

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2021.21.3.51>

JIIBC 2021-3-8

샤논 정보이론의 상관성 동기에 관한 연구

A Study on the Relative Motivation of Shannon's Information Theory

이문호*, 김정수**

Moon-Ho Lee*, Jeong-Su Kim**

요약 본 논문에서는 샤논 정리(1948)의 동기가 되는 아인슈타인 특수상대성이론(1905)과 베르누이 유체역학(1738)의 상관성을 $AB=A/A=I$ Dimension 관점에서 유도했고 샤논 정리 채널코드를 시뮬레이션했다. 베르누이 유체역학 $\Delta P = \rho gh$ 를 한라산 화산 Magma 폭발식으로 적용했을 때 Dimension과 높이가 실측치와 일치했다. 아인슈타인 특수상대성이론과 샤논의 정보이론, 그리고 유체역학의 연돌효과(Stack Effect) 이론의 관계를 분석해 보고 화산 폭발의 관계를 수학적으로 증명했다. 아인슈타인, 베르누이의 에너지보존과 질량보존은 샤논 정리에서는 대역폭과 power의 효율 면과 같았다.

Abstract In this paper, the relevance between Einstein's special theory of relativity (1905) and Bernoulli's fluid mechanics (1738), which motivates Shannon's theorem (1948), was derived from the $AB=A/A=I$ dimension, and the Shannon's theorem channel code was simulated. When Bernoulli's fluid mechanics $\Delta P = \rho gh$ was applied to the Hallasan volcano Magma eruption, the dimensions and heights matched the measured values. The relationship between Einstein's special theory of relativity, Shannon's information theory, and the stack effect theory of fluid mechanics was analyzed, and the relationship between volcanic eruptions was mathematically proven. Einstein's and Bernoulli's conservation of energy and conservation of mass were the same in terms of bandwidth and power efficiency in Shannon's theorem.

Key Words : Shannon's theorem, Einstein's special theory of relativity, Bernoulli's fluid mechanics

1. 서 론

본 논문의 동기는 2011년 11월 이문호의 “샤논 (1948)을 넘어” 한국통신학회 정보와 통신 초청 논문 28권11호를 새로운 각도로 조명했다.

샤논은 어떻게 샤논 정리를 탄생시켰을까?. 2012년 12월 MIT 선형대수 저장 Strang교수의 초청으로 MIT

에서 강의를 하고 식사를 하는 장소에서 LDPC 코드 창안자이며 샤논의 제자 Gallager교수를 만나 식사를 하면서 답을 들었다. 아인슈타인 상대성원리, 베르누이 유체역학에서 ‘에너지보존과 질량보존’을 확인해 보라고 제안했다, 본 논문은 이 부분을 Dimension에서 확실히 찾았고 한라산 높이를 측정치와 제안식으로 풀어 확실함을 보인 것이다. MIT 찰스강가를 같이 걸으면서 토론한 내

