The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 17, No. 4, pp.95-106, Aug. 31, 2017. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.4.95
JIIBC 2017-4-12

8卦(Trigram)를 이용한 위상간섭 제거

Topological Interference Management via 8 Trigram

이문호*

Moon Ho Lee*

요 약 본 논문에서는 8 卦와 같은 제안한 네트워크 토폴로지를 이용하여 기존의 간섭 제거에 대해 서술한다. 전송 신호의 할당 제어를 통해 간섭할당 방법을 적절히 선택함으로서 다른 동기시간에 최적의 대칭 DoF가 달성될 수 있다는 점을 중요하게 서술한다. 그러나 이 결과 복잡한 문제가 발생되는데 간섭제거 및 반복 코딩과 같은 다른 방법을 혼합하여 사용하는 문제 때문이다. 이 방법에 덧붙여 최적의 DoF를 달성하기 위해 8 user 네트워크를 위한 TTC(triangular transmit cooperation) 알고리즘을 제안한다. 또한 8 卦의 상보성원리를 위상 간섭제거에 응용했다. 상생과 상극개념을 송신과 수신의 직접신호와 간섭신호에 대응시켰다. 상보성 원리를 易(I Ching)의 卦에서 뿌리를 찾았다. 즉 對와 待이다. 서로 대립하면서도 서로의 공존관계를 8개의 송··수신단에 적용한 결과 대칭 DoF는 4/3 였다.

Abstract In this paper, we investigate the conventional topological interference management (TIM) with proposed network topology such as 8 trigram (8 user networks). The key observation is that optimal symmetric degree of freedom (DoF) can be achieved for 8 user network with different channel coherence times by adaptively selecting the interference alignment scheme via controlling the alignment feasibility of the transmitted signals. However, this yields a very complex problem, for which we use the combination of different schemes such as interference avoidance and repetition coding. In addition to the above schemes, we propose a triangular transmit cooperation (TTC) algorithm for 8 user networks to achieve the optimal symmetric DoF. And We apply the principle of complementarity of 8 trigram to remove the interferences, and correspond the concepts of win-win and conflict to direct and indirect signals of transmit and receive respectively. We find that the principle of complementarity comes out from the trigram of I Ching. That is, we apply the relation of confrontation and coexistence to 8 transmitters and receivers, and get the results of symmetric DoF of 4/3.

Key Words : 8 Trigram, DoF, Topological Interference Management, Triangular Transmit Cooperation.

Ⅰ. 서 론

상생(相生)과 상극(相剋)(상보성원리 : 相補性原理)는 5행과 周易에서 볼 수 있다. 본 논문은 易의 하드웨어인 錠木(2^3=8개)에 기반한 이동통신의 위상간섭제거 방식을 제안한다. Niels Bohr(1885~1963 : 1922년 노벨상 수상)가 상보성원리를 발표하였다. 즉 반대되는 것은 서로 보완적이다("Contraria Sunt Complement")라는 라틴어 구호 아래 음과 양이 서로 맞물려 있는 태극과 易, 그 예를 서울대 이충웅 명예교수는 다음과 같이 서술하고 있다[1].

사람이나 짐승이 몹시 무서워(恐 : 水) 놀라면 신장(腎臟 : 水)에 충격이 가해져 소변이 나온다. 아주 크게 놀라면(恐 : 水) 심장(心臟 : 火)이 멎는다. 즉 물이 불을 끄는 원리와 같다. 또 네발달린 동물(走類)은 목성(木性)이므

*정회원, 전북대학교 전자정보공학부(교신저자)
접수일자: 2017년 7월 24일, 수정완료: 2017년 8월 5일
게재확정일자: 2017년 8월 11일

Received: 24 July, 2017 / Revised: 5 August, 2017 /
Accepted: 11 August, 2017
*Corresponding Author: moonho@jbnu.ac.kr
Dept: Division of Electronic Engineering, Chonbuk National University, Korea

로 간이 크고 잘 노(怒 : 木)하여 큰 소리를 낸다. 날짐승(飛類)은 화성((火性)이므로 희정(喜情)이 많아 잘 지저귀며, 심장(心臟 : 火)이 크게 발달되었다.

이 오행의 사상은 조선시대 때 서울에 도성(都城)을 쌓고 동서남북으로 4대문을 내고 문 이름을 지을 때도 응용되었다. 즉 동쪽(東 : 木)은 인(仁 : 木)이니 동대문을 흥인지문(興仁之門)이라 하였다. 여기서 지(之)를 넣은 것은 임진왜란 이후이며, 지(之)를 넣게 된 이유는 지자(之字)가 곡성(曲城)을 의미하며, 지자가 추가되어 동쪽의 방비(防備)를 실하게 한다고 보기 때문이다.

그리고 서쪽(西 : 金)은 의(義 :金)이므로 서대문을 돈의문(敦義門), 남쪽(火)은 예(禮 : 火)이니 남대문을 숭례문(崇禮門), 북쪽(水)은 지(智 : 水)이므로 북문을 홍지문(弘智門)이라고 칭하게 되었다.

특히 남대문을 숭례문((崇禮門)이라 한 것은 무학대사가 관악산을 안산(案山)으로 삼으면, 관악산이 화국(火局)이라 궁궐에 세 번이나 큰 화재가 있다고 하였으므로 남쪽의 火에 崇禮의 火를 겹치게 함으로써 관악산의 화기를 불로써 막자는 뜻이 있었다. 그런데 숭례문의 현판을 세로로 써 붙인 것은 불은 밑에서 위로 올라붙으므로 화를 세게 하기 위해서이다.

그런데 서울 도성(都城)에 동서남북의 사대문을 세워 인의예지(仁義禮智)를 붙였으나 대문이 네 개밖에 없어서 신(信 : 土)을 붙일 곳이 없었다. 그리하여 생각해 낸 것이 신(土)은 중앙이기도 하므로 도성의 중앙에 큰 종각을 세워 믿음(信)을 널리 보급한다는 뜻으로 보신각(普信閣)이라는 이름을 붙였다. 이 보신각의 범종(梵鐘)을 우렁차게 울려 아침, 저녁으로 인경을 알리고 또한 나라에 큰 경사나 큰 일이 생겼을 때 알리는 목적으로 사용하였다.

그러면 오행을 현재 우리가 살고 있는 현실에 적용해 보는 예를 생각해 보기로 한다.

중국 땅 특히 만주에서는 냉수를 마시면 즉각 배탈이 난다. 일제시대에 70만 일본 관동군이 소련을 독일과 같이 협공하기 위해 만주에 주둔하였었다. 관동군의 군인들이 만주의 물이 나쁜 관계로 물을 마시기만 하면 배탈이 나는 것이었다. 일제는 이것을 심각하게 생각하여 정로환(征露丸)이라는 약효가 좋은 위장약을 개발하였다. 정로환이라는 의미는 러시아를 정복하는 약이라는 뜻이다.

