

논문 2012-49-12-4

# 제주 정낭 채널 Code I

## ( Jeju Jong Nang Channel Code I )

이 문 호\*

( Moon Ho Lee )

### 요 약

디지털 통신의 기원인 정낭(入口大門)이 1234년부터 제주도에 사용되어왔다. 정낭은 집의 입구에 서까래 크기 나무 3개를 돌기둥에 삽입해 집안에 사람이 있는지 유무를 알리는 통신 방식이다. 본 논문에서는 정낭의 논리적 분석을 하고 정낭 채널에 오류를 분석한다. 정낭이 잘못 놓았을 때 오류를 분석하는데 통신 시스템이 이진 대칭 채널과 비교하고, NOR 채널에서 채널 용량이 사는 이론에 접근하는 것을 보인다.

### Abstract

In this paper, we look into a Jong Nang Channel which is the origin of digital communications and has been used in Jeju Island since AD 1234. It is one kind of communication ways which informs people of whether a house owner is in one's house or not using its own protocol. It is comprised of three timber and two stone pillars whose one side has three holes respectively. In this paper, we analyze the Jong-Nang Channel both in the light of logic and bit error probability. In addition, we compare it with a conventional binary erasure channel when some errors occur over them respectively. We also show that a capacity of NOR channel approaches Shannon limit.

Keywords : Human binary coded communications, Jong Nang, NOR Channel, Erasure channel, Shannon capacity

## I. 서 론

1972년 F. G. Heath는 Francis Bacon의 17세기 초에 “2진법 코드의 유래”에서 상상되어진 “2자 알파벳”에서 부터 2진법 코드의 발달을 설명하였다<sup>[1]</sup>. Jacquardt의

천공 카드 직조기 (1805년)와 Baudot (1875년)에 의해 이원 전신 알파벳의 Boole의 논리적인 대수 (1854년)를 사용했다고, 1983년 독일 Aachen 공대 교수인 Volker Aschoff는 2진 부호의 초기 역사라고 발표했다<sup>[2]</sup>. 그러나 한국에서 약 788여 년 전부터 제주지역에서 사용되어 온 제주 정낭부호는 명확한 “1”또는 “0”의 2진 부호 통신으로 서양보다 571년 앞서서 사용되었는데, 이것은 2진화 코드 커뮤니케이션(Human Binary Coded Communication, HBCC)의 하나임을 저자<sup>[3, 5-9]</sup>에 의해서 발표된바 있다.

제주도 마을에 있는 나무로 된 대문인 정낭은 가족의 행방을 전달하기 위해 정주목(3개의 구멍을 가진 2개 세로 세워진 기둥 돌)에 둔 3개의 나무로 되는 서까래를 그림 1(a)처럼 사용한다. 제주도 사람들의 지혜의 산물인 정낭은 제주지역 문화의 독특한 관습에서 나온 것이다. 제주도의 집에는 대문이 없기 때문에 마당에

\* 평생회원, 전북대학교 전자공학부  
(Department of Electronic Engineering, Chonbuk National University)

※ 본 연구는 한국연구재단 세계 수준의 연구중심대학 (World Class University, WCU R32-2012-000-20014-0, BSRP 2010-0020942, 그리고 MEST 2012- 002521의 지원으로 수행되었음.

※ 본 논문의 부분적인 발표는 정낭 관련 동영상(KBS 제주, 2011년 10월 27일 방송)은 현재 중국 인터넷 사이트에 업로드 되어 있으며, 총 6,828회 조회되고 있음([http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XMzE3NjMyNTky.html](http://v.youku.com/v_show/id_XMzE3NjMyNTky.html))

접수일자: 2012년5월24일, 수정완료일: 2012년11월26일



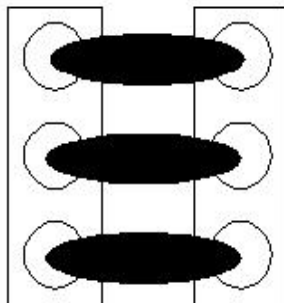
(a) 제주집의 정낭



(b) 네팔 산악지대의 정낭



(c) 제주정낭 : Closed (III)



(d) 정낭 코드

그림 1. 제주 및 네팔의 정낭과 정낭 코드  
Fig. 1. Jeju / Nepal Jong Nang and Its code.

널려 있는 날래(날미: 제주 방언)인 보리나 조 등 곡식을 소나 말이 들어와서 먹지 못하도록 나무를 걸쳐 놓다가 나중에는 집 안에 사람이 있는지 없는지를 외부에 알리는 정보 표현 기능까지 겸하게 된 것이다<sup>[3-10]</sup>. 네팔 산악지대에도 그림 1(b)처럼 제주 정낭 같은 것이 있다. 제주처럼 집주인이 행방을 알리는 Protocol은 사용되지 않고 있다.

본 논문에서는 I 장의 서론에 이어 II 장에서는 정낭의 역사, III 장에서는 정낭의 디지털 논리 분석, IV 장에서는 3개의 입력이 들어있는 무잡음 NOR 채널로 정낭 채널의 용량, V 장에서는 정낭 이원 소거 채널, VI 장에서는 결론을 맺는다.

