

Ing. Martina ŠAFAŘÍKA

Použití UWB radaru na silničním vozidle pro rozpoznání obrazu člověka

Aktuálnost tématu disertace. Disertační práce ing. Martina Šafaříka je věnována analýze a experimentálnímu ověřování možnosti detekovat a rozlišit obrys pohybující se postavy pomocí UWB radaru ReTWis, který byl doktorandovi k dispozici a na jehož vývoji se dílčím způsobem podílel. Detekce a rozpoznávání osob a jejich obrysů či pohybu pomocí radarů je aktuálním technickým i vědeckým problémem. Databáze IEEE Xplore uvádí při zadání klíčových slov „person“ or „human“ and „radar“ and „detection“ 1033 záznamů, a při zadání slov „UWB“ and „radar“ and „human“ and „recognition“ 21 záznamů z let 2006-2014. Téma disertační práce je proto aktuální a námět práce odpovídá oboru Dopravní prostředky a infrastruktura.

Splnění cíle disertace, zvolené metody zpracování, výsledky

V kap. 2 je formulován cíl práce jako „analýza a nalezení takové metody zpracování dat z UWB radaru, kterou bychom identifikovali pohyb osob v blízkosti vozidla“, dílčí cíle jsou formulovány takto:

- 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 uvedený cíl není ve skutečnosti cílem ve smyslu disertability. Popis a analýza známých metod patří do rozboru současného stavu řešené problematiky, kterou musí obsahovat každá disertační práce. Z něj lze vyvodit dosud neřešené problémy, které se stávají cíli práce. Analogicky kapitola 3. Přehled zvolených metod zpracování (známých) pro zobrazení radarových dat patří do analýzy současného stavu.

Pátý cíl, ověření teoretických výsledků experimentem, je standardní postup řešení vědeckého problému v technických vědách, není tedy rovněž disertabilním cílem.

Druhý cíl, analýza odrazu UWB signálu od lidského těla, je řešen modelováním postavy člověka v EM simulátoru CST MWS a určováním veličiny pojmenované autorem „poměrná odrazivost“ a definovaná vztahem (4.1) jako efektivní odrazná plocha (*RCS*). Je určena podílem Fourierových obrazů druhých mocnin intenzit elektrických polí v časové oblasti odražených od modelu těla a známého referenčního kulového odražeče násobených *RCS* reference. Dopadající vlna není rovinná, nýbrž je vysílána modelem antény, rovněž vlna odražená je snímána přijímací anténou. Jde zjevně o snahu autora přizpůsobit řešenou úlohu co nejvíce následným experimentálním podmínkám. U referenčního kulového odražeče jsem nenalezl průměr, ale dle obrázku 4.2 je velikosti o něco menší než hlava modelu těla a je umístěn v poloze ramen modelu. Otázkou je nakolik takto definovaná „poměrná odrazivost“ přesná, když referenční odražeč je na hranici blízkého pole vysílací/přijímací antény a je podstatně menší než zkoumaný objekt. Vztah (4.1) udává RCS_h jako funkci frekvence (de facto je to po aplikaci FFT na časový signál frekvenční spektrum). Úhlové závislosti odrazivosti v obr. 4.4 a 4.5 však uvádějí frekvenční rozsah 1 až 4 GHz (?). Obr. 4.8 a 4.9 znázorňující experimentálně zjištěnou *RCS* jsou uvedeny bez kmitočtu. Není tedy jasné, pro

jaký kmitočet jsou křivky odrazivosti znázorněny. Dále není zřejmé, zda byla použita časová brána při příjmu časových průběhu dopadajícího signálu tak, aby byla eliminována nežádoucí vazba mezi přijímací a vysílací anténou po aplikaci FFT. Konkrétní znázorněné výsledky odrazivosti, dle mého názoru, mohou být zatíženy i podstatnou chybou. Bylo by rovněž vhodné porovnat takto určenou RCS s RCS numericky vypočtenou přímo simulátorem MWS při ozařování rovinnou vlnou. Zvolená metoda zpracování tohoto cíle je pro danou úlohu použitelná, je třeba ovšem upřesnit/vyjasnit vstupní data a následně získané výsledky.

Druhý cíl, nalezení vhodného rozmístění antén UWB radaru, je řešeno pomocí vyšetřování rozptylové funkce popisující přenosové vlastnosti (impulsovou odezvu) multistatického uspořádání anténního systému radaru s řadou 25×25 a několika řadami 2×2 s různých uspořádáním anténních prvků. Výsledkem je volba konkrétního uspořádání čtveřice antén, jakožto kompromis mezi možnostmi umístění většího počtu antén na vozidlo a náročností SW a HW zpracování radarových dat, které vykazuje nejmenší míru zkreslení zobrazované scény (odrazivosti cíle). Dosažené výsledky (osově nesouměrné rozmístění antén) jsou ověřeny jinou metodou, CRLB, která poskytuje analogické výstupy. Tím je potvrzena vhodnost zvoleného způsobu řešení.

