

Oponentní posudek na disertační práci

Autor: **Ing. Martin Šafařík**

Téma: **Použití UWB radaru na silničním vozidle pro rozpoznání obrazu člověka**

Oponent: **Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.**

Katedra elektrotechniky

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Univerzita Pardubice

Studentská 95, 532 10 Pardubice

tel.: 466 036 449, e-mail: zdenek.nemec@upce.cz

Téma disertační práce a jeho aktuálnost

Disertační práce Ing. **Martina Šafaříka** se zabývá perspektivními možnostmi využití ultra-široko-pásmového (UWB) radaru na vozidle. Využívání technologií založených na UWB je realizováno v mnoha typech zařízení pro komunikace nebo radarů pro detekci osob a jiných objektů. Minimum současných publikací se věnuje rekonstrukci tvaru sledovaného objektu spojeného s jeho lokalizací při pohybu. Taková aplikace přitom může najít uplatnění v dopravní problematice - rozpoznání osob a objektů v okolí jedoucího vozidla včetně objektů skrytých za překážkou. Aktuálnost tématu je tím prokázána, přičemž celá úloha je velmi rozsáhlá od návrhu radaru a zpracování přijímaného signálu až po návrh metod pro rekonstrukci tvaru sledovaného objektu a analýzu rozmístění antén v reálné situaci použití na vozidle. Autor se v práci věnuje zejména návrhu algoritmu pro rozpoznání obrazu člověka a následně i otestování navrženého postupu v reálné situaci a vyhodnocení výsledků.

Cíle disertační práce

Autor si v kapitole 2 klade za cíl ověření hypotézy, že UWB radar je vhodný pro identifikaci pohybu osob v bezprostřední blízkosti vozidla, včetně pohybu za neprůhlednými překážkami. V tomto bodě však není definován pojem „bezprostřední blízkost“ a vlastnosti „neprůhledné překážky“. Pro prokázání hypotézy jsou stanoveny následující cíle:

- Popis a analýza známých metod detekce a lokalizace cílů UWB radarem.
- Analýza odrazu UWB signálu od lidského těla.
- Nalezení vhodného rozmístění antén UWB radaru.
- Návrh algoritmů pro zobrazení člověka UWB radarem z vozidla.
- Verifikace teoretických výsledků pomocí experimentů.

První cíl je obsahem úvodní kapitoly a kapitoly 3, která je zaměřena na popis současného stavu a metod získávání radarových dat a zpracování signálu. Pouze úvodní dvě strany

kapitoly 3 popisují úvod vlastních prací na odrazném modelu těla a rozložení antén UWB radaru. Popis současného stavu řešené problematiky je povinnou součástí disertační práce a tento úvodní cíl je splněn.

V úvodní kapitole je uveden současný stav problematiky detekce chodců a překážek před vozidlem. Obecně jsou popisovány metody založené na zpracování signálu ze silničních radarů, Lidaru a kamer. Žádný z dnes používaných principů neumožňuje detekci objektu za překážkou. Je také stručně představen radar ReTWis, který je v disertační práci využíván k měření v reálných situacích. Radar ReTWis byl vyvinut na pracovišti, kde autor v současnosti působí. Kapitola 3 obsahuje přehled známých metod, které by měly být základem pro návrh vlastní metody pro získávání dat z radaru a širší přehled metod pro zobrazování dat, ve kterém chce autor poukázat na jejich společný základ.

Vlastní přínos k řešenému tématu je obsažen v posledních třech bodech, které jsou obsaženy nejrozsáhlejší kapitole 4. V jejím závěru je proveden experiment pro ověření správnosti navržených postupů.

Výchozím bodem pro řešení je vytvoření modelu lidského těla v prostředí CST, který svými rozměry odpovídá reálné postavě. Model zanedbává podrobné vykreslení tvaru těla a slouží k analýze různých natočení lidského těla vůči radaru. Na model byly první anténou vysílány Gaussovské impulzy ve frekvenčním rozsahu 1 až 4 GHz, druhou anténou pak byly impulzy přijímány. Vzdálenost antén od cíle byla stejná, bylo provedeno 72 simulací s krokem 5 stupňů. Azimut cíle je určován podle poměrné odrazivosti (4.1), která vychází z podílu kvadrátů absolutních hodnot Fourierových transformací intenzity el. pole odražené modelem a referenčním odražečem, podíl je násobený vypočtenou odrazivostí koule. Koule je rozměrově výrazně menší než sledovaný objekt. Vztah 4.1 má eliminovat vliv tvar použitého impulzu a charakteristiky antén. Maxima odrazivosti jsou ve dvou úhlech, což může být způsobeno odlišnou polohou a nasměrováním antén. Simulace byly provedeny pro stojící a sedící postavu, oba výsledky vykazují dvě maxima.

