**T.R.**

**GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**MODELING OF HIGH FREQUENCY RADAR BY FINITE DIFFERENCE TIME DOMAIN METHOD**

**HALİL ALPTUĞ DALGIÇ**

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF**

**DOCTOR OF PHILOSOPHY**

**DEPARTMENT OF ELECTRONIC ENGINEERING**

**GEBZE**

**2014**

**T.R.**

**GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**MODELING OF HIGH FREQUENCY RADAR BY FINITE DIFFERENCE TIME DOMAIN METHOD**

**HALİL ALPTUĞ DALGIÇ**

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY**

**DEPARTMENT OF ELECTRONIC ENGINEERING**

THESIS SUPERVISOR

ASSOC. PROF. DR. SERKAN AKSOY

**GEBZE**

**2014**

**T.C.**

**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK FREKANS DENİZ RADARININ ZAMAN UZAYI SONLU FARKLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ**

**HALİL ALPTUĞ DALGIÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

DANIŞMANI

PROF. DR. SERKAN AKSOY

**GEBZE**

**2014**

|  |  |
| --- | --- |
| **GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ** | **YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU** |

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun …..…/…..…/..….… tarih ve ..…./…… sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından …..…/…..…/..….… tarihinde tez savunma sınavı yapılan ……………………………………………’ın tez çalışması …………………………………Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

**ONAY**

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun …..…/…..…/..….… tarih ve ………/……... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

**SUMMARY**

In this work, the path loss of High Frequency, HF (5, 10, 15 MHz) radar signal is examined with Moving Window Finite Difference Time Domain method in two-dimensional Cartesian coordinates. The type of source is Gaussian pulse which is generated from antenna. The problem space is terminated with Mur type Absorbing Boundary Condition. This thesis is examined in two different steps. In the first step transmitter antenna is located in the land and the receiver antenna is located on the sea (bistatic). Second step transmitter and receiver antennas are located at the same position (monostatic). In the first step, analysis is made for three parameters (HP-ZUSF window size, frequency of pulse, grid step) and making decision about window size which is planning to use in the second step. In the second step, the window size is fixed between antenna and island, and then is expanded on the island, finally when the interaction finished window turn back with fixed size. The data that produce from path loss calculation is compared with the standard Finite Difference Time Domain method and good agreement is observed.

**Key Words: Moving Window Finite Difference Time Domain (MW-FDTD), High Frequency (HF) Naval Radar, Finite Difference Time Domain (FDTD).**

**ÖZET**

Bu çalışmada Hareketli Pencere Zaman Uzayında Sonlu Farklar, yöntemi ile Yüksek Frekans bandında ($5$, $10$, $15$ $MHz$) deniz radar sinyalindeki yol kaybı iki boyutlu Kartezyen koordinatlarda incelenmiştir. Kaynak olarak ince anten tarafından Gauss darbesi basılmıştır. Problem uzayını sonlandırmak için Mur türü Soğurucu Sınır Koşulu kullanılmıştır. Bu tezde, birinci aşamada verici anten karada konumlandırılırken alıcı anten deniz üzerinde konumlandırılmıştır (bistatik). İkinci aşamada ise verici ve alıcı antenler aynı konumda (monostatik) konumlandırıldığı durum incelenmiştir. Birinci aşamada üç parametre için (hareketli pencere boyutu, yayılım frekansı ve ızgaralama adımı) analizler yapılmış ve ikinci aşamada kullanılacak pencere boyutuna karar verilmiştir. İkinci aşamada antenden adaya kadar pencere boyutu sabit tutulmuş, ada üzerinde pencere boyutu genişletilmiş ve etkileşim tamamlandıktan sonra pencere boyutu sabit olarak geri hareket ettirilmiştir. Yapılan yol kaybı hesaplarında elde edilen veriler Standart Zaman Uzayında Sonlu Farklar yöntemi ile karşılaştırılmış ve tutarlı olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** **Hareketli Pencere Zaman Uzayında Sonlu Farklar (HP-ZUSF), Deniz Yüksek Frekans Radarı, Zaman Uzayı Sonlu Farklar (ZUSF).**

**ACKNOWLEDGEMENTS**

I would like to express my deep and sincere gratitude to my supervisor, Prof. Oleg TRETYAKOV, who not only shared his profound scientific knowledge with me but also taught me great lessons of life. His support, suggestions and encouragement gave me the drive and will to complete this work.

I wish to express my warm and sincere thanks to Dr. Erkul BAŞARAN for his collaboration to this research.

I am grateful to my parents for their love and support.

Finally, I want to thank Ayşe ÇALIŞKAN, who showed me the beauty of love and Burak ÖZAKIN for his immortal friendship.