일본은 2차 대전에서 패망한 후 이 약명의 '정복할 정'(征)자를 '바를 정'(正)자로 고쳤다. 다시 말해서 약명을 정로한(正露丸)으로 고쳐 오늘날에도 중국 및 한국 등에 대량 수출하고 있다.

물을 오행으로 보면 水이고 석유는 火이다. 水와 火는 상극이다. 물과 불이 같이 있을 수 없다는 것이 순리이다. 따라서 물맛이 좋은 한반도에는 석유가 있을 리가 없다. 수질이 아주 나쁜 만주에는 석유가 많으며, 중국의 전생산량의 반이 나온다. 그러므로 석유는 수질이 나빠 냉수를 마실 수 없는 곳에나 물이 아주 귀한 사우디 같은 지역에서 더 많이 나오는 것은 너무나 당연한 일이다.

만일에 일본의 도조(東條英機)가 周易의 원리로 볼 때 만주에 석유매장량이 많다는 것을 알았다면, 유전을 확보하기 위하여 무리하게 남방으로 인도네시아, 보르네오, 수마트라, 필리핀, 말레이반도를 침공하여 자살행위적인 태평양전쟁을 일으키지 않았을 것이다. 일본이 만주를 개발하고 태평양전쟁을 일으키지 않았더라면 오늘날의 세계정세는 달라졌을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 易의 뿌리에 대해 서술하고, Ⅲ장에서는 8 卦에 기반한 위상간섭 제거에 대해 서술하며, Ⅳ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 易의 相補性[4]

易이란 한마디로 對 와 待이다. 서로 대립하면서도 서로 의존하는 관계, 서로 반대되는 상대가 존재해야 비로소 자신이 존재할 수 있는 관계, 서로를 품은 관계 등이다. 그림 1에 보인 것처럼 易에서 효(爻)는 門이 열린 것인 음효(陰爻) --와 門이 닫힌 양효(陽爻) ―로 나누어진다. 바로 --은 0, ―는 1이니 ♂→ ⊔ →1, ♀→ ⊓ → 0으로 디지털 2진법은 여기서 시작된다.

디지털 2진법은 컴퓨터나 디지털 시스템에 필수적으로 사용되는 수의 체계이다. 즉, 줄여서 2진법이라 함은 단지 2개의 기본 기호를 사용하는 부호인데 2개의 디지트는 A, B나 ・와 ― 또는 흔히 쓰는 0과 1처럼, 뚜렷이 구분할 수만 있으면 된다.

성 심볼	⊓	⊔
암톨쩌귀 숫돌쩌귀 심볼	♀	♂
스위치	--	―
디지털	0	1

그림 1. 이진 신호와 성심볼 비교
Fig. 1. Comparison of binary signal and sex symbol.

표 1에 보인 봐와 같이 1은 門의 닫힘(—)이고 0은 門의 열림(--)이다.

표 1. 門 과 2진 디지트
Table 1. Door and binary digit.

門	易	성 표시	기호
열림(OFF)	--	-- : 우	0
닫힘(ON)	—	— : 坎	1

10진법은 구조적이고 2진법은 논리적이다. 무엇이 '數'이고, 무엇이 '1'이고, 무엇이 '0'인가에 대해서 엄격한 설명을 하는 사람은 적고, 정의를 내릴 수 있는 사람은 더욱 적다. 자연수의 기원은 사람의 열 개의 손가락과 관계가 있는 것으로 알려져 있고, 열 개의 손가락의 장단은 다르지만, 양손의 손가락이 각기 두 개씩 대를 이루고, 그 짝이 다섯 개 있다는 것을 깨달으면, 즉 2진법이 된다.

시계(Watch)는 60진법이지만, 고대에는 16진법이란 것으로 子丑寅卯……의 12支에 의한 12진법 등이 있었다. 판별하기는 어려우나 2진법은 다른 자리 기수법의 기초라고 생각할 수가 있다. 어떠한 수도 1을 더해 감으로써 얻을 수 있다.

고대인은 무한하게 존재하는 자연수 가운데서 奇數(Odd number)와 偶數(Even number)라는 두 가지 기본 성질을 추출했다. 이것은 인식론상의 비약이고, 중국의 독창적 창조이기도 하다. <易>의 象·數·理는 통일적인 것이다. 象에 대해서 말하자면 —과 --이고, 數에 대해서 말하자면 奇와 偶이고, 理에 대해서 말하자면 양과 음이다. 이들은 삼위일체의 관념으로서 易수이론의 기반을 구성한다.

기우수의 법칙은 만사만물의 속성을 표현할 수 있는 것이다. 뿐만 아니라 어떤 일정한 조건하에서 상호가 전화한다. 즉 기수 ±1=우수, 우수 ±1=기수가 된다. 기우수 법칙의 상호전화는 자연수의 무한수열을 구성한다. 대립물 통일의 법칙, 부정의 부정, 양적인 것으로부터 질적인 것에 이르는 변화는 모두가 기우수의 법칙에 내포된다. 8 卦는 기우수 가운데서 조합을 취한 것이다. 예컨대 원소를 m으로 하고 次數를 n으로 하면, 64 卦의 조합식은 $m^n = 2^6 = 64$가 되고, 그 정보량은 對數를 취하여 $I = \log_2 2^6 = 6$(爻)이 된다(효가 6인 이유이다. 예, ䷀ ䷁ 정낭을 중첩시켰다).

유럽의 아브라함 벤 에즈라(Abraham ben Ezra, 1140년) 이전, 인도의 바스카라 2세(Bhaskara Ⅱ, 1150年, [1113(4)~?]) 이전에는 이 방면에서의 발견은 드물었고, 15세기 말의 이탈리아의 파치오리(L. Pacioli, 1445~1517)의 시대가 되어서 처음으로 순열조합의 문제가 참된 의미에서 진보를 하기 시작한다. 1713년이 되어서 겨우 야콥 베르누이(J. Bernoulli, 1654~1705)의 『推論法』(Ars conjectandi)이 세상에 출판되었는데 이 책이 이 분야의 최초의 저작이었다.

易數의 奇數는 등차급수(산술급수)가 된다. 易數는 1이 나누어져 2가 되고, 2가 나누어져 4가 되며, 4가 나누어져 8이 되고, 8이 나누어져 16이 되며, 16이 나누어져 32가 되고, 32가 나누어져 64가 된다. 즉 이것은 등비급수(기하급수)이다. 이상은 매크로(macro)의 현상이다[2].