## II. 정낭의 역사

정낭은 디지털 통신 및 오늘 날의 컴퓨터와 유사한 이진법을 이용했다. 3개의 목재들은 3개의 2진 숫자와 유사했다. 정낭 정보는  $2^3$ 가지 상이한 정보를 전달할 수 있다. 정낭 3개 중에 하나만 걸쳐 있으면 “100”으로 집 안에 사람이 없지만 이웃에 잠깐 갔다가 곧 돌아온다는 것을 나타낸다. 2개의 정낭이 걸쳐 있으면 “101”로 이웃 마을에 가 있어 시간이 좀 걸린다는 뜻이다. 3개의 정낭이 모두 걸쳐 있으면 그림 1에서 보여주는 것과 같이 “111”로 먼 곳에 출타 중이란 내용이다. 정낭이 아무것도 걸쳐 있지 않으면 그림 1에서 보여주는 것과 같이 “000”으로 집 안에 사람이 있다는 표시이다. 이 시스템은 제주도 사람들의 생활에서 유래 되었다[3,6-8] 정낭이 처음부터 나타난 것은 아니다. 정낭 통신의 역사는 지금부터 약 788년 전인 고려 때부터 사용되었다고 볼 수 있다. 그 이유는 그 시기부터 제주의 돌담 울타리 입구에 문이 설치되었기 때문이다. 돌담 역사를 보면 애당초 제주에는 옛날에 토지 소유를 경계하는 돌담 표지가 없어 강폭한 자는 자기 이웃 밭을 침식하기도 하고 혹 토호들은 관과 결탁하여 약한 백성의 토지를 강점하는 일이 있었다. 고종 연간부터 탐라에는 부사와 판관을 부임해 왔는데 고종 21년(1234년)에 김구가 판관으로 부임하여 토지 소유의 경계로 돌을 모아 담장을 쌓도록 하였다.

그때부터 토지 경계 분쟁은 없어지고 아울러 방목하는 소와 말의 농작물에 대한 피해도 없어졌으며 바람 많은 곳에 방풍의 구실도 하였다. 또 주위에 많은 돌들

이 돌담으로 이용되었으므로 경작하는 데도 편하여 민생에 크게 도움이 되었다. 정낭이 처음부터 돌담 울타리에 쳐진 것은 아니다. 중산간 마을에서 소와 말을 방목하면서 소와 말이 마을의 곡식밭에 들어가지 못하도록 울타리와 같은 장(場)담을 쌓았다. 제주 중산 간 마을에서 사용되다가 조선 때부터는 제주 온 고을에 일반화되었다.

그 입구에 “살채기”나 “섬비”를 친 것이 정낭의 시초다. “살채기”나 “섬비”는 일종의 야외의 문(門)에서 출발했는데 한라산 기슭에 방목(放牧)중인 소나 말을 기르기 위하여 세워 닫는 문으로서 가느다란 통나무 너댓개나 나뭇가지로 엮은 여닫이문에서 비롯되었다. “섬비”보다 간단한 정낭 한 개를 놓았는데 그때는 소나 말이 들어와 마당에 널어놓은 곡식을 먹었다. 정낭 두개를 놓았더니 큰 소나 말은 들어오지 않아 좋았는데 송아지나 망아지는 들어왔다. 두 정낭 사이 가운데에 하나를 더 없었더니 완벽하게 송아지나 망아지가 들어오지 못하였다.

원래 통신이란 정보의 전달을 그 본질로 하며, 통신 시스템은 한 지점에서 다른 지점으로 전달하고자 하는 정보를 공통의 기호를 사용하여 전달하는 것을 그 목적으로 한다. 그러나 제주의 정낭 통신은 통신을 하고자 하는 사람(object)이 직접 와서 확인해서 인지하는 정지 디지털 무선통신이란 점이 상이하다.

정낭 디지털 논리 분석은 표 1과 같이 나타난다. 예

표 1. 정낭 Protocol  
Table 1. The Jong Nang messages.

Jong Nang Pattern	Jong Nang Come	Jong Nang Digital code	Jong Nang Switching Nor Channel/ Logic gate [8]	Traffic Signal Codes
	Staying at home	000		
	Visiting next door for a while	100		No signal
	Visiting a neighboring village	101		
	Out of town for a long time	111		

표 2. 교통신호와 정낭 코드사이의 관계  
Table 2. The Relationships between traffic light and The Jong Nang code signals.

Light	Code	Traffic Signal Code	Jong Nang Code	Relationship
Red		111	000	1's complementary
Yellow		010	101	1's complementary
Green		000	111	1's complementary

를 들어 입력 스위치가 000으로 열려있으면 집 주인이 집에 있고 NOR 논리 회로는 1이 되고, 111이면 입력 즉 스위치가 On 으로 출력하여 NOR는 0으로 집주인이 외출 중임을 뜻하는 Protocol이다.