*정회원, 전북대학교 전자공학부

**정회원, 송실사이버대학교 ICT공학과 (교신저자)

접수일자 2021년 2월 22일, 수정완료 2021년 4월 30일

게재확정일자 2021년 6월 4일

Received: 22 February, 2021 / Revised: 30 April, 2021 /

Accepted: 4 June, 2021

**Corresponding Author: kjs@mail.kcu.ac

Dept. of ICT Engineering, Korea Soongsil Cyber Univ., Korea

용의 결과다. 낮과 밤, 자석의 +와 -자연계와 인간계 물리 공학계의 공통점은 대칭으로 인력(引力) 상관관계로 $AB=1$ (상수) 관계를 분석했다^[1]. 질량(肉身)과 에너지(靈魂)가 한 몸이다 라고 아인슈타인의 그의 자서전에서 한 말이다. 천재 물리학자 아인슈타인은 특수상대성이론에서 질량과 에너지가 '하나다'를, 석가(釋迦)는 육신(肉身)과 영혼(靈魂)이 '하나다'를 반야심경(般若心經)에서 밝혔다. 석가(釋迦)의 반야심경(般若心經)에서 색즉시공(色卽是空), 공즉시색(空卽是色)이 나오는데 중심 사상은 공(空)이다. 색(色, 肉身, A)이 공(空, 靈魂, B)이고, 공(空)이 색(色), 이 말은 영혼의 육신이다. 즉 석가가 제자들에게 손등과 손바닥이 같은가 다른가를 질문했다. 답은 한 몸(身-Body), 하나다. 육신과 영혼이 일체가 한 몸, 즉 $A*B=1$, B는 A의 역(逆)인 상즉불이(相卽不二, $A*B=A*1/A=1$). 간단히 증명된 셈이다. 아인슈타인(1879-1955, 독일)은 질량(m, 불교의 肉身)과 에너지(E, 불교의 靈魂)는 '하나다'는 특수상대성이론 $E=mc^2$. 이때, 빛의 속도(c)를 매개변수로 했고 불교에서는 1이란 정수를 사용했다. 아인슈타인은 불교와 상관없는 물리학자로서 질량(물질=色)과 에너지(=空)의 보존 법칙을 발표해 놓고 보니 후일 불교의 경전을 보고서 결국 자신의 물리학적 이론이 부처님이 설파하여 놓은 색즉시공(色卽是空) 공즉시색(空卽是色)이라는 것을 증명한 것임을 알게 되어 가슴을 쳤다. 아인슈타인은 '모든 질량은 우리가 눈에 보이지 않는 것으로 산화하여 없어졌다 하여도 없어진 것이 아니라 이 우주 공간에 에너지로 변화하여진 것뿐'이라고 하였다. 가령 우리가 종이에 불을 붙여 태우면 불꽃을 일으키며 몇 초 안에 모두 타버려서 우리 시각에서 사라진다. 그러나 허공에 에너지로 변화하여 그대로 존재한다는 것, 특수상대성이론은 기존의 4가지 법칙을 통합했다. 라보아젤(Lavoisier 1743-1794, 프랑스)의 질량보존의 법칙인, "모든 화학 반응에서 반응전후의 물질의 양은 일정하다."는 것과 패러데이(Faraday 1791-1867, 영국)의 '전자유도법칙', 맥스웰(Maxwell 1831-1879, 영국)의 전자파 파동방정식 그리고 뉴턴(Newton 1643-1727, 영국)의 뉴턴 역학 제 2법칙이다. 아인슈타인의 특수상대성이론은 그 이후에 나타난 양자역학에 응용되어 디랙(Dirac, 1902~1984)의 전자이론에서 큰 수확을 얻게 되었다. 플랑크의 양자가설에서 시작된 근대양자역학은 하이젠베르크(Heisenberg, 1901~1976)의 행렬 역학, 슈뢰딩거(Schödinger, 1887~1961)의 파동방정식을 거쳐, 비(非)상대론적 양자역학으로 발전되게 되었다. 아인슈타인의 특수상대성이론 응용은 1945년 일본 히로시마를 원

자폭탄이 덮쳤다. 방사선 원소 우라늄235 원자핵의 질량이 에너지로 빛이 속도 제곱으로 변화한 것이 원자폭탄이고 서서히 에너지를 방출한 게 원자력 발전이다. 아인슈타인의 특수상대성이론 위력이다. 질량이 속도의 터널을 지나면 거대한 에너지로 전환된다는 $E=mc^2$ 사실이 세상에 알려지자 독일은 비밀리에 원자폭탄 개발에 들어간다. 이를 눈치챈 영국과 미국은 전세(戰勢)를 결정지을 '가공할 원자폭탄'을 먼저 만들기 위해 맨해튼계획에 돌입한다. 승리의 관건은 노르웨이의 중수(重水)공장에 있었다. 결론적으로 아인슈타인의 원자폭탄과 석가의 불교는 자연계에서의 근본원리는 같지만 최종 목표에 다가서는 방법이 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 아인슈타인의 특수상대성이론은 원자폭탄으로 살생(殺生)을 하면서 2차 대전 종전을 했다면 석가는 구세(救世)로 4대 종교가 됐다. 세상 이치를 아인슈타인은 $E=mc^2$ 의 '네 글자'로 석가는 상즉불이에서 '네 글자'로 표시했다. 석가는 불교 반야심경의 상즉불이(相卽不二)를 $A*B=상수(常數)$ 자연수(自然數) 1로, 아인슈타인은 특수상대성이론인 시공간, 광(時空間光) 관계를 $E/m=상수(常數)$ 빛의속도 c^2 으로, 사논의 정보 이론의 C/W 를 상수로, 베르누이 Stack Effect 관계를 $\Delta P/\rho g=높이$ 로 나타냈다. 본 논문은 2장 아인슈타인 특수상대성이론, 3장 사논의 정보이론 정리, 4장 유체역학의 베르누이 정리, 5장 검토 그리고 6장 결론을 맺는다.

