

เทคนิคการเข้าถึงสำหรับผู้อ่านแบบวิลเลก



นางสาวนงลักษณ์ พินัยนิติศาสตร์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาความหลักสูตรปรัชญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

ภาควิชาวาระมหัศจ្រ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-938-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016376

工10310034

AN ACCESS TECHNIQUE  
FOR VERY SMALL APERTURE ANTENNA

Miss Nongluck Phinainitisa<sup>t</sup>

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Doctor of Engineering  
Department of Electrical Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-938-5

Thesis Title      An Access Technique for  
Very Small Aperture Antenna  
By                Miss Nongluck Phinainitisaart  
Department       Electrical Engineering Department  
Thesis Advisor   Dr. William W. Wu  
Thesis Co-Advisor Asso.Prof.Dr. Prasit Prapinmongkolkarn

---



Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn  
University in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Doctorate Degree/

*Thavorn Vajrabhaya* ..... Dean of Graduate School  
( Prof. Dr. Thavorn Vajrabhaya )

Thesis Committee

*Aporn Kengpol* ..... Chairman  
( Prof. Aporn Kengpol )

..... Thesis Advisor  
( Dr. William W. Wu )

*D. T.* ..... Thesis Coadvisor  
( Assoc.Prof. Dr.Prasit Prapinmongkolkarn )

*N. Y.* ..... Member  
( Assoc.Prof. Dr.Narong Yoothanom )

*B. R.* ..... Member  
( Assoc.Prof. Dr.Bandhit Rojarayanont )

บันทึกชี้พิสูจน์ ห้องวิจัยทางวิทยาศาสตร์ : เทคนิคการเข้าถึงด้วยรับสื่อแบบวิลเลก  
(AN ACCESS TECHNIQUE FOR VERY SMALL APERTURE ANTENNA) อ.พีระกษา :  
Dr.WILLIAM H.HU, อ.พีระกษา : รศ.ดร.ประเสริฐ ประพิฒมงคลกุล; 130 หน้า,  
ISBN 974-577-939-5

เทคโนโลยีการเข้าถึงทางวิทยาศาสตร์ที่มีอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา สามารถใช้หัวหิ้วในการติดต่อสื่อสารได้โดยไม่ต้องติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น คอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์มือถือ ทำให้การเข้าถึงทางวิทยาศาสตร์ง่ายและสะดวกมากขึ้น สามารถใช้ในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้า เช่น บนเรือ บนเครื่องบิน หรือในภูมิภาคที่ไม่มีไฟฟ้า เช่น แอฟริกาใต้ ประเทศอินเดีย และจีน

ผลของการวิจัยได้เสนอ 1. ชั้นตอนที่เป็นระบบเพื่อใช้ในการสร้างรหัสซึ่งที่จะใช้ในระบบ  
การเข้าถึงทางวิทยาศาสตร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ 2. ตัวแปลงต่างๆของรหัสซึ่ง 3. สร้างสมการที่เชื่อมโยงตัวแปลงต่างๆ  
เข้าด้วยกัน 4. ออกแบบโครงสร้างของระบบ 5. วิเคราะห์ระบบ 6. สร้างสมการเพื่อหาอัตราส่วน  
สัญญาณรบกวนและความน่าจะเป็นของความผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์แสดงว่า สมรรถนะของระบบจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากตามขนาดของรหัสซึ่ง  
หรือ จำนวนผู้ใช้ทั้งหมดในระบบ จำนวนผู้ใช้ห้องร้อนกันและจำนวนของสัญญาณที่ใช้ร่วมกัน แม้เมื่อการเปลี่ยน  
แปลงน้อยมากเมื่อมีการเพิ่มหรือลดของสัญญาณรบกวน ซึ่งความร้อน ดังนั้นจึงสามารถใช้สื่อสารแบบวิลเลก  
ในการรับและส่งสัญญาณได้



ศูนย์วิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า  
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนักศึกษา ๘๖๙๗๗๔๖ ผู้เขียนนี้เป็นผู้รับผิดชอบ  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ๑๑๑๒๓๔๕  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ๑๒๓๔๕๖๗

กับผู้ศึกษาบัณฑิตอื่นๆ ในการนิพนธ์คဏหในกรอบเดียวกันที่ต่อมาแต่เดือน

NONGLUCK PHINAINITISART : AN ACCESS TECHNIQUE FOR VERY SMALL APERTURE ANTENNA. THESIS ADVISOR : WILLIAM W. WU,  
Ph.D. THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF. PRASIT  
PRAPINMONGKOLKARN, Ph.D. 130 pp. ISBN 974-577-938-5

Multiple access techniques provide the means for sharing the available satellite capacity resources. Present access techniques, can not accommodate a network consisting of a very large number of small earth stations. The required direct station-to-station link capability can be achieved by use of random multiple access (RMA) strategy. The objective of this thesis, therefore, is to develope and analyze a new access technique, based on the fundamentals of RMA, which will allow the operation of the large number of small earth stations network.