불대수(Boolean Algebra)를 처음으로 디지털 스위칭으로 매핑(mapping)한 것은 계전기과 스위칭을 해석한 논문에서 비롯됐다. 불대수가 스위칭(Switching) 대수라는 것도 이로 인해 유래되었다. 그러나 NOR 회로를 기반으로 정낭시스템은 760년 전부터 “0”과 “1”로 출력을 나타내고 있다. 저자에 의해 제시된 도표 2는 정낭과 현대 교통 신호를 보여준다.

도표 1에서 우리는 정낭 논리 게이트와 현대 신호등 사이 관계를 다음과 같이 나타낸다. 우리는 현대의 교통 신호 코드는 표 2에서 정낭코드 1의 보수(Complementary code) 것을 이해할 수 있다. 즉 빨간 신호등은 111이고 노란 신호등은 010, 초록색 신호등은 000이다.

### III. 정낭의 디지털 논리 분석

정의 1: 정낭 시스템은 3 bit로 되어 있으며 최상위 비트(MSB : Most Significant Bit)는 집에 존재유무를 나타내는데 0은 사람이 집에 있는 경우이고, 1은 사람이 집에 없는 경우로 외출을 나타낸다. 가운데 비트는 공간(Spatial)비트로 0이면 공간적으로 사람이 가까운데 있는 경우이고 1이면 사람이 멀리 있는 경우이다. 최하위 비트(LSB : Least Significant Bit)는 시간(Temporal)비트로 0이면 시간적으로 가까운데 있는 경우이고 1이면 멀리 있는 경우이다. 이것은 그림 2에서 나타나는 것과 같다.

정의 2: 정낭시스템 3 bit 중 정보의 우선순위는 MSB > Medium bit > LSB로 판정한다.

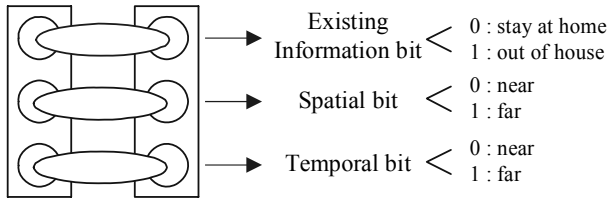


그림 2. 정낭 정보 코드  
Fig. 2. The Jong Nang information code message.

예제 1) 001인 경우 : 첫 번째 bit는 사람이 집에 있고 두 번째 bit는 공간적으로 집에서 잠시 외출중이며 세 번째 시간 bit에서 1은 장시간 외출을 뜻하는데 이것은 [정의 2]에 따라서 MSB가 정보가 더 우위에 있으므로 모순이 된다.

예제 2) 110인 경우 : 첫 번째 bit는 존재 유무 (Existing)를 나타내는데 1로서 사람이 집에서 외출중이고 두 번째 bit는 공간 bit 1로 장시간 외출이며 세 번째 bit는 시간 bit 0으로 잠시 외출의 시간을 나타내는데, 두 번째 bit에서 장시간 외출이면 많은 시간을 소요되는데 짧은 외출 시간은 [정의 2]에 모순이 된다.

표 3. 정낭의 3진 NOR 2진수 Protocol  
Table 3. The comparison of decimal and binary number in Jong Nang.

Decimal	Binary	Comparison
0	000	Staying at home
1	001	Visiting next door for a half hour
2	010	Visiting next door for a half hour
3	011	Visiting neighboring village about 2 hours
4	100	Visiting next door for a while
5	101	Visiting neighboring village about 2 hours
6	110	Visiting neighboring village about 2 hours
7	111	Out of town about 12 hour

예제 3) 010인 경우 : 010은 현재 핸드폰이 Prefix 3 자리 숫자로 사용되고 있다. LSB 0인 경우는 시간적으로 가깝고 가운데 비트 1은 공간적으로 멀리 떨어져 있으나 MSB의 0 비트가 주인이 집안에 있는 형태이다. 따라서 이 0은 공간적으로 멀리 떨어져있으나 시간적으로 간적으로 아주 가까운 곳이 있어 무선 Prefix bit로 사용되고 있다.

정의 3: 외출을 나타내는 정낭통신 논리 bit에서 인접

bit의 해밍거리( HD : Hamming Distance = 인접 정보 비트 간에 상이한 것을 말하며 정보이론에서는 이 거리가 클수록 디지털 통신에서의 에러율이 줄어들음을 의미한다. 즉, 000과 011을 보면 두 비트가 틀리기 때문에 HD는 2이다.)가 클수록 외출 시간이 길어진다. 즉, 100, 101, 111에서 111 > 101 > 100 이다.

#### IV. 3개의 입력이 들어있는 무잡음 NOR 채널로서 정낭 채널의 용량

정낭 채널이 3개 입력 협력된 무잡음 다중접속 NOR 채널로 볼 때 천이확률이  $p(y=1|x=000) = p(y=0|x=100) = p(y=0|x=101) = p(y=0|x=111) = 1$ 일 때, 채널 용량<sup>[4]</sup>을 계산할 수 있다.