II. 아인슈타인의 특수상대성이론

질량과 에너지의 등가성 즉 에너지와 질량은 한몸이다를 분석해 보면, 질량 m 인 물체가 힘 F 를 받고 그 방향으로 S 만큼 변위를 받았을 때에 물체의 운동에너지의 증가를 ΔE 라 하면 다음과 같은 공식이 성립된다.

$$\Delta E = f ds. \quad (1)$$

그런데, 운동량의 시간적 변화율이 힘이기 때문에, v 를 속도라고 한다면, 다음과 같이 된다.

$$F = \frac{d}{dt}(mv) \quad (\text{Newton의 제 2 법칙}).$$

$$\Delta E = \int \frac{d(mv)}{dt} ds = \int \frac{ds}{dt} d(mv) = \int v d(mv). \quad (2)$$

특수상대성이론에 의하면, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ 이기 때문에

다음과 같이 된다.

$$v = c\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} \quad (3)$$

이것을 먼저 식에 넣으면, 다음과 같이, 질량과 에너지의 증가식이 성립된다.

$$\begin{aligned} \Delta E &= \int c\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} d(mc\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}}) \\ &= c^2 \int \sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} \left\{ \sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} + \frac{m_0^2}{m^2} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}}} \right\} dm \\ &= c^2 \int dm \end{aligned} \quad (4)$$

$$\Delta E = c^2 \Delta m \quad (5)$$

$$\text{따라서 } E = mc^2 \quad (6)$$

식 (4) 유도:

$$\begin{aligned} d\left(mc\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} \right) &\Leftrightarrow duv = a'v + uv' \\ &= cd\left(\left[m' \cdot \sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} \right] + \left[m \cdot \left(\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} \right)' \right] \right) \\ &= cd\left(\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} + \left(m \cdot \frac{1}{2} \left(1 - \frac{m_0^2}{m^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \cdot m_0^2 \cdot (-2) \cdot (m^{-3}) \right) \right) \\ &= cd\left(\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} + \left(m \cdot m_0^2 \cdot m^{-3} \cdot \left(1 - \frac{m_0^2}{m^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \right) \right) \\ &= cd\left(\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} + \left(\frac{m_0^2}{m^2} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}}} \right) \right) \right) \\ &= cd\left(\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} + \left(\frac{m_0^2}{m^2} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}}} \right) \right) \right) \\ &= c\left(\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} + \frac{m_0^2}{m^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}}} \right) dm \end{aligned}$$

이렇게 힘이 물체에 작용함으로써 생긴 운동에너지의 증가와 질량의 증가의 비는 언제나 c^2 과 일치한다^[2]. 이 결론은 물질불멸의 법칙과 에너지 불멸의 법칙이 동일하다. 독일 괴팅겐 대학의 Amalie Emmy Noether(1882-1935) 교수는 역학(힘과 운동, 자연 법칙)과 대칭의 추상 세계를 가장 직접적이고 깊이 있게 연결된다는 연결고리를 찾았다. 대칭과 에너지와 질량 보존 법칙의 개념을 통해 대칭(symmetry)이 자연에서 가장 직접적으로 연결(connecting)된다는 것을 수학적으로 증명했다^[3]. 이에 힌트를 얻은 아인슈타인은 특수상대성이론을 발견했다.

