석 사 학 위 논 문
Master's Thesis

양자 통신의 근원적 이론과 응용

Theoretical Study on Quantum Communication with Some Applications

2020

박 상 우 (朴 相 禹 Park, Sangwoo)

한 국 과 학 기 술 원

Korea Advanced Institute of Science and Technology

석 사 학 위 논 문

양자 통신의 근원적 이론과 응용

2020

박 상 우

한 국 과 학 기 술 원

전산학부

양자 통신의 근원적 이론과 응용

박 상 우

위 논문은 한국과학기술원 석사학위논문으로
학위논문 심사위원회의 심사를 통과하였음

2020년 12월 5일

심사위원장 송 익 호 (인)

심 사 위 원 안 진 현 (인)

심 사 위 원 정 태 성 (인)

심 사 위 원 가 동 호 (인)

심 사 위 원 박 태 현 (인)

Theoretical Study on Quantum Communication with Some Applications

Sangwoo Park

Advisor: Iickho Song

A dissertation submitted to the faculty of
Korea Advanced Institute of Science and Technology in
partial fulfillment of the requirements for the degree of
Master of Science in Computer Science

Daejeon, Korea
December 5, 2020

Approved by

Iickho Song
Professor of Electrical Engineering

The study was conducted in accordance with Code of Research Ethics[1].

[1] Declaration of Ethical Conduct in Research: I, as a graduate student of Korea Advanced Institute of Science and Technology, hereby declare that I have not committed any act that may damage the credibility of my research. This includes, but is not limited to, falsification, thesis written by someone else, distortion of research findings, and plagiarism. I confirm that my thesis contains honest conclusions based on my own careful research under the guidance of my advisor.

MCS 박상우. 양자 통신의 근원적 이론과 응용. 전산학부 . 2020년. 8+iii 쪽. 지도교수: 송익호. (영문 논문)
Sangwoo Park. Theoretical Study on Quantum Communication with Some Applications. School of Computing . 2020. 8+iii pages. Advisor: Iickho Song. (Text in English)

초 록

이 논문에서는 부 쓰는이가 여러 안테나를 쓰는 협력 인지 무선통신망을 다루었다. 안테나 개수는 이제까지의 방법과 같도록 유지하면서 부 쓰는이가 다다를 수 있는 전송률을 높이는 방안을 제시하였다. 좀 더 자세히 말하면, 동시 송수신 안테나를 써서 부 쓰는이끼리 전 이중으로 신호를 주고받을 수 있게 하여 부 쓰는이가 다다를 수 있는 전송률을 높이는 방안을 제시하고 그 성능을 살펴보았다. 제안한 협력 인지 무선통신망이 나타내는 다다를 수 있는 전송률이 이제까지의 다른 협력 인지 무선통신망에서 얻을 수 있는 것과 견주어 꽤 높음을 해석적인 방법과 계산적인 방법으로 보였다.

핵 심 낱 말 인지 무선 통신, 협력 통신, 중계, 전 이중, 동시 송수신

Abstract

We address cooperative cognitive radio networks (CCRNs) with secondary users (SUs) exploiting multiple antennas. In order to expand the achievable rate region by enabling full-duplex communication between SUs, we adopt simultaneous transmitting and receiving antennas for the SUs. The link capacities of the proposed framework are analyzed theoretically. It is shown through numerical analysis that the proposed framework can provide a considerable performance gain over the conventional CCRN framework.

Keywords Cognitive radio, cooperation communication, relay, full-duplex, simultaneous transmission and reception

Contents

List of Tables

List of Figures

Chapter 1. Introduction

Cognitive radio (CR), a key technology of resource-efficient wireless communications, can be employed to solve the problem of frequency resource shortage. However, due to the uncertainty of the secondary users' (SUs') usage of frequency band, the original CR has failed to gain sufficient interests. Recently, a new paradigm termed cooperative cognitive radio networks (CCRNs) has been proposed [1]-[3]...

There ...

Chapter 2. Related Works and Contributions of this Dissertation

2.1 Quantum Communication

There have been extensive studies on cognitive radio in recent years. To enhance the performance gain of original cognitive radio networks (CRNs), leveraging cooperative diversity has attracted a lot of attention [4]...

2.1.1 Examples

2.2 Applications of Quantum Communication

Despite its potential to improve the throughput, spatial domain diversity was not fully considered in the studies of original CCRNs. Utilizing the spatial domain for the communications, the concept of MIMO has been adopted in many cases to increase the wireless capacity [5, 6]...

Chapter 3. Proposed Architecture and Its Application

3.1 Proposed Architecture

Let us consider an MIMO-CCRN with one PL and one SL. Each PU has one legacy antenna and each SU has two STAR antennas. The duration of one communication time frame is divided into two phases [7, 8] ...

3.2 Application

The achievable rates can be calculated by finding the statistics of the five signals transmitted that maximize the mutual information between $s_{t,XY}$ and $y_{t,XY}$ for $(X, Y) = (T, C), (C, N)$, and (N, C) when $t = 1$, and $(X, Y) = (C, R), (C, N)$, and (N, C) when $t = 2$ [9, 10]...

Table 3.1: Energy stability E (eV) per molecule of all meta-stable isomer states of C_{60} opening process for forming the (5,5) cap. In the SW-I and SW-II, both ferromagnetic (Ferro) and paramagnetic (Para) spin configurations are obtained, whereas only non-magnetic configuration is obtained in the BF, SW-III, and CAP(5,5). M is total magnetization n_{up}-n_{down} in unit of μ_B, where $n_{\text{up(down)}}$ is the number of up (down) spins.