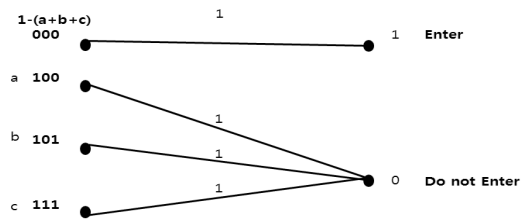


그림 3. 정낭 채널  
Fig. 3. The Jong Nang Channel.

정리. 정낭 NOR 채널에서 3개의 입력이 협력적일 때 무잡음 NOR 채널 용량은 1이다.

증명.  $p(x=100) = a, p(x=101) = b, p(x=111) = c, p(x=000)=1-(a+b+c)$ . 채널 출력에는 분포를 가진다.

$$\begin{aligned}
 p(y=0) &= a+b+c \\
 p(y=1) &= 1-(a+b+c). \tag{1}
 \end{aligned}$$

뿐만 아니라, 결합 분포를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 p(y=1,x=000) &= p(y=1|x=000)p(x=000) = 1-(a+b+c) \\
 p(y=0,x=100) &= p(y=0|x=100)p(x=100) = a \\
 p(y=0,x=101) &= p(y=0|x=101)p(x=101) = b \\
 p(y=0,x=111) &= p(y=0|x=111)p(x=111) = c \tag{2}
 \end{aligned}$$

이제 입력 및 채널의 출력 사이의 상호 정보를 계산하려면  $I(X;Y) = H(Y) - H(Y|X)$ ,  $H(Y)$  그리고  $H(Y|X)$ 를 계산한다.  $q = a+b+c$  이다.

$$H(Y) = -(1-q)\log(1-q) - q\log(q) = h(q) \tag{3}$$

$$H(Y|X) = -(1-q)\log(1-q) - q\log(q) - \log(1) - \log(1) - \log(1) - \log(1) = 0 \quad (4)$$

을 알 수 있다. 이런 이유로

$$I(X;Y) = H(Y) - H(Y|X) = h(q). \quad (5)$$

q에 대하여 상호 정보를 최대화하면 (6)의 식처럼 된다.

$$\ln(2) \frac{dI(X;Y)}{dq} = 1 + \ln(1-q) - 1 - \ln(q) = \ln\left(\frac{1-q}{q}\right) = 0, \quad (6)$$

즉 q = 1/2에서 채널의 용량은 h(1/2) = 1이 분명하다.

### V. 정낭 이원 소거 채널

우리는 정낭 코드에 오류가 없다는 것을 볼 수 있다. 채널이 Noise을 가지고 있는 경우, 소나 말 또는 사람에 의해 정낭이 아래로 내려 올 때 발생할 수 있는 오류검출 코드를 그림 4에서 보여준다. 즉, 정낭 정주목 왼쪽 부분이 Transmitter이고 오른쪽 정낭 정주목이 Receiver이고, Bit Mapping은 표 1-3처럼 위에서 아래로 이진 Mapping, 즉  $2^3 = 8$ 가지 경우로 한다.

앞에서 언급했듯이 채널은 오류 숫자를 가지고 있지 않다면 모든 오류는 사용된 코드에 의해서 탐지할 수 있다. 하지만 오류의 수는 탐지 할 수 없다. 다음 분석에서 우리는 원래의 장소에서 정낭이 아래로 떨어졌을 때 오류가 일어날 수 있다는 것을 가정한다.

그림 5에서 보듯이 발생하는 오류는 오류의 모든 경

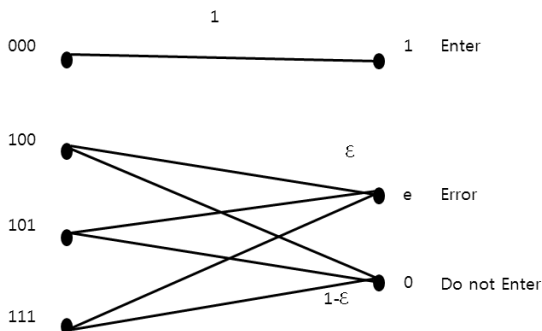


그림 4. 정낭 이원 소거 채널  
Fig. 4. The Jong Nang Binary Erasure Channel.

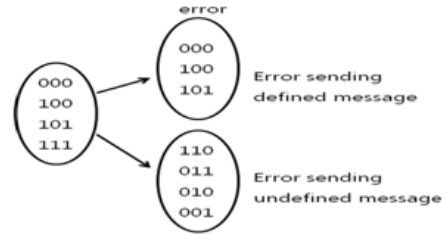


그림 5. 발생하는 오류의 사건 다이어그램  
Fig. 5. The event diagram of the occurred error.

우를 포함한다. : 첫 번째로 “마을을 떠났다”는 의미를 가진 “111”을 전송하면 오류가 발생된다. 우리는 “이웃 마을에 놀러갔다”는 메시지를 가진 “101”을 받으면 이 채널은 오류를 발생한 틀린 메시지를 전달하고 있는 것이다. 두 번째로, 우리는 정의된 메시지와 소음을 발생하는 “111”을 전송한다. 우리는 정의되지 않은 메시지인 “110”을 받는다.