즉 라보아젤의 질량 보존, 파레데이의 전자유도법칙, 막스웰의 전자파 파동방정식과 뉴턴의 역학 제 2법칙을 통합해서 특수상대성이론을 탄생시켰다.

▶ 아인슈타인 특수상대성이론 (시간과 공간)

$$\frac{E}{m} = c^2 = (3 \times 10^8)^2 [m/s]^2$$

$$\Rightarrow \text{단위: } \left[\frac{kg \cdot m^2}{sec^2} \right] \left[\frac{1}{kg} \right] = [m/s]^2$$

따라서 $\frac{\text{에너지보존}}{\text{질량보존}} \Rightarrow \text{상수}$. (7)

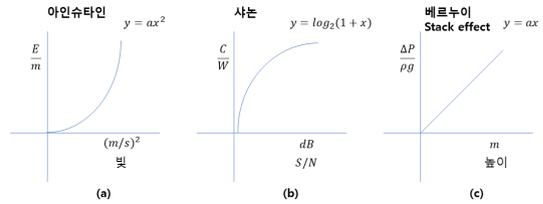


그림 1. (a)아인슈타인 특수상대성이론 (b)샤논의 정보이론 (c)베르누이 Stack Effect: 특성 비교 그림
 Fig. 1. (a) Einstein's special relativity (b) Shannon's information theory (c) Bernoulli Stack Effect: Characteristics Comparison Figure

III. 샤논의 정보이론 정리

1948년에 샤논에 의해 발견 되었던 채널 용량(Channel capacity)은 어떤 곳에서 다른 곳으로 정보를 보내기 위해 사용되는 물리적인 통로인 채널(Channel)에서 정보가 에러를 발생시키지 않고 보내질 수 있는 최대의 속도를 말한다^[4]. 채널 용량은 또한 전송에 쓰이는 매체가 수용할 수 있는 정보의 전송 능력이라고도 할 수 있으며 채널을 통해 보내지는 데이터의 양은 그 채널의 대역폭(Bandwidth)에 비례한다. 채널용량 C는

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) [\text{bits/sec}] \quad (8)$$

여기에서 $\frac{S}{N}$: 신호대잡음비, W: 채널의 대역폭, $N = N_0 W$,

$$\frac{S}{N_0 C} = \frac{E_b}{N_0}$$

(8)식을 정리하면

$$\frac{C}{W} = \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 W} \right) = \log_2 \left(1 + \frac{E_b}{N_0} \left(\frac{C}{W} \right) \right) \quad (9)$$

(8)식에서

$$2^{C/W} = 1 + \frac{E_b}{N_0} \left(\frac{C}{W} \right), \quad \frac{E_b}{N_0} = \frac{W}{C} (2^{C/W} - 1),$$

$$\frac{C}{W} = \frac{N_0}{E_b} (2^{C/W} - 1) \quad (10)$$

따라서 Shannon limit를 유도하면

$$\lim_{x \rightarrow 0} (1+x)^{1/x} = e \quad (11)$$

여기에서 $x = \frac{E_b}{N_0} \left(\frac{C}{W} \right)$ 이면

$$\frac{C}{W} = x \log_2 (1+x)^{1/x}, \quad 1 = \frac{E_b}{N_0} \log_2 (1+x)^{1/x}$$

만일 $\frac{C}{W} \rightarrow 0$ 이면 $\frac{E_b}{N_0} = \frac{1}{\log_2 e} = 0.693$, dB로 바꾸어

$$10 \log_{10} 0.693 = -1.59 \text{ dB} \quad (12)$$

(8)식에서 $\frac{C}{W} (\text{bits/sec/Hz}) \Rightarrow [dB]$ 와 같음을 보였다.

즉, $\frac{\text{채널}}{\text{대역폭}} \Rightarrow$ 신호대잡음비[dB], 채널과 대역폭

관계로 $\frac{A}{B} \Rightarrow$ 상수 신호대잡음비[dB]로 표현된다.