A systematic procedure for constructing code sequences to be used in RMA system is presented. Parameters of sequences are introduced and exact expression relating all sequence parameters have been derived.

The system configuration is designed and the analysis of the system is given. An exact expression for the signal-to-noise ratio has been derived. Under Gaussian assumption, the approximation of the probability of error is given.

The analysis shows that the system performance is greatly affected by the sequence length (or total number of users), number of simultaneous users, and number of cochannel symbols, but not sensitive to the thermal noise. Therefore, allowing the use of very small aperture antenna for both transmitting and receiving.



ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์  
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนักศึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาawan .....



#### ACKOWLEDGEMENT

I wish to extend my sincere gratitude to my thesis advisor, Dr.William W. Wu, for his initial idea for the research, and his suggestion throughout this research.

The generous support and encouragement received from my coadvisor, Dr.Prasit Prapinmongkolkarn, was a great help. I also would like to thank Dr.Prasit and the Department of Electrical Engineering, Chulalongkorn University, for making it possible for me to do the research away from the faculty.

I thank Joseph A. Bulko for his patient assistance in the typing and reading of the manuscript, and Bo Jia for plotting graphs.

I wish to thank Zonta International Foundation for partially supporting this research.

And finally, I wish to thank my parents for their love, encouragement, understanding and financial support over the years.



## TABLE OF CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT.....	iii
ACKNOWLEDGEMENT.....	v
LIST OF FIGURES.....	ix
LIST OF TABLES.....	xii
CHAPTER 1 INTRODUCTION.....	1
- Multiple Access Techniques.....	1
- Requirement of System with Very Small.....	4
Aperture Antennas	
- New Form of Random Multiple Access.....	5
Technique	
CHAPTER 2 CODE SEQUENCES FOR RANDOM MULTIPLE ACCESS.....	8
- Introduction.....	8
- Difference Sets.....	9
A) Sequences Generated from {Dp}.....	10
B) Sequences Generated from {De}.....	11
- Usable Sequences.....	12
- Other Parameters.....	16

	PAGE
CHAPTER 3 SYSTEM MODEL AND SYSTEM ANALYSIS.....	19
- Introduction.....	19
- RMA System Model.....	21
- An Example of RMA System.....	24
- Generalized RMA System Analysis.....	29
CHAPTER 4 SYSTEM PERFORMANCE AND SYSTEM DESIGN.....	41
- Introduction.....	41
- Approximation of the Average.....	42
Signal-to-Noise Ratio	
- Probability of Error of RMA System.....	47
- Numerical Result of the Probability of Error	50
- Preliminary System Design.....	52
- Examples of Link Budget for Very Small.....	57
Aperture Antennas	
CHAPTER 5 CONCLUSION.....	62
REFERENCES.....	65
APPENDIX A TABLE OF PROJECTIVE GEOMETRY DIFFERENCE SETS...	68
APPENDIX B CODE SEQUENCES CONSTRUCTED FROM SOME.....	70
DIFFERENCE SETS	

	PAGE
B.1 Sequences from PG Sets.....	70
B.2 Sequences from a EG Set.....	72
APPENDIX C DERIVATION OF EQUATIONS.....	74
C.1 Derivation of Equation (3-7).....	74
C.2 Derivation of Equation (3-15).....	81
C.3 Derivation of Equation (3-16).....	82
APPENDIX D PROBABILITY OF ERROR AS A FUNCTION.....	83
OF SIGNAL-TO-NOISE RATIO	
APPENDIX E PROBABILITY OF ERROR AS A FUNCTION.....	86
OF NUMBER OF SIMULTANEOUS USERS	
BIBLIOGRAPHY.....	130

ศูนย์วิทยบรังษยการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## LIST OF FIGURES

	PAGE
Figure 3.1 RMA System Model.....	39
Figure 3.2 12 Users RMA Transmission System.....	40
Figure D.1 Pe as a Function of SNR.....	85
Figure E.1 Pe as a Function of c for Different M.....	87
$((E_b/N_o)_{th.} = 0.2 \text{ dB}, y=0.2, T_d=M)$	
Given M = 289, 169, 127, 107, 97, and 59	
Figure E.2 Pe as a Function of c for Different M.....	88
$((E_b/N_o)_{th.} = 1 \text{ dB}, y=0.2, T_d=M )$	
Given M = 289, 169, 127, and 107	
Figure E.3 Pe as a Function of c for Different M.....	89
$((E_b/N_o)_{th.} = 0.2 \text{ dB}, y=0.4, T_d=M )$	
Given M = 289, 169, 127, and 107	
Figure E.4 Pe as a Function of c for Different $(E_b/N_o)_{th.}$	90
$(y=0.2, M=289, T_d=M )$	
Given $(E_b/N_o)_{th.} = 0.2, \text{ and } 1 \text{ dB}$	