따라서 유일하게 허락되는 단어는 000, 011, 101, 110, 001, 010, 100이다. 게다가 오류가 감지되는 상황을 반영하는 “erased” 채널 결과는 생성되어 졌으며 삭제는 주어진 채널 입력 000, 100, 101 및 111가 동일하고 ε에 평등 발생 확률을 보여준다. 즉 방문자가 110, 001, 010 또는 001을 볼 때 채널 결과는 “erased”로 설정된다. 이러한 조건 아래에서 채널 이동 확률이 부여된다.

$$\begin{aligned} p(y=1|x=000) &= 1 \\ p(y=0|x=011) &= p(y=0|x=101) = p(y=0|x=110) = 1 - \epsilon \\ p(y=e|x=011) &= p(y=e|x=101) = p(y=e|x=110) = \epsilon \quad (7) \end{aligned}$$

정리. 잡음이 있는 정낭 채널의 용량도 위의 정리에 서처럼 1이다.

증명.  $p(x=011) = a$ ,  $p(x=101) = b$ ,  $p(x=110) = c$ ,  $p(x=000)=1-(a+b+c)$ , 그리고  $q = a+b+c$ . 채널의 결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} p(y=1) &= 1-(a+b+c)=1-q \\ p(y=e) &= \epsilon(a+b+c)= \epsilon q \\ p(y=0) &= (1 - \epsilon)(a+b+c)=(1 - \epsilon)q \quad (8) \end{aligned}$$

게다가 우리는 다음과 같은 결합 분포확률로 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} p(y=1,x=000) &= p(y=1|x=000)p(x=000) = 1-(a+b+c) \\ p(y=0,x=011) &= p(y=0|x=011)p(x=011) = a(1 - \epsilon) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p(y=0,x=101) &= p(y=0|x=101)p(x=101) = b(1-\epsilon) \\
 p(y=0,x=110) &= p(y=0|x=110)p(x=110) = c(1-\epsilon) \\
 p(y=e,x=011) &= p(y=e|x=011)p(x=011) = a\epsilon \\
 p(y=e,x=101) &= p(y=e|x=101)p(x=101) = b\epsilon \\
 p(y=e,x=110) &= p(y=e|x=110)p(x=110) = c\epsilon \quad (9)
 \end{aligned}$$

이제 채널의 입력과 결과 사이에서 상호정보를 계산한다. channel  $I(X;Y) = H(Y) - H(Y|X)$ , 우리는  $H(Y)$  그리고  $H(Y|X)$ 를 평가한다.

채널(C)의 용량은 상호간 정보의 최대이다. 즉  $H(Y|X)=0$  일 때 우리는 채널의 용량을 찾을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 q &= a+b+c, \\
 H(Y) &= -(1-q)\log(1-q) - \epsilon q \log \epsilon q - (1-\epsilon)q \log(1-\epsilon) \quad (10)
 \end{aligned}$$

$$H(Y|X) = -(1-q)\log(1) - \epsilon q \log \epsilon - (1-\epsilon)q \log(1-\epsilon) \quad (11)$$

그러므로

$$\begin{aligned}
 I(X;Y) &= H(Y) - H(Y|X) \\
 &= -(1-q)\log(1-q) - \epsilon q \log \epsilon q - (1-\epsilon)q \log(1-\epsilon) q + \\
 &\quad (1-q)\log(1) + \epsilon q \log \epsilon + (1-\epsilon)q \log(1-\epsilon) \quad (12)
 \end{aligned}$$

q에 대하여 상호 정보를 극대화하면,

$$\begin{aligned}
 \ln(2) \frac{dI(X;Y)}{dq} &= 1 + \ln(1-q) - \epsilon - \epsilon \log \epsilon q - (1-\epsilon) - (1-\epsilon)\log(1-\epsilon)q \\
 &\quad + \epsilon \log \epsilon + (1-\epsilon)\log(1-\epsilon) \\
 &= \ln(1-q) - \epsilon \ln q - (1-\epsilon)\ln q \\
 &= \ln(1-q) - \ln q = \ln[(1-q)/q] = 0 \quad (13)
 \end{aligned}$$

q = 1/2을 의미한다.

그러므로 채널의 용량은

$$\begin{aligned}
 C &= -0.5\log(0.5) - 0.5\epsilon \log 0.5\epsilon - 0.5(1-\epsilon)\log 0.5 \\
 &\quad (1-\epsilon) + 0.5\epsilon \log \epsilon + 0.5(1-\epsilon)\log(1-\epsilon) \\
 &= -0.5\log 0.5 + 0.5\epsilon \log 2 + 0.5(1-\epsilon)\log 2 \\
 &= 0.5 + 0.5 \\
 &= 1 \quad (14)
 \end{aligned}$$

정리. 우리는 정량 이원 소거 채널의 용량을 다중 접속 수로(multiple access channel, MAC) 분석할 수 있고 4개의 발송인은 3대의 수신기에 정보를 보낸다. 이

채널은 이원 입력과  $X_1, X_2 \in \{000, 100, 101, 111\}$  그리고 3원 결과인  $Y_e, Y_1, Y_0$ 를 가지고 있다.