마이크로(micro)의 현상은 '1尺의 막대기를 매일 반으로 쪼개어 가면 영구히 끝남이 없다'는 명제에 의해서, '極限' 개념 아래서 물질을 무한하게 분할하는 사상을 나타내고 있다.

마이크로에서 매크로에 이르는 급수는 다음과 같다.

$$0 \leftarrow \frac{1}{M} \cdots\cdots \frac{1}{64}, \frac{1}{32}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, \cdots\cdots M \rightarrow \infty \quad (1)$$

$$-N \cdots\cdots -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, \cdots\cdots 1, 2, 3, 4, 5, 6, \cdots\cdots N \quad (2)$$

위의 2열의 숫자를 고찰하면, 上列은 급수이고 下列은 대수로 되어있다. 예컨대 $\log_2 \frac{1}{8} = -3$, $\log_2 64 = 6$으로 되는 것이다. 易數와 대수의 관계는 정보 이론(Information Theory)에서 응용되고 있다. $0 \sim \infty$ 의 사이에서 마이크로로부터 매크로의 세계에 이르기까지 모두 '1이 나누어져 2가 된다'는 법칙에 따르고, 나아가 우주생성론으로 발전한다. 동서고금의 많은 학자들로 하여금 그 한 가지 神授 아래 전도시키고, 거기서 우주 진화의 깊은 뜻을 발견하고, 수학의 진리가 내놓는 光芒을 會得케 하는 것이다.

인도 불교의 創世의 중심인 베나레스[Benares, (바라나시, Varanasi) 갠지즈강 중류 좌안의 도시]의 聖廟에는 梵天搭에 안치된 세 개의 寶針이 있다. 그 위에는 대소 64의 금편(金片)이 놓여있고, 이들 금편을 다른 針 위로 순차 이동시켜 간다. 이것은 창세기와 관련 지워진다. 거기에 사용된 易卦와 같은 '64'라는 基數는, 인류공통의 극

한심리이고 그것이 종교의 기원에 있어서 공통되는 사상적 기초로 되어 있는 것으로 알려지고 있다.

금편의 이동 차수는 다음과 같다.

$$2^0+2^1+2^2+\cdots+2^{63}=\frac{2^{64}-1}{2-1}=2^{64}-1 \qquad (3)$$

효(孝)와 권(權)은 <易>과 컴퓨터의 총칭이다. 하나는 縱式이고, 하나는 橫式이다.

'1이 나누어져 2가 된다'는 법칙에 의해서 宋代의 수학자 매헌(賣憲)과 양휘(楊輝)가 잇달아 '開方作法本源圖'를 작성했다(楊輝『詳解九章算法』 小廣章 참조). 그것이 유명한 楊輝의 삼각형, 즉 2항 정리이다. 楊輝의 삼각형은 '周易의 삼각형'이다. 대수식으로서 8 卦에 배당하면 다음과 같이 된다.

$$(a+b)^2=a^2+2ab+b^2$$

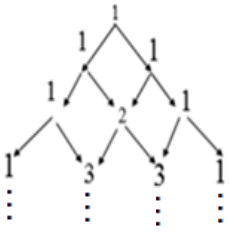
$(a+b)^1=a+b$ 兩儀=1+1=2

$(a+b)^2=a^2+2ab+b^2$ 四象=1+2+1=4

$(a+b)^3=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$ 八卦=1+3+3+1=8

楊輝의 삼각형은 太極-兩儀-四象-八卦[周易의 삼각형]이 뿌리이다. 이것은 '1이 나누어져 2가 된다'는 급수의 다른 표현방식이고, 피라밋형의 등비급수의 네트워크 구조를 나타내고 있다.

2항계수 삼각형도

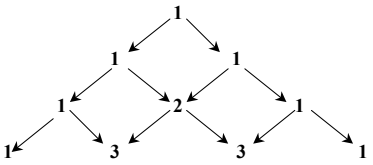


파스칼 삼각형

▶ 수식적인 증명

파스칼의 삼각형

$$nC_r=\binom{n}{r}=\frac{n!}{r!(n-r)!} \qquad (4)$$



:

n=0 일 때 $(a+b)^0$의 계수

n=1 일 때 $(a+b)^1$의 계수

n=2 일 때 $(a+b)^2$의 계수

n=3 일 때 $(a+b)^3$의 계수

⋮

$$(a+b)^n=\sum_{r=0}^{n}nC_r a^{n-r}b^r$$
$$=nC_0a^n+nC_1a^{n-1}b+nC_2a^{n-2}b^2+\cdots+nC_ra^{n-r}b^r+\cdots+nC_nb^n \qquad (5)$$

그러면 a=1이고 b=x인 경우는

$$(1+x)^n=\sum_{r=0}^{n}nC_rx^r=nC_0+nC_1+\cdots+nC_nx^n \qquad (6)$$

x=1인 경우,

$$\sum_{r=0}^{n}nC_r=2^n=\sum_{r=0}^{n}\binom{n}{r} \qquad (7)$$

■

▶ 수식적인 증명

우주 전체 ; $\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4},\frac{1}{8},\frac{1}{16},\cdots\cdots\rightarrow 0$ (8)

$\Rightarrow S=\frac{a}{1-r}=\frac{1/2}{1-1/2}=1$ (우주전체는 1이다) (9)

그러면, 오늘날 컴퓨터, 디지털 통신 등 정보 통신공학에 유익하게 쓰이는 2진법은 어디서 왔을까? 2진법은 독일 철학자 이자 수학자 라이프니츠(1646- 1716)가 창시

자이다. 2진법은 한 마디로 동양철학의 음양 사상에서 비롯된다. 우리가 결혼을 하면 그림 2와 같이 아들도 낳고, 딸도 낳듯이 2진법에서도 0과 1의 두 가지로만 자기 복제(self division making)되면서 분해, 전개된다. 그림 3은 수의 복제 그림 4는 음양의 복제를 보이고 있다. 표 2는 8 卦와 2진수의 관계를 보이고, 그림 5는 제주 지방의 정낭 패턴과 8 卦 패턴을 나타내고 있다.

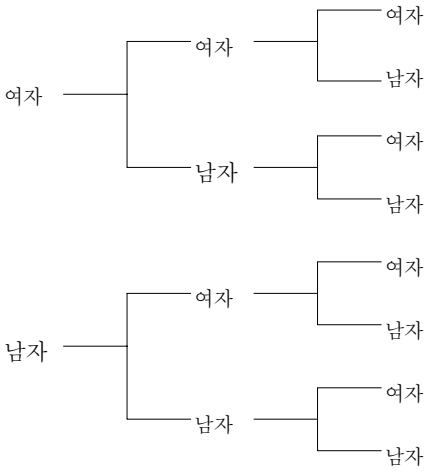


그림 2. 사람의 자기 복제
Fig. 2. Human self division making.

