

Statistisk Signalbehandling i Humanitære Minerydningsystemer

Brian Karlsen^a, Helge B. D. Sørensen^a, Jan Larsen^b og
Kaj B. Jakobsen^a

^aØrsted•DTU, Danmarks Tekniske Universitet
Ørstedss Plads, Bygn. 348, 2800 Kgs. Lyngby, Danmark

^bInformatik og Matematisk Modellering, Danmark Tekniske Universitet
Richard Petersens Plads, Bygn. 321, 2800 Kgs. Lyngby, Danmark

RESUMÉ

Denne artikel beskriver kortfattet metoder og resultater relateret til clutterreduktion (clutter: uønskede reflekterede signaler) i jordradar- (eng. ground penetrating radar, GPR) signaler vha. statistiske signalbehandlingsmetoder baseret på Independent Component Analysis (ICA). Formålet ved denne form for clutterreduktion er at dekomponere GPR signaler i clutter og clutterreducerede underrum. Ved kun at anvende de clutterreducerede underrum kan man reducere clutter i GPR signaler. Metoderne giver gode resultater ved detektering af landminer.

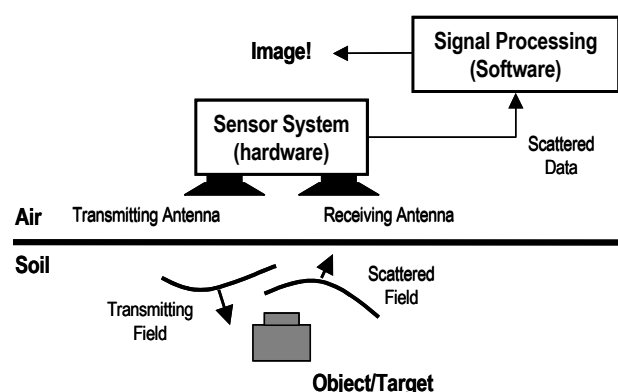
INTRODUKTION

Jordradaren (GPR) har mange anvendelsesområder, bla. anvendes GPR'en til detektering af landminer [1]. I princippet er GPR'en en almindelig radar som er istand til at trænge igennem jordoverfladen. På figur 1 er et diagram af GPR'en afbildet. GPR'en virker på den måde at den via en senderantenne sender et elektromagnetisk felt ned i jorden. En modtagerantenne måler det reflekteret felt fra jorden som er et resultat af refleksioner fra landminer, sten, træ, jord, sand og øvrige materialer og objekter. Ved at skanne med GPR'en over jordoverfladen og behandle de reflekterede målte felter kan man danne et "billede" af hvad der ligger gemt i jorden.

Ved landminedetektering har man det problem at landminerne i reglen er nedgravet tæt ved jordoverfladen. Dette er et problem for GPR'en, da jordoverfladen giver anledning til kraftig clutter [2-4]. Clutter er en betegnelse for målte uønskede felter som er fysik tilstede, fx fra jordoverfladen eller

nedgravede sten. Denne clutter er uønsket, da den "maskerer" det reflekterede felt fra landminen. Ved hjælp af statistiske signalbehandlingsmetoder er det vist, at denne clutter kan reduceres betydeligt [2-4].

Figur 1 Jordradaren og tilhørende signalbehandlingssystem.

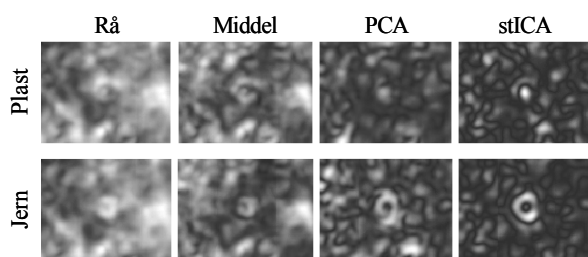


METODER

ICA [5-6] anvendes i stor udstrækning i digital signalbehandling til at udtrække features eller til at dekomponere sammensatte signaler. ICA anvendes her ved landminedetektionen til at reducere clutteren fra GPR'en og dermed gøre landminerne mere "synlige" og nemmere at detektere. Det ICA i hovedtræk gør er at den dekomponere GPR signalerne i statistiske uafhængige komponenter. Nogle af disse komponenter indeholder clutter- og andre landminesignaler. Ved kun at anvende komponenterne med landminesignaler kan billeder med landminer rekonstrueres og detektionen kan hermed øges [2-4].

RESULTATER

I figur 2 er resultater fra de ovenstående beskrevne statistiske signalbehandlingsmetoder angivet. Til opsamling af GPR signaler er anvendt en bow-tie sender/modtagerantenne. Bow-tie antennen er en bredbåndsantenne som virker i frekvensområdet fra 250 MHz - 2.5 GHz. Billederne herunder er skabt ved at skanne henover et areal på 91cm × 127cm, hvor der er foretaget målinger for hver 1cm × 1cm. I billederne er en landmine lokaliseret i midten. Som det fremgår af billederne giver dekorrelation baseret på Principal Component Analysis (PCA) [2-3] og specielt den spatial-temporale ICA (stICA) [4] en god reduktion af clutter. I de rå billeder, hvor der ingen signalbehandling er foretaget, og i billederne hvor middelværdien er fjernet er detektion stort set umulig. Flere resultater er givet i [2-4].



Figur 2 1. søjle: ubehandlet signaler. 2. søjle: middelværdi = 0. 3. søjle: PCA. 4. søjle: stICA. 1. række: plast mine. 2. række: jern mine.

KONKLUSION

Denne artikel giver et resumé af et udsnit af forskningsresultater, som er opnået ved brugen af statistisk signalbehandling baseret på PCA og ICA. Som det fremgår af resultaterne er PCA og ICA

velegnede metoder til at reducere clutter i GPR signaler og dermed øge detektion af landminer.

REFERENCER

- [1] H.B.D. Sørensen, K.B. Jakobsen & O. Nymann: "Identification of mine-shaped objects based on an efficient phase stepped-frequency radar approach," in Proc. IEEE Image Processing 1997, 3, pp. 142-145.
- [2] B. Karlsen, J. Larsen, K.B. Jakobsen, H.B.D. Sørensen & S. Abrahamson: "Antenna characteristics and air-ground interface deembedding methods for stepped-frequency ground penetrating radar measurements," in Proc. of SPIE, Aerosense 2000: Detect. and Rem. Tech. for Mines and Minelike Targets V, vol. 4038, 2000, pp. 1420-1430.
- [3] B. Karlsen, J. Larsen, H.B.D. Sørensen & K.B. Jakobsen: "Comparison of PCA and ICA based clutter reduction in GPR systems for anti-personal landmine detection," in Proc. of 11th IEEE Workshop on Statistical Signalprocessing, Singapore, 2001, pp. 146-149.
- [4] B. Karlsen, H.B.D. Sørensen, J. Larsen & K.B. Jakobsen: "Independent component analysis for clutter reduction in ground penetrating radar data," to be publ. in Proc. of SPIE, Aerosense 2002: Detect. and Rem. Tech. for Mines and Minelike Targets VI.
- [5] A. Bell & T.J. Sejnowski: "An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution," Neural Comp., vol. 7, pp. 1129-1159, 1995.
- [6] A. Hyvärinen & E. Oja: "Independent Component Analysis: Algorithms and Applications," Neural Comp., vol. 13, pp. 411-430, 2000.