증명.  
확률

$$\begin{aligned}
 p(x=000) &= p(x=100) = p(x=101) = p(x=111) = 1/4 \\
 \text{우리는 } &00, 10, 01, 1
 \end{aligned}$$

각각에 의해 000, 101, 110 그리고 111을 나타낼 수 있다.

$X_1, X_2 \in \{000, 100, 101, 111\}$  정보와 3개의 output인  $Y \in \{1, e, 0\}$ 를 위한다. 우리는 채널 용량을 얻을 수 있다.

$$C_1 < I(X_1; Y | X_2), \quad C_2 < I(X_2; Y | X_1)$$

따라서

$$C_1 = C_2 = \text{Max}\{I(X_1; Y | X_2)\}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{x_1} \sum_{x_2} \sum_y p(x_1)p(x_2)p(y|x_1, x_2) \log \frac{p(y|x_1, x_2)}{\sum_{x_1} p(x_1)p(y|x_1, x_2)} \\
 &= 1 \quad (15)
 \end{aligned}$$

잡음이 있는 정량 채널의 용량이 그림 6(a)에 보인다. 그리고 결합된 채널의 용량은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 C_{12} &= \text{Max} I(X_1, X_2; Y) \\
 &= \sum_{x_1} \sum_{x_2} \sum_y p(x_1)p(x_2)p(y|x_1, x_2) \log \frac{p(y|x_1, x_2)}{\sum_{x_1} \sum_{x_2} p(x_1)p(x_2)p(y|x_1, x_2)} \quad (16)
 \end{aligned}$$

한편,

$$\begin{aligned}
 P(Y=1) &= P(X=000) = K, \quad P(Y=e) = P(X=100)\epsilon + P(X=101)\epsilon + P(X=111)\epsilon \\
 &= [P(X=000) + P(X=101) + P(X=111)]\epsilon = 3K\epsilon
 \end{aligned}$$

그리고

$$P(Y=0) = [P(X=000) + P(X=101) + P(X=111)](1-\epsilon) = 3K(1-\epsilon) \quad (17)$$

그러므로

$$H(Y) = -[K \log K + 3K\varepsilon \log 3K\varepsilon + 3K(1-\varepsilon) \log K(1-\varepsilon)] \quad (18)$$

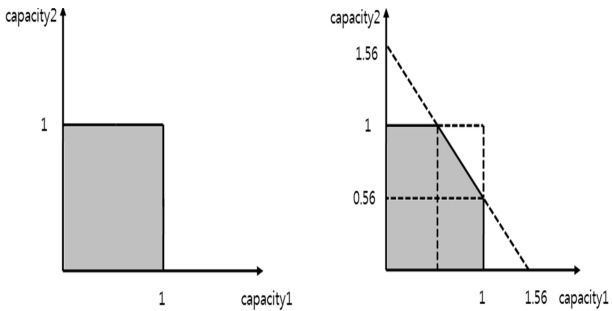
$K=1/4, \varepsilon=1/2$  이후로  $H(Y|X_1, X_2)=0,$

$$H(Y) = -\left[\frac{1}{4} \log \frac{1}{4} + 3 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \log \frac{3}{8} + 3 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \log \frac{3}{8}\right] = 1.56 \quad (19)$$

$$\text{Max}(C_{12}) \approx 1.56$$

정낭 이원 소거의 다중접속 채널 용량은 그림 6(b)에서 채널 Capacity 수용영역을 보이고 있다.

그림 6(a)의 경우 정낭 채널의 입력은 의존적이고 보낸 사람에 대한 간섭이 있다. 그림 6(b)의 경우 정낭 소거 입력은 다중 접속 채널에서 독립적이며 보낸 사람간의 사이에 간섭이 없다는 것을 알 수 있다.



(a) 독립된 경우 :  $C1=C2=\text{Max}\{I(X1;Y | X1)\}$   
(b) 독립되지 않은 영역 :  $C12=\text{Max}\{I(X1,X2;Y)\}$

그림 6. 정낭 이원 소거의 다중 접속 채널의 수용 영역  
Fig. 6. Capacity region for the Jong Nang binary erasure on multiple access channel.

### VI. 정낭의 주역 해석

정낭은 기(氣)의 기본 사상을 상징하고 천지인(天地人)은 기(氣)에서 비롯되며 정낭의 정(正)자도 천지인(天地人)을 나타낸다. 즉 정(正)자를 보면 한일(一:한결 같음, 하늘을 뜻함)자 밑에 그칠 지(止)자가 받치고 있는데 지(止)자는 나무 뿌리의 근본 또는 땅위에 사람이 다리(足)로 똑바로 서 있어 함부로 움직이지 않음을 뜻하는 것이다. 다시 말해서 정낭(正木)은 집 입구 중앙에 한결같이 지키는 나무(낭은 제주 사투리로 나무를 뜻

함.)이다.

또한, 우리나라 사람들은 중요한 투표 행사 때 투표의 개표를 5진법인 "正"자를 써서 표시하는데, 이것도 정낭(正木)의 정자와 같고 천지인을 나타내며 이는 동양의 음양사상(陰陽思想)을 Hardware 적으로 간단히 표현한 것이다.