	BF	SW-I		SW-II		SW-III	CAP
		Para	Ferro	Para	Ferro		
E (eV)	0	7.796	7.832	10.418	10.408	11.5	13.2
M (μ_B)	0	0	1.94	0	2.06	0	0

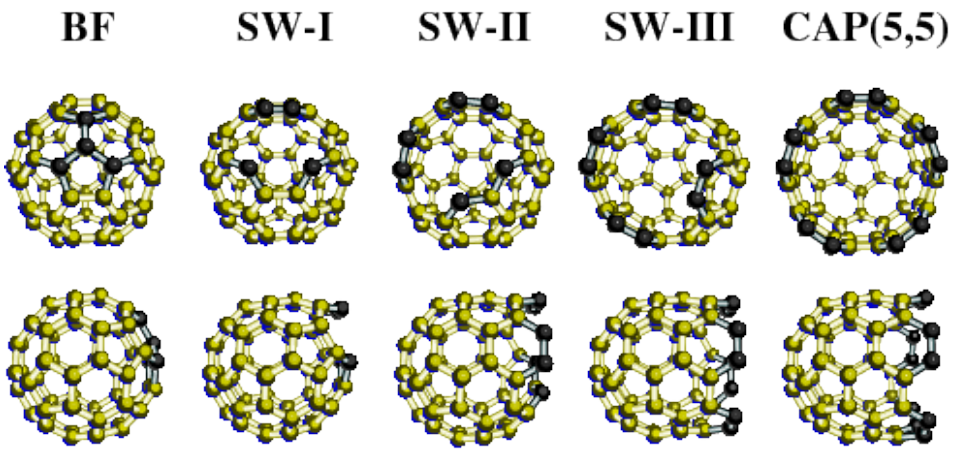

Figure 3.1: Ball-and-stick models of meta-stable isomers in cage opening process from a C_{60} buckminsterfullerene to a (5,5) capsule. We name them BF and CAP(5,5). Depending on the number of the Stone-Wales (SW) transformation, we call the intermediate isomers with SW-I, SW-II, and SW-III. Highlighted atoms are undercoordinated except BF.

Chapter 4. Concluding Remark

We have proposed a novel FD MIMO-CCRN framework providing a reasonable performance improvement compared with the conventional MIMO-CCRN framework...

Bibliography

[1] 박상우, 동시 송수신 안테나를 두 개 쓰는 협력 인지 무선통신망에 알맞은 전 이중 통신, 한국과학기술원 석사 학위 논문, 2016.

[2] 송익호, 박철훈, 김광순, 박소령, 확률변수와 확률과정, 자유아카데미, 2014.

[3] 송익호, 안태훈, 민황기, 인지 무선에서의 광대역 주파수 검출 방법 및 장치, 특허등록번호 10-1494966, 2015년 2월 12일.

[4] 호우위시, 이원주, 이승원, 안태훈, 이선영, 민황기, 송익호, "선형 판별 분석에서 부류안 분산 행렬의 영공간 재공식화," 한국통신학회 2012년도 추계종합학술발표회, 대한민국 고려대학교, 242-243쪽, 2012년 11월.

[5] 민황기, 안태훈, 이승원, 이성로, 송익호, "비간섭 전력 부하 감시용 고차 적률 특징을 갖는 전력 신호 인식," 한국통신학회논문지, 제39C권, 제7호, 608-614쪽, 2014년 7월.

[6] S. Park, *Full-Duplex Communication for Cooperative Cognitive Radio Networks with Two Simultaneous Transmit and Receive Antennas*, Master Thesis, Korea Adv. Inst. Science, Techn., Daejeon, Republic of Korea, 2016.

[7] I. Song, J. Bae, and S. Y. Kim, *Advanced Theory of Signal Detection: Weak Signal Detection in Generalized Observations*, Springer-Verlag, 2002.

[8] I. Song, T. An, and J. Oh, *Near ML decoding method based on metric-first search and branch length threshold,* registration no. US 8018828 B2, Sep. 13, 2011, USA.

[9] H.-K. Min, T. An, S. Lee, and I. Song, "Non-intrusive appliance load monitoring with feature extraction from higher order moments," in *Proc. 6th IEEE Int. Conf. Service Oriented Computing, Appl.,* Kauai, HI, USA, pp. 348-350, Dec. 2013.

[10] I. Song and S. Lee, "Explicit formulae for product moments of multivariate Gaussian random variables," *Statistics, Probability Lett.,* vol. 100, pp. 27-34, May 2015.

Acknowledgments in Korean

언제나 저를 바른 길로 이끌어 주시는 송익호 교수님께 큰 고마움을 느낍니다. 끝으로 오늘의 제가 있을 수 있도록 사랑으로 키워 주신 가족들에게 감사드립니다. 저의 이 작은 결실이 그분들께 조금이나마 보답이 되기를 바랍니다.

Curriculum Vitae in Korean

이　　름: 박 상 우
생 년 월 일: 19xx년 xx월 xx일
출　생　지: ...
주　　소: ...

학　　력

2008. 3. – 2010. 2.　고등학교 (2년 수료)

2010. 2. – 2014. 2.　한국과학기술원 물리학과 (학사)

2014. 3. – 2016. 2.　한국과학기술원 전기및전자공학부 (석사)

경　　력

2015. 3. – 2016. 2.　한국과학기술원 전기및전자공학부 조교

연 구 업 적

1. H.-K. Min, Y. Hou, **S. Park**, and I. Song, "A computationally efficient scheme for feature extraction with kernel discriminant analysis," *Patt. Recogn.*, vol. 50, no. 2, pp. 45-55, Feb. 2016 (to be published).