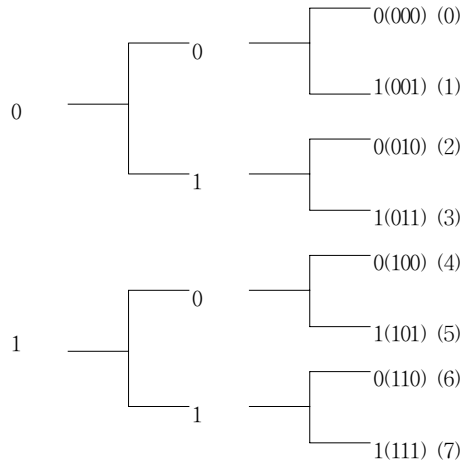


그림 3. 수의 자기 복제
Fig. 3. Number self division making.

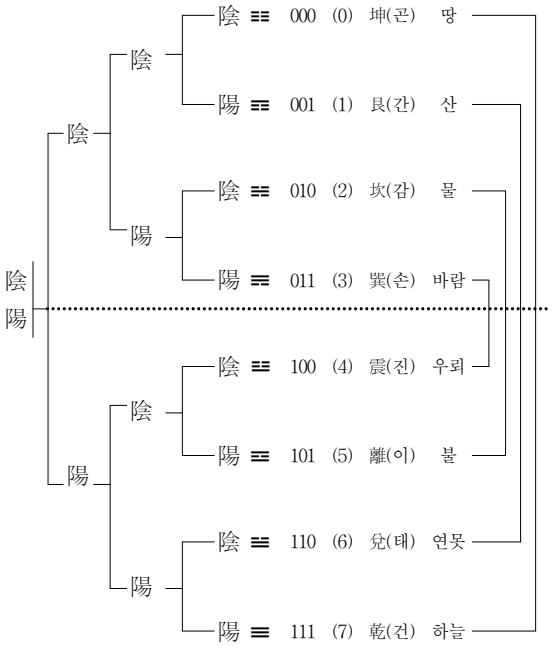


그림 4. 음양 복제 : 불(2)과 물(5)에서 보듯이 서로 반대되는 것은 보완적임
Fig. 4. Ying and Yang self division making : each opposite trigram is also complementary as fire(2) and water(5) are complementary.

표 2. 8 卦와 2진수
Table 2. Trigram and binary.

八卦와 2진수					
	--	⚊			
	(陰)	(陽)			[兩儀]
	0	1			
	䷁	䷗	䷜	䷊	
	(太陰)	(少陽)	(少陰)	(太陽)	
二進法	00	01	10	11	[四象]
十進法	0	1	2	3	
	☷	☶	☵	☴	
	(坤)	(艮)	(坎)	(巽)	
二進法	000	001	010	011	
十進法	0	1	2	3	
	☳	☲	☱	☰	
	(震)	(離)	(兌)	(乾)	
二進法	100	101	110	111	
十進法	4	5	6	7	
	䷲	䷿	䷋	䷀	
	姤	復	否	泰	[六十四卦]
二進法	011111	100000	000111	111000	
十進法	31	32	7	56	

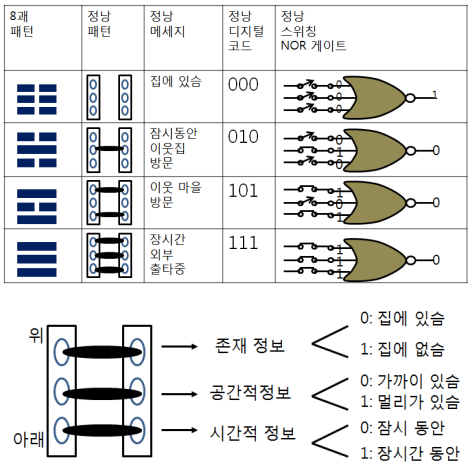


그림 5. 제주 지방의 정낭 패턴과 8 卦 패턴
Fig. 5. Jong Nang pattern of Jeju province and part of 8 signs of divination.

2진법에서는 Bit(Binary Digit)를 쓰는데, 1Bit는 (2^1)이고, 2Bit는 (2^2)이고, 3Bit는 (2^3)으로 다음 표와 같다. 표 3에서 易을 bit와 심볼로 표시했고 표 4에서 십진수와 2진수의 관계를 나타냈다.

한가지 유의할 사실은 2진법을 디지털 易 심볼로 표시했을 때 <위에서 밑으로 보는 것>과 <밑에서 위로 보는 것>을 비교해 보면 Bit가 서로 바뀌어 (Bit reverse) 나타난다. 이 말은 수의 비트가 같으면 그대로 놔두고 비트가 서로 다르면 비트의 순서를 바꾸는 것이다.

즉, 표 3과 정낭을 비교해보면, 정낭은 집에 사람이 있으면 000, 잠시 외출중이면 010, 이웃 마을에 출타중이면 101, 멀리 출타중이면 111 등으로 易과 정낭과의 관계를 알 수 있다.

00 → 00
01 → 10
10 → 01
11 → 11 ,

000 → 000
001 → 100
010 → 010
011 → 110
100 → 001
101 → 101
110 → 011
111 → 111

표 3. Bit와 易 심볼 표시
Table 3. Symbols expression of Bits and I Ching.

兩儀			四象			八卦		
0	陰	--	00	太陰	==	000	坤(곤)	☷
1	陽	—	01	小陽	==	001	艮(간)	☶
			10	小陰	==	010	坎(감)	☵
			11	太陽	==	011	巽(손)	☴
						100	震(신)	☳
						101	離(이)	☲
						110	兌(태)	☱
						111	乾(건)	☰

표 4. 십진수의 이진수 표시
Table 3. Binary expression of decimal.

십진수	이진수	비 고
1	0001	$0\times2^3+0\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=1$
2	0010	$0\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+0\times2^0=2$
3	0011	$0\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=3$
4	0100	$0\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+0\times2^0=4$
5	0101	$0\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=5$
6	0110	$0\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+0\times2^0=6$
7	0111	$0\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=7$
8	1000	$1\times2^3+0\times2^2+0\times2^1+0\times2^0=8$
9	1001	$1\times2^3+0\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=9$
10	1010	$1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+0\times2^0=10$

이것은 표 5와 같이 나타낼 수 있다.

표 5. 2 Bit와 심볼
Table 4. 2 Bit and symbol.