正 --> 一 + 止 => 天地人

一 : 한일 (하늘을 뜻함)

止 : 그칠 지

(땅위에 사람이 다리로 서 있어 함부로 움직이지 않음)

: 땅위의 사람

木 --> 나무 --> 낭(제주 사투리)

그러면, 주역에서 정낭통신은 어떤 의미를 갖고 있을까?

주역이란 음양(陰,陽)개념을 이용한 팔괘(八卦)이론인데 이 팔괘이론에 따라 사물의 이치를 설명하는 학설이다. 정낭에서는 8괘의 곤(坤:地:000), 간(艮:100), 이(離:火:101), 건(乾:天:111)을 쓴다.

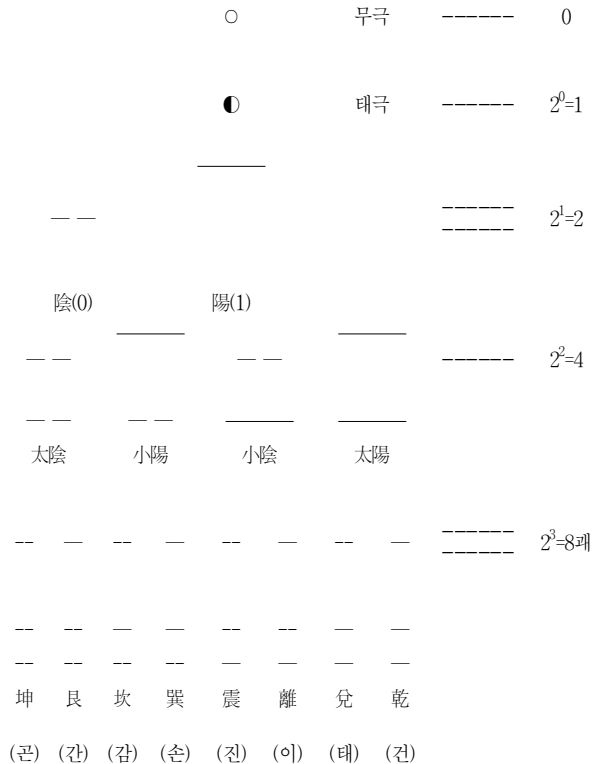


그림 7. 음양과 8괘  
Fig. 7. Ying Yang and 8 Goe.

위 그림 7에서 보면 무극은 음양이 없는 상태로 또는 선분이 끊어진 실선 부분을 말하며 선과 악이 공존하는 혼돈(chaos)상태이고 디지털적으로는 0이다. 태극은 음과 양을 나타내지만 그 음양이 갈라질 수 있는 미발된 상태로, 한 번 분화되면 음과 양이고  $2^1=2(0과 1)$ , 두 번 분화( $2^2=4$ )로 4상(象)이 되고 3번 분화( $2^3=8$ )하면 8괘(卦)가 된다.

표 3은 2진수와 괘(卦)를 나타내는데 괘가 자기복제(self division making) 되면서 2진수의 비트 역 배열이 되고 있다. 즉, 비트가 같으면 그대로 놔두고 비트가 서로 틀린 경우만 비트 순서를 바꾸는 것이다.

0 0	0 0
0 1	1 0
1 0	0 1
1 1	1 1

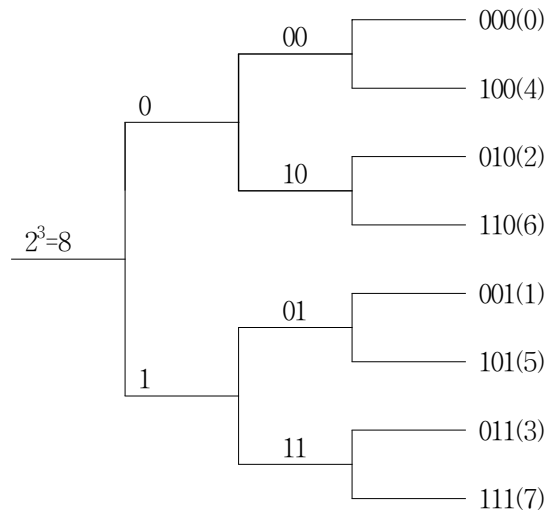
이 법칙은 2비트( $2^2=4$ )이나 3비트( $2^3=8$ )에도 성립하며 일반적인 식에서도 성립한다. 이것은 1965년 쿨리(Cooley)와 터키(Tukey) 두 사람이 신호처리에 유용하게 쓰이는 이산 푸리에 변환(DFT : Discrete Fourier Transform)을 고속 푸리에 변환(FFT : Fast Fourier Transform)으로 바꾸는데 썼던 나비(Butterfly)형태 알고리즘과 똑같다. FFT는 DFT에 비트리버스(bit reverse : 예를 들어 01→10)를 취함으로써 중복도를 감소시켜 계산 속도를 빠르게 한 알고리즘으로 과학도들에게는 널리 익숙한 알고리즘의 하나인데, 주역의 괘의 2진수가 2를 기반으로 하는 FFT와 너무 닮아 있다. 이것을 신호처리도로 나타내면 그림 7과 같다. 이렇게 되는 이유는 괘의 2진수가 자기복제( $2^2, 2^3, 2^4, \dots$ )해 나가는데 서로 숫자의 연관성(cross correlation)과 자기유사성

표 3. 2진수와 음양  
Table 3. Binary number and Ying Yang.