**TABLE of CONTENTS**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Page** |
| SUMMARY | iv |
| ÖZET | v |
| ACKNOWLEDMENTS | vi |
| TABLE of CONTENTS | vii |
| LIST of ABBREVIATIONS and ACRONYMS | viii |
| LIST of FIGURES | ix |
| LIST of TABLES | x |
|  |  |
| 1. INTRODUCTION1.1. ………………………….. | 11 |
| 2. HIGH FREQUENCY RADARS | 3 |
| 2.1. ………………… | 3 |
| 2.1.1. …………………………2.2. ………………. | 34 |
| 3. FINITE DIFFERENCE TIME DOMAIN METHOD | 5 |
| 3.1. ………………. | 5 |
| 3.1.1. ……………… | 6 |
| 3.1.1.1. …………….. |  |
| 4. NUMERICAL RESULTS | 8 |
| 4.1. ………………………. | 8 |
| 5. CONCLUSION | 9 |
|  |  |
| REFERENCES | 20 |
| BIOGRAPHY | 21 |
| APPENDICES | 22 |

**LIST of ABBREVIATIONS and ACRONYMS**

|  |  |
| --- | --- |
| **Abbreviations and Acronyms** | **Explanations** |
| $$∇$$ | : | ………………… |
| $$γ$$ | : | …………………… |
| $$E$$ | : | ………………… |
| $$ε$$ | : | ………………… |
| Hz | : | ………………… |
| F | : | ………………… |
| km | : | ………………… |
| sn | : | ………………… |
| ANAM | : | ………………… |
| GTÜ  | : | ………………… |
| TCMB  | : | ………………… |
| ZUSF | : | ………………… |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**LIST of FIGURES**

|  |  |
| --- | --- |
| **Figure No:** | **Page** |
| 3.1: | ………………………. | 5 |
| 3.2: | …………………. | 7 |
| … | ……….. |  |
| … | ……….. |  |
| … | ……….. |  |
| 5.9: | ……………………………. | 25 |
| 5.10: | ………………………..  | 32 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**LIST of TABLES**

|  |  |
| --- | --- |
| **Table No:** | **Page** |
| 4.1: | …………………………….  | 5 |
| 4.2: | ………………………………………………………………………... | 7 |
| 4.3: | ……………………….. | 8 |
| … | ……….. |  |
| … | ……….. |  |
| … | ……….. |  |
| 4.9: | ………………….. | 20 |
| 4.10: | ………………….  | 25 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**REFERENCES**

Aksoy S., (2003), “Dalga Kılavuzlarında Elektromanyetik Zaman Domeni Analizlerinin Yeni Bir Analitik Metotla İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Bourgeade A., (2002), “Dynamic load balancing computation of pulses propagating in a nonlinear medium”, 2nd International Conference on Parallel Processing Workshops, 246-253, Orlando, FL, USA, 18-21 August.

Fidel B., Heyman E., Kastner R., Ziolkowaski R. W., (1997), “Hybrid Ray–FDTD moving window approach to pulse propagation”, Journal of Computational Physics, 138 (5), 480-500.

Haskell R. E., Case C. T., (1994), “Transient Signal Propagation in Lossless Isotropic Plasmas”, Technical Report No: ARCRL-66-234, Department of Electrical Engineering, Columbia University, USA.

Öztürk E., Başaran E., Aksoy S., (2011), “Modeling of Ground Penetrating Radar”. In: A. S. Turk, A. K. Hocaoglu, A. A. Vertiy, Editors, “Subsurface Sensing Book”, Wiley & Sons Inc.

Praokis J., Salehi M., (2007), “Digital Communications”, 5th Edition, McGraw-Hill.

ResGaz 1, Elektrik Piyasası Kanunu, 3 Mart 2001 tarih ve 24335 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 2, Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği, 14 Nisan 2009 tarih ve 27200 sayılı Resmi Gazete.

Web 1, (2012), [http://www.gtu.edu.tr/kategori/65/0/ogrenci-el-kitabi.asp](http://www.gyte.edu.tr/kategori/65/0/ogrenci-el-kitabi.asp), (Erişim Tarihi: 14/06/2012).

Web 2, (2013), <http://www.remcom.com/xgtd>, (Erişim Tarihi: 24/11/2013).

Williams D., (2005), “Screw Less Clip Mounted Computer Drive”, U.S. Patent 6,885,550.

Zang X. D., (2005), Wireless power transfer in concrete via coupled magnetic resonance, IEEE Transactions on Antennas And Propagation, 61 (3), 1378-1384.

**BIOGRAPHY**

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**APPENDICES**

**Appendix A: ……**

Fidel B., Heyman E., Kastner R., Ziolkowaski R. W., (1997), “Hybrid Ray–FDTD moving window approach to pulse propagation”, Journal of Computational Physics, 138 (5), 480-500.

Fidel B., (2002), “Dynamic load balancing computation of pulses propagating in a nonlinear medium”, 2nd International Conference on Parallel Processing Workshops, 246-253, Vancouver, Canada, 18-21 August.

Fidel B., Başaran E., Aksoy S., (2011), “Modeling of Ground Penetrating Radar”. In: A. S. Turk, A. K. Hocaoglu, A. A. Vertiy, Editors, “Subsurface Sensing Book”, Wiley & Sons Inc.

**Appendix B: …..**

…………………………………………………………………………………………………………………………………….

|  |  |
| --- | --- |
| $$ρ\_{m}C\_{m}\frac{∂T\left(x,y,z,t\right)}{∂t}=k\_{t}∇^{2}T\left(x,y,z,t\right)+P\_{d}\left(x,y,z,t\right)$$ | (B1.1) |



Figure B1.1: ………..

**Appendix C: …..**

……………………………………………………………………………………………………