2Bit와 심볼			逆 2Bit와 심볼*		
0	00	-- ==	0	00	-- ==
1	01	— ==	2	10	-- ==
2	10	-- ==	1	01	— ==
3	11	==	3	11	==

* Bit가 다를 때 순서를 바꿈. 마치 우리가 서서(立) 세상을 보는 것이 아니라 거꾸로 물구나무 서서 세상을 보는 이치.

표 6. 3 Bit와 심볼
Table 5. 3 Bit and symbol.

3Bit와 심볼			逆 3Bit와 심볼		
0	000	☷	0	000	☷
1	001	☳	4	100	☶
2	010	☵	2	010	☵
3	011	☱	6	110	☲
4	100	☶	1	001	☳
5	101	☲	5	101	☴
6	110	☴	3	011	☱
7	111	☰	7	111	☰

표 6에서 위에서 밑으로 볼 것인가?(↓) 밑에서 위로 볼 것인가?(↑) 세상을 보는 방법에 따라 수가 달라짐을 알 수 있다.

이것을 디지털 통신 신호 처리에서는 FFT(Fast Fourier Transform)라고 하는데, 1965년 미국인 쿨리(Cooley)와 터키(Tukey) 두 사람에 의해 창안된 고속 푸리에 변환으로, DFT (Discrete Fourier Transform)에 비트 리버스 (Bit Reverse : 예를 들어 10 → 01)를 취함으로써 계산의 중복 도를 감소시켜 고속으로 연산할 수 있게 한 것이다. 근본 이유는 2진수와 디지털 易이 자기 복제(2^1, 2^2, 2^3, …)를 해 나가면서 서로의 유사성(cross correlation)과 자기 유사성(self similarity)이 있으면서 중심을 축으로 하는 대칭(symmetric)을 이루기 때문이다. 세상에서 제일 아름다운 것은 장미꽃도 예쁜 여자 얼굴도 아닌 대칭이다.

한편, 2진법을 창시한 라이프니츠는 2진법의 뿌리가 되는 음양 이론이 중국에서 이미 오래 전부터 존재해온 사실을 알았는데, 중국에는 기독교가 보급되지 않음을 알고 당시 로마 법왕에게 "신은 무(0)에서 유(1)를 창조했습니다. 즉, 음에서 양을 창조했으므로 즉시 중국인을 개종시킬 수 있습니다. 좋은 선교사를 보내십시오."라고 편지를 썼다고 한다.

천지창조의 철학이 곧 음양설과 같다고 단정한 것이다. 그러나 易 철학은 무에서 유를 창조한 것으로 주장하지 않으며, 오히려 <현상>이 '기(氣)'의 변화로 음과 양으로 변화하는 과정에 있다.

유럽의 과학사상의 근본을 추적해보면 모두가 라이프니츠로 통한다는 것을 알 수 있다. 라이프니츠의 2진법 사상이 후에 불(George Boole, 1815~1864) 대수로 발전되고, 형식논리와 미적분 변화량이 통합되어, 그는 근대의 컴퓨터와 수리 논리학의 창시자가 되었다. 흥미 깊게도 라이프니츠의 2진법 사상은, 8 卦에서 계발(啓發)되었다.

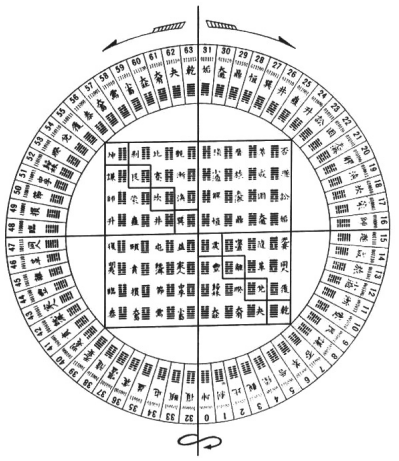


그림 6. 라이프니츠가 본 64 卦 방위도(숫자를 넣은 것은 라이프니츠에 의함)
Fig. 6. Leibniz's 64 trigram bearing chart (Numbers are defined by Leibniz).

라이프니츠는 1671년 그가 25세 때에 세계에서 처음으로 4칙 연산을 할 수 있는 계산기를 발명했다. 1684년 뉴턴(Newton)과 거의 동시에 독자적으로 미적분의 연구를 완성시켰고, 1701년에 강희제(康熙帝)의 측근으로 있던 프랑스의 예수회 선교사 부베(J. Bouvet, 백진(白晋,1656-1730)로부터의 편지에서 우연히 두 장의 태극도(太極圖)를 입수했다. 그리고 그림 6의 태극도(太極圖)의 64 卦의 배열이 바로 0에서 63에 이르는 2진법 수학이라는 것을 발견했다. 64 卦는 유전자의 염기서열과 대응시켜 표현하는 연구가 진행되고 있고, 그림 7은 8 卦와 DNA로 부울 대수와의 상관관계를 표시하고 있다.

8괘	상호관계	집합대수	컴퓨터 논리	DNA와 단백질
☰ 乾	실 개 념	전집합 I	On 1	+ 산 PH=7
☷ 坤	허 개 념	공집합 ϕ	Off 0	알칼리
☵ 既濟 ☲ 未濟	水火相濟 동일관계	화집합 ∪	and 게이트 論理和, 병렬	A = 7 C ≡ G
☰ 泰	乾坤交融 교차관계	적집합 ∩	on 게이트 論理積, 직렬	DNA 나선
☷ 否	乾坤不交 부정관계	보집합 →	not 게이트 否定, 反向	펩티드 결합 $NH_2^+-\underset{R}{\overset{H}{C}}-COOH^-$

그림 7. 8 卦, DNA와 컴퓨터 부울 대수의 상관 관계표
Fig. 7. 8 trigram, correlated table of DNA and computer Boolean algebra.

〈 예, 0과 63 〉*

䷀	=>	$0\times2^5+0\times2^4+0\times2^3+0\times2^2+0\times2^1+0\times2^0=1$
䷁	=>	$1\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=63$

* 0과 63, 땅과 하늘 : 상보성을 잘 나타내고 있다.

Ⅲ. 제안한 8 卦의 위상 간섭 제거

8 卦가 통신에 적용되는 것을 보면, 꼭지점 셋(set) 그래프는 같은 셋 내에서 두 개의 꼭지점이 서로 인접해 있지 않도록 세 개의 분리된 셋으로 나누어져있다. 8 卦 사이에는 삼각 협력을 통해 전송을 실현한다. 예를 들면 그림 8에서 卦 2(水:물)와 5(火:불)는 卦 0을 돕기 위해 서로 협력하고, 반대로 卦 0 또한 卦 2와 5를 위해 협력한다.