Figure E.5 Pe as a Function of c for Different y.....91

$$\left( \left( \frac{E_b}{N_o} \right)_{th.} = 0.2 \text{ dB}, T_d = M, M = 289 \right)$$

Given y = 0.2, and 0.4

Figure E.6 Pe as a Function of c for Different  $(E_b/N_o)_{th.}$ . 92

$$\left( y = 0.2, M = 169, T_d = M \right)$$

Given  $(E_b/N_o)_{th.} = 0.2$ , and 1 dB

Figure E.7 Pe as a Function of c for Different y.....93

$$\left( \left( \frac{E_b}{N_o} \right)_{th.} = 0.2 \text{ dB}, T_d = M, M = 169 \right)$$

Given y = 0.2, and 0.4

Figure E.8 Pe as a Function of c for Different  $(E_b/N_o)_{th.}$ . 94

$$\left( y = 0.4, M = 127, T_d = M \right)$$

Given  $(E_b/N_o)_{th.} = 0.2$ , and 1 dB

Figure E.9 Pe as a Function of c for Different y.....95

$$\left( \left( \frac{E_b}{N_o} \right)_{th.} = 0.2 \text{ dB}, T_d = M, M = 127 \right)$$

Given y = 0.2, and 0.4

Figure E.10 Pe as a Function of c for Different  $(E_b/N_o)_{th.}$ . 96

$$\left( y = 0.2, M = 107, T_d = M \right)$$

Given  $(E_b/N_o)_{th.} = 0.2$ , and 1 dB

Figure E.11 Pe as a Function of c for Different y.....97

$$\left( \left( E_b/N_o \right)_{th.} = 0.2 \text{ dB}, T_d = M, M = 107 \right)$$

Given y = 0.2, and 0.4

Figure E.12 Pe as a Function of c for Different Td.....98

$$\left( y = 0.2, M = 169, \left( E_b/N_o \right)_{th.} = 1 \text{ dB} \right)$$

Given Td = M, and M/2

ศูนย์วิทยบรังษยการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## LIST OF TABLES

	PAGE
Table 2.1 Number of Symbols and Sequences for.....	15
Sequence Length from 3 to 98	
Table 3.1 Sequence from EG set $\{D_e\} = \{1, 6, 7\}$ .....	25
Table 3.2 Time-Frequency Matrix, $T_d = 3, F = 3$ .....	25
Table 4.1 Total Number of Users for Each.....	52
Sequence Length	
Table 4.2 Pe for Different Sequence Length.....	53
When Number of Simultaneous User is Fixed	
( $c=25$ ), and $T_d=M$	
Table 4.3 Pe for Different System Size.....	54
When $c$ is a Fixed Percentage of Total User	
( $c = 0.001\% \text{ of } L$ ), and $T_d=M$	
Table 4.4 Pe for Different Cochannel Symbols.....	56
( $M=169$ )	
Table 4.5 Maximum Number of Simultaneous Users.....	57
for Different Sequence Length	
When $Pe = 10^{-7}$ , and $T_d=M$	

	PAGE
Table 4.6 $(C/N_o)_{th}$ . Required for Different Bit Rate.....	61
Table A Table of Projective Geometry Difference Sets...	68
Table D.1 $P_e = Q(SNR)$ .....	83
Table E.1 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	99
$(E_b/N_o)_{th} = 0.2$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=289	
Table E.2 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	102
$(E_b/N_o)_{th} = 0.2$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=169	
Table E.3 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	104
$(E_b/N_o)_{th} = 0.2$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=127	
Table E.4 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	106
$(E_b/N_o)_{th} = 0.2$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=107	
Table E.5 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	108
$(E_b/N_o)_{th} = 0.2$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=97	
Table E.6 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	109
$(E_b/N_o)_{th} = 0.2$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=59	
Table E.7 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different.....	110
$(E_b/N_o)_{th} = 1$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=289	
Table E.8 $P_e$ , SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	113
$(E_b/N_o)_{th} = 1$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=169	

	PAGE
Table E.9 Pe, SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	115
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=127	
Table E.10 Pe, SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	117
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.2$ , $T_d=M$ ), Given M=107	
Table E.11 Pe, SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	119
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.4$ , $T_d=M$ ), Given M=289	
Table E.12 Pe, SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	122
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.4$ , $T_d=M$ ), Given M=169	
Table E.13 Pe, SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	124
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.4$ , $T_d=M$ ), Given M=127	
Table E.14 Pe, SNR, and $(E_b/N_o)_{MAI}$ for Different c.....	126
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.4$ , $T_d=M$ ), Given M=107	
Table E.15 Pe for Different c When $T_d = M/2$ .....	128
$(E_b/N_o)_{th.} = 1$ dB, $y=0.2$ ), Given M=169	