Třetí cíl, „návrh algoritmů pro zobrazení člověka UWB radarem z vozidla“, nespecifikuje konkrétně, zda bude řešen včetně pohybu člověka, název kapitoly (Lokalizace a zobrazení pohyblivého cíle) a definování hlavního cíle práce však indikují, že ano. Statické zobrazení člověka pomocí UWB radaru bylo prokázáno vícero pracemi včetně autorů z řešitelského pracoviště a společnosti Retia. Disertabilní cíl představuje tedy právě zobrazení pohybu příp. obrysu člověka UWB radarem. V tomto smyslu by měl být cíl upřesněn. Hypotéza vyslovená v kap. 2 definice cílů pracuje i s variantou identifikace pohybu osob za neprůhlednými překážkami. Úloha je řešena jednak pomocí simulátoru MWS vyšetřováním odrazu časového průběhu signálu od zjednodušeného modelu člověka v různých pozicích odpovídajících pohybu při chůzi a následným zpracováním metodou modifikované zpětné projekce z 10ti kanálu (4 antény), jejímž výstupem je 2D resp. 3D obraz odrazivosti modelu člověka (scéna). Autor zavedl operaci sčítání scén (multiplikativně aditivní fúze), čímž by měl být rekonstruován obrys modelu cíle do jednoho obrazu. Vzhledem k omezenému počtu simulačních scén je zobrazení obrysu člověka pochopitelně nedokonalé avšak rámcově odpovídá velikosti cíle. Navrženou metodu pak ověřuje měřením pohybu člověka pomocí UWB radaru ReTWis na datech získaných pro 5, 10, 20 a 40 scén. 3D obraz ze 40 scén pak, nejlépe ze všech součtů scén zobrazuje obrys středu těla s naznačením tvaru dolních končetin. To vede k myšlence použít pro ověření metody i větší počet scén pro všrnější zobrazení tvaru člověka. Dále se autor zabýval simulací a experimentálním měřením současného pohybu člověka skrz zeď a omezené rychlosti pohybu vozidla za použití konvoluce impulsové odezvy filtru popisující pohyb vozidla a obrazu scény, které ve shodě potvrzují možnost znázornění polohy cíle při omezených rychlostech pohybu.

Původní poznatky disertace

Za stěžejní původní poznatky disertace považuji navrženou metodu sčítání scén pro zobrazení tvaru cíle/člověka a její experimentální ověření. Další původní výsledky představuje autorem zavedený postup vyšetřování přenosových vlastností multistatického uspořádání antén pomocí rozptylové funkce.

Význam pro praxi a rozvoj vědy

Navržené metody využívající pro zobrazení tvaru a pohybu člověka jako radarového cíle UWB radaru mají význam zejména oblastech bezpečnosti silničního provozu, vojenských misích, či detekci a identifikaci osob při přírodních katastrofách.

Publikační výsledky, vědecká erudice.

Disertant uvádí v práci jako autor či spoluautor celkem 10 publikačních výstupů, z toho dva příspěvky na konferenci Radioelektronika, jeden článek v elektronickém časopisu Perner's contacts UP DFJP, tři prezentace na odborných seminářích university, tři zprávy z řešení projektu vývoje UWB radaru MO, jedna zpráva k SDZ. V seznamu postrádám alespoň jednu publikaci v impaktovaném časopise. Vědeckou resp. publikační erudici autora lze proto považovat za spíše nižší pro získání doktorské kvalifikace.

Závěr. Práce obsahuje původní publikované vědecko-výzkumné výsledky disertanta a splňuje podmínky samostatné tvůrčí vědecké práce k udělení akademického titulu Ph.D. Předloženou disertační práci

D O P O R U Č U J I

k obhajobě.

V Praze, dne 27. května 2015



.....
Doc. Ing. Milan Polívka, Ph.D.

Otázky k obhajobě

1. Upřesněte, pro jaké kmitočty jsou znázorněny průběhy odrazivosti resp. RCS v obr. 4.4, 4.5, 4.8 a 4.9?
2. Je koeficient podobnosti k_p zavedený vztahem (4.4) parametr běžně používaný v oboru nebo nový definovaný autorem? Pokud platí druhá varianta, bylo jeho použití publikováno?
3. Je autorem použita metoda multiplikativně aditivní fúze původní? Proč autor nepoužil součet více scén pro další věrnější zobrazení obrysu těla a tím důslednější ověření funkčnosti metody.
4. Proč je ve vztahu (4.6) použita časová derivace signálu, když původní algoritmus zpětné projekce (3.7) tuto derivaci neobsahuje?
5. V obr. 4.29 až 4.32 jsou patrné hyperbolické tvary zobrazovaných dat (poloh odrazů). Nebylo by na ně vhodné aplikovat některý algoritmus migrace pro zaostření bodu odrazu? Jak by to ovlivnilo výsledné 3D zobrazení cíle/člověka?

Doc. Ing. Milan Polívka, Ph.D.

Katedra elektromagnetického pole, FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6, 166 27
Tel.: 224 352 270, e-mail: polivka@fel.cvut.cz