그림 8 (a)에서 (8,3) 정규 네트워크는 K-셀 네트워크로서, 각 수신기는 인덱스(index) 번호가 같은 송신기뿐 아니라 대칭 TTC (triangular transmit cooperation) 협력을 갖는 수신기로부터 신호를 수신한다. 예를 들어, {0, 2, 5}가 이루는 삼각 셀에서 송신기 5와 2는 수신기 0에 협력한다. 이와 같은 패턴이 모든 다른 수신기에 적용되며, 각 수신기 R_n 역시 대칭협력 인덱스가 같은 송신기와 다른 두 송신기로부터 대칭 협력을 받는다. 송신기 셋 T_m 과 수신기 셋 R_n 은 네트워크 토폴로지에서 얻을 수 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

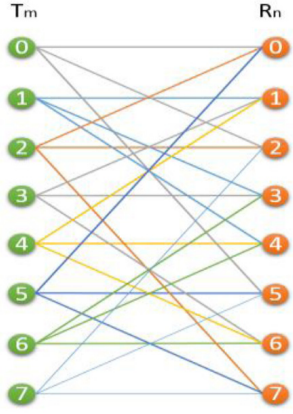
$$\begin{aligned}&T_0=R_0=\{0,2,5\}, T_1=R_1=\{1,3,4\}, T_2=R_2=\{2,0,7\},\\&T_3=R_3=\{3,1,6\}, T_4=R_4=\{4,1,6\}, T_5=R_5=\{5,0,7\},\\&T_6=R_6=\{6,3,4\}, T_7=R_7=\{7,2,5\}\end{aligned} \quad (10)$$

또한 a,b,c,d,e,f,g,h 는 수신기 R_n0 에서 R_n7까지 각각 원하는 메시지이고, 첨자는 같은 수신기의 다른 심볼을 나타낸다. 이 메시지들은 $V0$에서 $V7$ 까지 8개의 랜덤 프리코딩 벡터로 프리코딩 된다. 그런 다음 4 타임 슬롯 이내에 송신기로부터 송신될 신호들은 계속 이어 프리코딩 된다. 심볼들은 $V_0,V_1,V_2,V_3,V_4,V_5,V_6,V_7\in C^{3\times1}$로 표시되는 8개의 랜덤벡터로 프리코딩 되고, 여기서 모든 세 벡터는 3차원 subspace를 cover하고, 또한 선형적으로 독립이다. 이 심볼들은 3 타임 슬롯 이내에 송신기에 의해 전송되고 다음과 같이 표현된다.

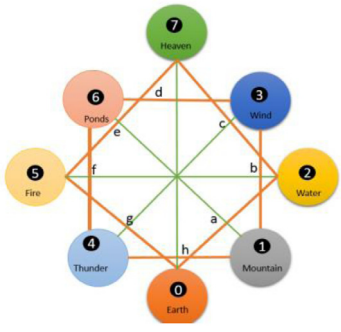
$$\begin{aligned}&X_0=V_0c_1+V_2f_1;\ \ X_1=V_1d_1+V_3e_1;\ \ X_2=V_2a_1+V_4h_1;\\&X_3=V_3h_1+V_5g_1;\ \ X_4=V_1b_2+V_6g_2;\ \ X_5=V_2a_2+V_7h_2;\\&X_6=V_6d_2+V_0e_2;\ \ X_7=V_7c_2+V_1f_2;\end{aligned} \quad (11)$$

여기서 $X_m\in C^{3\times1}$은 각 해당 슬롯 타임에 전송되고 있는 송신기 m으로부터 연접된 송신 신호 벡터이다. 채널 동기 시간이 $\tau_c\geq4$인 경우의 8-user 네트워크 간섭 할당 방법이 그림 8 (b)에 나타나 있다. 예를 들면, 수신기 1에서 3 타임 슬롯 이내에 수신신호 $R_1=\{1,3,4\}$을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

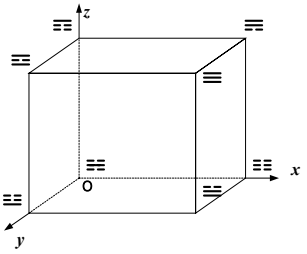
$$\begin{aligned}Y_1&=h_{11}X_1+h_{13}X_3+h_{14}X_4+Z_1\\&=V_3h_{13}b_1+V_4h_{14}b_2+V_1h_{11}d_1+V_3h_{11}e_1\\&+V_5h_{13}g_1+V_6h_{14}g_2+Z_1\end{aligned} \quad (12)$$



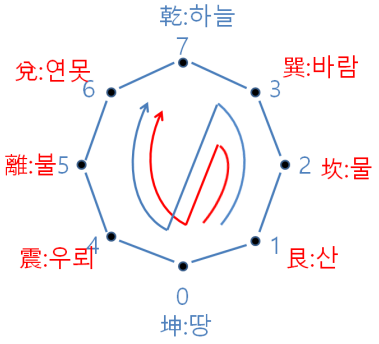
(a)



(b)



(c)



(d)

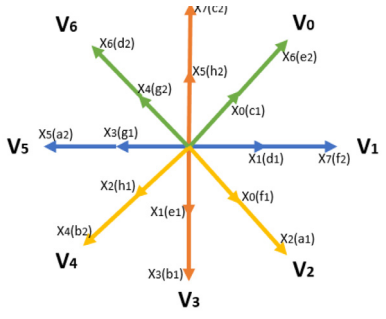
그림 8. (a) (8,3) 정규 셀룰러 네트워크의 토폴로지와 (b) 삼각 전송 협력을 통한 이 토폴로지의 그래프 (c) 8 卦의 3차원 모델 (d) 卦의 배열순서

Fig. 8. (a) Network topology for (8,3) regular cellular network and (b) its alignment feasibility graph with triangular transmitter cooperaton (c) three dimensional model of 8 trigram (d) trigram arrangement order.

