Petr Pánek, CSc., ÚFE AV ČR, v.v.i., Chaberská 1044, Praha 8

Dizertační práce Ing. Jiřího Svatoně se zabývá problematikou akvizice signálů družicových navigačních systémů, tj. zachycením těchto signálů a počátečním určením jejich zpoždění a kmitočtové odchylky. Cílem práce je analyzovat problém akvizice signálů družicové navigace, navrhnout vhodné akviziční algoritmy a provést jejich optimalizaci. Téma disertační práce považuji za aktuální a to především v souvislosti se současným trendem zavádění nových kompozitních signálů GNSS. Jedná se o téma, které je bezprostředně motivováno požadavky na zlepšení užitečných vlastností přijímačů GNSS.

Úvodní část práce má rešeršní charakter. Obsahuje přehled obecně známých principů využívaných při zpracování signálů GNSS a známých metod vyhledávání signálu GNSS. Zvláštní pozornost autor věnuje problematice algoritmů paralelního prohledávání fáze kódu PCS (Paralel Code-phase Search). Zabývá se problémy spojenými s implementací této metody a možnostmi různých přístupů k jejich řešení.

Z hlediska naplnění cíle práce jsou klíčové kapitoly 5, 6 a 7. Autor zde analyzuje problémy, které souvisí s implementací PCS v případech, kdy délka signálu značně přesahuje výpočetní délku FFT a s využitím metody PCS pro akvizici vrstvených kódů, tj. kódů, které jsou vedle primárního dálkoměrného kódu tvořeny i kódem sekundárním. Na tuto analýzu navazuje návrh algoritmu, který je založen na koherentní kombinaci částečných cyklických korelačních funkcí. Tento postup je dále využit při návrhu sdruženého estimátoru fáze primárního a sekundárního kódu a algoritmicky výhodného způsobu prodloužení koherentní integrace.

V kapitole 8 je pak provedeno souhrnné porovnání všech analyzovaných algoritmů a jejich zhodnocení z hlediska energetické ztráty vzhledem k ideálnímu postupu, algoritmické náročnosti a latence. Autorem navržený postup vyniká především nulovou energetickou ztrátou, které je dosaženo ve srovnání s ostatními metodami za cenu dvojnásobné algoritmické náročnosti.

Seznam použité literatury obsahuje celkem 74 položek. Použitá literatura je relevantní k dané problematice. Citace jsou úplné a v souladu s citačními zvyklostmi.

Dosažené výsledky autor publikoval ve dvou impaktovaných publikacích a několika konferenčních příspěvcích. Navržený algoritmus byl také implementován a prakticky ověřen při vývoji multi-konstelačního přijímače GNSS, na němž se autor podílel.

Přínos práce vidím především v optimalizaci akvizice nově zaváděných vrstvených signálů GNSS, zvláště pak ve zlepšení akvizice v podmínkách, kdy přijímaný signál je velmi slabý, tj. například pod hustým porostem. Výsledky práce mají přímé praktické využití v algoritmech zpracování signálu v přijímačích GNSS.

K použitým metodám zpracování tématu nemám podstatné výhrady. Autor se podrobně seznámil se stávajícím stavem dané problematiky, identifikoval klíčové problémy a úspěšně se je pokusil vyřešit. Výsledky ověřil simulací i praktickou implementací.

V práci jsem narazil na několik menších chyb nebo nepřesností. Např. průběh charakteristiky diskriminátoru zpoždění na obr. 4 neodpovídá rozdílu kvadrátů podle vztahu (20), ale prostému rozdílu Early – Late; termín „podvzorkování“ se zpravidla používá v souvislosti se vzorkováním pásmových signálů, nikoli jako překlad výrazu „down-sampling“; v označených bodech na obr. 25 nejspíš falešné zachycení nehrozí, protože charakteristika má v těchto bodech opačné znaménko derivace. Zmíněné nedostatky neovlivnily celkové výsledky práce.

K obsahu práce mám následující dotazy:

1. FFT algoritmus umožňuje současně provést transformaci dvou reálných posloupností. Je tato možnost při implementaci navrženého algoritmu nějak využitelná?
2. Extrémním případem využití GNSS je navigace uvnitř budov. Byly navržené postupy zvažovány i v této souvislosti?

Závěrem konstatuji, že cíl předložené disertační práce byl splněn, práce obsahuje původní autorem publikované výsledky samostatné tvůrčí vědecké práce a **doporučuji** ji proto k obhajobě.

V Praze 25. září 2020

Ing. Petr Pánek, CSc.