10진수	2진수	괘의 2진수	비트 역배열
0	00	太陰(00)	0
1	01	小陽(10)	2
2	10	小陰(01)	1
3	11	太陽(11)	3

표 4. 3bit( $2^3$ ) 비트리버스 FFT와 8괘  
Table 4. 8 Goe and bit reversal FFT.

10진수	2진수	괘의 2진수	비트 역배열
0	000	坤(坤:000:땅)	0
1	001	간(艮:100:산)	4
2	010	감(坎:010:물)	2
3	011	손(巽:110:바람)	6
4	100	진(震:001:천둥)	1
5	101	이(離:010:불)	5
6	110	태(兌:001:연못)	3
7	111	건(乾:111:하늘)	7



(self similarity)을 갖고 있기 때문이다.

또한, 한 가지 특이한 사실은 주역의 괘가 중심을 축으로 하여 대칭을 이뤄 상극(相極)을 이루는 데 비해 괘의 2진수는 중심축에서 서로 대칭을 이루고 있다. 한편, 조선 말 현종 4년(1838) 이제마는 사람의 체질과 성



격도 4가지로 나눠 연구하고 치료하는 ‘사상의학’을 연구했음은 잘 알고 있는 사실이다.

## VII. 결 론

제주지역 정낭 채널 코드를 NOR 회로로 분석 했다. 정낭 세 개가 걸쳐있으면 집주인이 장시간 외출중이고, 한 개가 걸쳐 있으면 집주인이 잠시 20~30분 외출중임을 밝혔다. 정낭에 대한 수정된 코드는 소나 말 또는 사람에 의해 정낭이 아래로 떨어지기 때문에 오류가 발생한다. 비록 오류가 도입된다 하더라도 정낭 채널의 용량과 잡음이 있는 정낭 채널은 1이 됨을 보였고 정낭 이원 소거 채널을 바탕으로 오류 없이 전송을 완수할 수 있음을 확인했다. 특히 이동통신 010 3자리 Prefix는 예를 들어 한국에서 미국에 전화할 경우, 공간적으로 멀리 떨어져 있어도 시간적으로 바로 옆에서 있는 것처럼 전화를 할 수 있는 것을 정낭 Protocol에서 증명했다. 또 교통신호등 Red, Yellow, Green 불빛도 1의 보수(1's complementary) 정낭 Protocol임을 표2에서 확인했다. 정낭 채널 코드는 이동통신 기지국간 Backhaul<sup>[11]</sup>~<sup>[12]</sup>이 기본 Practical Pattern임을 후속 논문(II)에서 증명한다.

## 참 고 문 헌

- [1] F.G. Heath, "Origins of the binary code," Scientific American, 227, pp.76-83, 1972
- [2] Volker Aschoff, "The early history of the binary code", IEEE Communication Magazine, pp.4-10, 1983
- [3] Moon Ho Lee, "Jong Nang (正木)", EXPO '93 Inform. & Telecom. Pavilion poster
- [4] C. E. Shannon, "A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits", Trans. A.I.E.E. 57, 1938
- [5] Moon Ho Lee, The History of Information and Communication, Kimyeong-Sa, Seoul, 1994
- [6] Moon Ho Lee, "Jong Nang: The symbol of digital communication and Ying and Yang", Telecom.9(1), June 1993.
- [7] Moon Ho Lee, "Jong Nang System", patent, No. 133285. 9 Oct. 1998. Korea
- [8] Moon Ho Lee, "The History of Jeju Jong Nang Binary Code", IEEE VTS News, Vol. 50, No. 1. Feb. 2003

- [9] Moon Ho Lee, "The History of Jeju Jong Nang Binary Code," IEEE Vehicular Technology Society News, February 2003
- [10] Moon Ho Lee, "Analysis of Jong Nang Access channel", International Symposium on Information Theory and its Application, ISITA2006, Seoul, Korea, October 29 - November 1, 2006
- [11] A. El Gammal, Young-Han Kim, Network Information Theory, Cambridge, 2011
- [12] Patrich Marsch, Gerhard P. Fettweis, Coordinated Multipoint in Mobile Communications, Cambridge, 2011.

### 저 자 소 개



이 문 호(평생회원)-교신저자

1970년~1980년 남양 MBC

송신 소장

1984년 전남대학교 전기공학과  
박사, 통신기술사

1985년~1986년 미국 미네소타  
대학 전기과 포스트닥터

1990년 일본동경대학 정보통신공학과  
박사

1980년 10월~2010년 2월 전북대학교 전자공학부  
교수

2010년 2월~현재 WCU-2 연구책임교수

<주관심분야 : 무선이동통신>