여기서 식 (12)의 첫 두 항은 2차원 무간섭 subspace V_3 와 V_4 로부터 나온 각각의 신호 b_1 과 b_2 를 전송한다. 그 다음 네 항은 1차원 간섭 subspace V_5 로에서 발생한 간섭신호들에 해당한다. 나머지 subspace V_0,V_2,V_7,V_5,V_6 은 수신기 1에 도달하지 않는다. V_0,V_2,V_7에 존재하는 전송 신호들은 T_1 때문에 수신기 1에 도달하지 못한다. X_3와 X_4 사이의 전송협력은 수신기 1에 없는 subspace V_5 와 V_6 을 생성한다. 따라서 수신기 1이 원하는 메시지(b_1 과b_2)는 성공적으로 복원될 수 있다. 이와 유사한 방법으로 모든 수신기는 3 타임 슬롯이내에 대칭 DoF 4/3를 생성과 함께 원하는 메시지를 복원한다. 그림 8(c)는 8 卦의 3차원 모델이며, 그림 8(d)는 그림 4에 나타난 괘의 순서를 역순으로 숫자를 정하고 순환 사이클을 만들면 7-3-2-1-0-4-5-6-7 의 Hamiltonia cycle 이 된다. 즉 complementarity 원리를 내포하게 된다. 8 卦의 비상충 할당 행렬(A_8)은 그림 9 (a)에 나타나 있다. 이 그림은 subspace V_0,V_2,V_7이 수신기 1에 존재하지 않음을 보여주고 있다.

$$\mathbf{A}_8 = \begin{array}{c} \begin{matrix} V_0 & V_1 & V_2 & V_3 & V_4 & V_5 & V_6 & V_7 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{array} \begin{matrix} Rx0 \\ Rx1 \\ Rx2 \\ Rx3 \\ Rx4 \\ Rx5 \\ Rx6 \\ Rx7 \end{matrix}$$

(a)



(b)

그림 9. (a) 삼각 전송 협력을 통한 (8,3)정규 셀룰러 네트워크의 비상극 할당 행렬과, (b) (a)의 해당간섭할당 방법 $\tau_c \geq 4$

Fig. 9. (a) Alignment Non-Conflict matrix for (8,3) regular cellular network with triangular transmitter cooperation and (b) its corresponding interference alignment scheme for ($\tau_c \geq 4$).

그림 10에서 이제 최악의 경우인 $\tau_c = 1$에 대해 고려해 보면, 다음과 같은 16차원의 subspace가 요구되는 송신신호를 전송하기 위해서는 16 타임 슬롯을 가정해야 한다.

$$X_0 = V_0c_1 + V_1c_2 + V_4f_1 + V_5f_2 + V_8a_5 + V_9f_5 \quad (13)$$

$$X_1 = V_2d_1 + V_3d_2 + V_6e_1 + V_7e_2 + V_{10}e_5 + V_{11}b_5 \quad (14)$$

$$X_2 = V_8a_1 + V_9a_2 + V_{12}h_1 + V_{13}h_2 + V_0c_5 + V_1h_5 \quad (15)$$

$$X_3 = V_{10}b_1 + V_{11}b_2 + V_{14}g_1 + V_{15}g_2 + V_2d_5 + V_3g_5 \quad (16)$$

$$X_4 = V_0b_3 + V_1b_4 + V_8g_3 + V_9g_4 + V_{12}e_5 + V_{13}b_5 \quad (17)$$

$$X_5 = V_2a_3 + V_3a_4 + V_{10}h_3 + V_{11}h_4 + V_{14}f_5 + V_{15}a_5 \quad (18)$$

$$X_6 = V_4d_3 + V_5d_4 + V_{12}e_3 + V_{13}e_4 + V_6g_5 + V_7d_5 \quad (19)$$

$$X_7 = V_6c_3 + V_7c_4 + V_{14}f_3 + V_{15}f_4 + V_4c_5 + V_5h_5 \quad (20)$$

예를 들어, $Y_1 = h_{11}X_1 + h_{13}X_3 + h_{14}X_4 + Z_1$ 와 같이 주어진 $R_1 = \{1,3,4\}$ 으로 수신기 1에서 16 타임 슬롯 내에 수신한 신호를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y_1(1) = b_3h_{14}(1),\ y_1(2) = b_4h_{14}(2),$$
$$y_1(3) = d_1h_{11}(3) + d_5h_{13}(3),\ y_1(4) = d_2h_{11}(4) + g_5h_{13}(4)$$
$$y_1(7) = e_1h_{11}(7),\ y_1(8) = e_2h_{11}(8),\ y_1(9) = g_3h_{14}(9)$$
$$y_1(10) = g_4h_{14}(10),\ y_1(11) = e_5h_{11}(11) + b_1h_{13}(11)$$
$$y_1(12) = b_5h_{11}(12) + b_2h_{13}(12),\ y_1(13) = e_5h_{14}(13)$$
$$y_1(14) = b_5h_{14}(14),\ y_1(15) = g_1h_{13}(15),\ y_1(16) = g_2h_{13}(16)$$

심볼 $\{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ 은 $\{y_1(11), y_1(12), y_1(1), y_1(2), y_1(14)\}$ 로부터 쉽게 복원될 수 있다. 원하는 신호 b_1 과 b_2 는 각각 2차원 subspace V_{10} 과 V_{11} 에 의해 생성된다. 심볼 b_3, b_4, b_5, e_5 는 4 차원 subspace V_0, V_1, V_{13}, V_{12} 에 의해 각각 생성된다. 간섭을 제거하고 나면 5 개의 심볼 $\{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ 은 수신기 1에서 8 타임 슬롯 내에 DoF 4/3를 생성하면서 모두 복원될 수 있다. 같은 방법으로 채널 동기 타임이 $\tau_c \geq 4$ 인 슬로우 페이딩 채널과 유사한 DoF 4/3 를 생성하고 모든 수신기는 원하던 신호를 복호할 수 있다. 간섭 알고리즘 방법은 그림 10에 보이고 있으며, 여기서 송신기는 $\tau_c = 1$ 인 16차원 subspace를 이용한다.

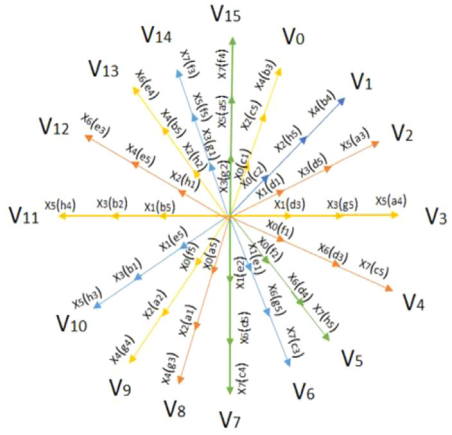


그림 10. 삼각 송신협력을 통한 (8,3)정규 셀룰러 네트워크의 간섭할당 방법, $\tau_c = 1$

Fig. 10. Interference alignment scheme for (8,3) regular cellular network with triangular transmitter cooperation when $\tau_c = 1$.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 8 卦의 상보성원리를 위상 간섭제거에 응용했다. 상생과 상극개념을 송신과 수신이 직접신호와 간섭신호에 대응시켰다. 상보성 원리를 易의 卦에서 뿌리를 찾았다. 즉 對와 待이다. 서로 대립하면서도 서로의 공존관계를 8개의 송·수신단에 적용하였고, 그 결과 대칭 DoF는 4/3 였다.