Pro ověření výsledků byl proveden experiment v obdobných podmínkách, pouze frekvenční rozsah UWB signálu byl nižší o 0,5 GHz. Výsledky částečně prokazují správnost simulace, experiment je však zatížen pochopitelnou nestabilitou lidského těla při dlouhodobém měření.

Dalším cílem práce je návrh rozmístění antén pro umístění na skutečném vozidle. Je zde popisováno rozlišení impulzního radaru a rozptylová funkce. Navržena a realizována byla simulace anténního pole s 25 prvky s cílem v podobě kovové destičky. Na základě dalších analýz je navrženo rozmístění čtyř antén, které ve výsledku nekladou zbytečné nároky na hardware pro výpočty.

Nejvýznamnější část 4. kapitoly se věnuje lokalizaci a zobrazení pohyblivého cíle, přesněji siluety člověka. Pro tyto účely byl vytvořen model pohybujícího se člověka. Nejdříve

byly simulovány tři různé polohy těla; zobrazení po fúzi dat sice nepřipomíná přímo siluetu člověka, nicméně na základě znalosti velikosti podobného typu cíle a jeho odrazivosti se s určitou pravděpodobností dá detekovat cíl velikosti člověka.

Při experimentu s chodícím člověkem a radarem ReTWis, byl radar umístěn za zděnou překážkou a člověk se pohyboval směrem od radaru. Podmínky tak nejsou zcela srovnatelné se simulací, detekce vzdálenějšího cíle by však neměla být změnou podmínek zatížena. Vykreslení trajektorie pohybu člověka ukazuje na citlivost radaru na tu část cíle, která je s dostatečnou plochou k anténám radaru nejbližší. Pohyblivý cíl detekuje přímo radar, více souřadnic je využito v navržené metodě zpětné projekce a jejím opakovaném výpočtu, který je postupně slučován. Pro zlepšení vizualizace je vhodné zvýraznit vyšší hodnoty v obrazu, proto je výsledek ze vztahu 4.6 logaritmován, násobení konstantou 20 je zde ale zbytečné. Při postupném sčítání až 40-ti měření dochází k zobrazení 3D siluety člověka umožňující i rozlišení dolních končetin.

Dalším krokem byla 2D simulace detekce cíle pohybujícího se za překážkou sledováním z pohybujícího se vozidla. Frekvenční pásmo je zde nastaveno opět na jiný rozsah – 0 až 4 GHz. Rozložení antén bylo jiné, než které bylo navrženo v kapitole 4.2.6, což mohlo ovlivnit výsledek. Vzhledem k pohybu vozidla a tím i radaru se všechny okolní objekty jeví jako pohyblivé. Pouze sledovaný pohybující se cíl má jinou rychlost pohybu. 2D zobrazení výsledku ukazuje i odstranění statického cíle v podobě zdi.

Závěrem byl proveden experiment s pohybem vozidla i cíle, nyní bez překážky. Vozidlo se pohybovalo nízkou rychlostí a sledovaný cíl se pohybuje směrem k vozidlu. Z důvodů pochopitelných při podobném typu experimentu došlo k výpadku při zpracování signálu, což se projevilo i na zobrazení na obr. 4.37. Možnost detekce při pohybu vozidla i cíle byla prokázána.

Jako nejvýznamnější přínos disertační práce lze uvést metodu zpětné projekce, jejím opakovaném výpočtu a slučování scén. Přínosem je také návrh rozmístění a optimalizace počtu antén. Díky možnosti využívání technického zázemí pro měření je přínosné ověření mnoha simulací experimentem.

Možnosti dalšího pokračování ve vědecké činnosti představují optimalizace výpočtů a aplikace pro možná nasazení v dopravních prostředcích případně dalších aplikacích se zaměřením na detekci cílů se známou odrazivostí.

Publikační činnost

Uvedeno je 8 publikačních výstupů, z nichž pouze 2 mají výstup do uznávaných databází. Jako významnější lze ještě uvést v češtině publikovaný článek v časopise Perner's Contacts. Zbylé výstupy jsou prezentacemi výstupů na seminářích, jedna je písemnou zprávou pro státní doktorskou zkoušku. Autorovy výstupy jsou uvedeny i ve dvou firemních technických zprávách.

Závěr

Práce Ing. Martina Šafaříka splňuje nároky kladené na závěrečnou práci doktorského studijního programu a samostatnou vědeckou činnost. Na základě splnění uvedených podmínek je možné udělení akademického titulu Ph.D.

Předloženou práci doporučuji k obhajobě.

V Pardubicích 10. 6. 2015

.....
Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.

Dotazy k práci:

- Do jaké míry ovlivňuje možné porovnání výsledků volba různých frekvenčních rozsahů pro různé simulace i experimenty?
- Jak se shoduje rozložení antén radaru použitého při experimentech měření skrz zed' s rozložením antén při simulacích?
- Jaký hardware byl využíván při simulacích a jaké jeho parametry by měly být změněny pro zrychlení výpočtu? Případně jaký hardware by významně urychlil simulační výpočty?