References

[1] Lee Choong Woong, *The Energy is congregating in the Korean Peninsula*, Gypmundang 1997.

[2] Chae Hang Sik, Modern Science Shown by I Ching, Yeogang Press, 1992.

[3] Fritjof Capra, "The Tao of Physics: An Exploration of the parallels between modern physics and Eastern mysticism," *Philosophy East and West,* Vol. 28, pp. 387-39, Jul 1978.

[4] Bohr Niels, "On the Notions of Causalitya nd Complementarity," *Science,* vol. 111, pp.51-54, Jan. 1950.

[5] A. Tehrani, A.Dimakis and M.neely, "Bipartite index coding," *in Information Theory Proceedings (ISIT)*, pp.2246-2250, July 2012.

[6] X. Yi and D. Gesbert, "Topological interference management with transmitter cooperation," *in Information Theory (ISIT)*, pp.846-850, July 2014.

[7] S. Jafar, "Topologial interference management through index coding," *in Information Theory, IEEE Transactions on*, vol.60, no.1, pp.529-568, Jan. 2014.

[8] N. Naderializadeh and A. S. Avestimehr, " Interference networks with no CSIT: Impact of topology," *in Information Theory Proceedings (ISIT), 2013 IEEE International Symposium on* , pp.394-398, July 2013.

[9] S. Jafar, "*Elements of cellular bilnd interference alignment-aligned frequnecy reuse, wireless index coding and interference diversity*," arXiv:1203.2384v1 [cs.IT], Mar 2012.

[10] http://blog.naver.com/applepop/220035139308.

부 록

8 掛 (8,3) 정규 네트워크의 DoF 계산

[5]에 의하면 그림 8 (a)(b)는 K=8 user(8 掛) (8,3) 정규 셀룰러 네트워크 토폴로지 그래프이다. 네트워크 토폴로지의 송신과 수신단을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_0=R_0=\{0,2,5\}, T_1=R_1=\{1,3,4\}, T_2=R_2=\{2,0,7\}, T_3=R_3=\{3,1,6\},$$
$$T_4=R_4=\{4,1,6\}, T_5=R_5=\{5,0,7\}, T_6=R_6=\{6,3,4\}, T_7=R_7=\{7,2,5\}$$

예를 들어, 수신단 1에서 $R_1=\{1,3,4\}$ 인 3 타임 슬롯 이내의 수신신호 를 $Y_1=h_{11}X_1+h_{13}X_3+h_{14}X_4+Z_1$로 나타내고, 나머지도 같은 방법으로 계산할 수 있다. K-셀 토폴로지 간섭 처리를 최적화하기 위한 대칭 DoF는 다음과 같이 계산할 수 있다.

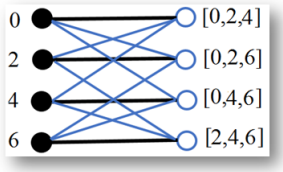
$$\min_{S\subseteq K}\frac{K-|S^{'}|}{K-|S^{'}|-|S|} \tag{21}$$

K=8 user 로서 3개씩 부분적으로 연결된 대칭 네트워크에서 출력은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$Y_j=h_{jj-1}(t)X_{jj-1}(t)+h_{jj}(t)+X_{jj}(t)+Z_j(t) \tag{22}$$

이 경우 대칭 DoF (DoF_{sym})는 다음과 같이 구할 수 있다.

1. K-user 짝수 event 발생시



$$S=\{0,2,4,\cdots.K-1\} \tag{23}$$

이며,

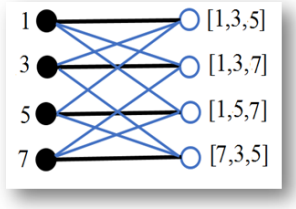
$$2n\sum R_j \le nK\log P-h(Y_S^N,\tilde{Y}_S^N\,|\,W_{S,}H^n,g)$$
$$=nK\log P-n(R_2+R_4.....+R_K)+n.0(1) \tag{24}$$

이다. 이때의 대칭 DoF(even)는 다음과 같다.

$$DoF_{sym}(even)\le 2\sum R_j+n(R_2+R_4+R_6+R_8)=K\log P \tag{25}$$

$$DoF_{sym}(even)\le\left|\frac{K}{K+\frac{K}{2}}\right|=\left|\frac{K}{\frac{2K+K}{2}}\right|=\left|\frac{2K}{3K}\right|=\frac{2}{3} \tag{26}$$

2. K-user 홀수 event 발생시



$$S = \{1,3,5,\cdots .K\} \tag{27}$$

이며,

$$2n\sum R_j \le n(K-1)\log P - h(Y_S^N, \tilde{Y}_S^N \mid W_S, H^n, g)$$
$$= n(K-1)\log P - n(R_1 + R_3 .... + R_K) + n.0(1) \tag{28}$$

이다. 이때의 대칭 DoF(odd)는 다음과 같다.

$$DoF_{sym}(odd)) \le 2\sum R_j + n(R_1 + R_3 + R_5 + R_7) = (K-1)\log P \tag{29}$$

$$DoF_{sym}(odd) \le \left| \frac{(K-1)}{(K-1)+\frac{(K-1)}{2}} \right| = \left| \frac{(K-1)}{(K-1)+\frac{(K-1)}{2}} \right| = \frac{2(K-1)}{3(K-1)} = \frac{2}{3} \tag{30}$$

8-user 홀수 event와 짝수 event를 합하면 다음과 같이 대칭 DoF를 얻을 수 있다.

$$DoF_{sym} = DoF_{sym}(odd) + DoF_{sym}(even) = \left[\frac{2}{3} + \frac{2}{3} \right] = \left| \frac{4}{3} \right| \tag{31}$$

8-user의 독립 event일 경우 DoF는 $\frac{2}{3}$ 이다.

저자 소개

이 문 호(정회원) 교신저자

- 1984년 : 전남대학교 전기공학과 박사, 통신기술사
- 1985년 ~ 1986년 : 미국 미네소타 대학 전기과 포스트닥터
- 1990년 : 일본동경대학 정보통신공학과박사
- 1970년 ~ 1980년 : 남양MBC 송신소장
- 1980년 10월 ~ 2010년 2월 : 전북대학교 전자공학부 교수
- 2010년 2월 ~ 2013 : WCU-2 연구책임교수
- 2015년 : 국가연구개발 우수성과 100선
- 현재 : 전북대학교 전자공학부 초빙교수

<주관심분야 : 무선이동통신>

※ This work was supported by MEST, 2015R1A2A1A05000977, NRF, Korea.