▶ Shannon 채널용량 (통신시스템)

$$\frac{C}{W} \Rightarrow \text{단위 [dB] 따라서 } \frac{\text{채널용량}}{\text{대역폭}} = \text{상수(신호대잡음비)} \quad (13)$$

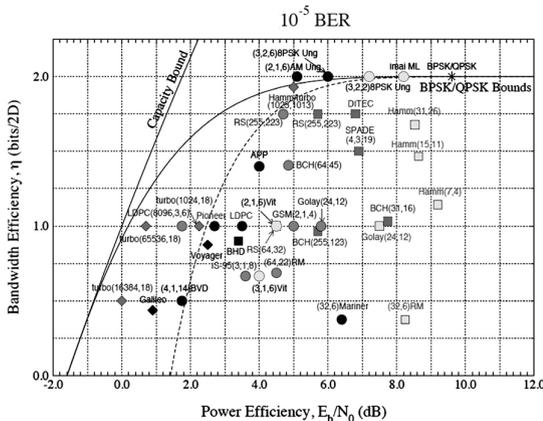


그림 2. 대역폭과 전력효율 사채널 용량의 상호 비교
Fig. 2. Comparison of bandwidth and power efficiency
Shannon channel capacity

1962년 MIT Gallager에 의해 제안된 LDPC(Low Density Parity Check Code)는 1990년대 중반에 Mackay와 Neal에 의해 재발견된 이래 사논의 이론적

채널 용량 한계에 근접하는 성능을 가진 부호로서 많은 연구가 진행되어왔다. 또한 Polar Code는 입력된 채널을 분리와 합(splitting and sum)으로 천이성능을 향상시킨다는 개념으로, 터키의 Bilkent대학 Erdal Arikan 교수(2009: MIT Gallager교수의 제자)에 의해 제안되었다. 이러한 코드는 Coding Gain이 채널 환경에 따라 Shannon limit에 거의 접근한다. LDPC는 Shannon limit에 Approach이고, Polar Code는 Achieving이다.

그림 2은 초기 Error Correcting Code인 Hamming Code, Golay, BCH 등에 비해 Turbo Code, LDPC 등은 Shannon limit에 근접함을 보여준다.

정보이론 연구는 MIT의 사논 정보이론, Gallager의 LDPC, Arikan의 Polar Code 3대(代)가 주류를 이루고 있다.

IV. 유체역학의 베르누이 정리

Euler의 유체역학 미분방정식을 적분한 것이 베르누이 유체역학 정리이다. 베르누이(Bernoulli, Daniel, 1700.2.9.~1782.3.17. 스위스의 수학자, 이론 물리학자) 정리는 운동에너지($\frac{1}{2}mv^2$)과 위치에너지(mgz)에 압력에너지(PV)를 더한 것이다. 유체관(flow tube)이 있다면 수두(水頭)로 표현하면 속도수두+위치수두+압력수두는 일정하다^[5]. 즉, 운동에너지($\frac{1}{2}mv^2$)와 위치에너지(mgz)에 압력에너지(PV)를 더한 것이 일정하다면 베르누이의 정리에 의해서 다음 식(14) 처럼 쓸 수 있다.

관로에 유체가 흐를 때 단면 1, 2사이에 베르누이 정리에 의해 유체의 속도 v_1, v_2 , 유체의 밀도 ρ , 표준 중력 g , 높이 h_1, h_2 , 절대 압력 P_1, P_2 에서 ρg 를 r , $\frac{v^2}{2g}$ 는 속도수두, z 는 위치수두, $\frac{P}{r}$ 은 압력수두라면

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{r} + z_1 + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{r} + z_2 + h_2 \quad (14)$$

$$h_1 - h_2 = \frac{P_1 - P_2}{r} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + (z_1 - z_2) \quad (15)$$

여기서, $\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + (z_1 - z_2) = 0$ 이면 식(16)처럼 주어진다.

$$h_1 - h_2 = \frac{P_1 - P_2}{r} = \frac{\Delta P}{\rho g} [m] \quad (16)$$

한라산 백록담 서벽은 약 2만3000년에 분출됐다. 이러한 지하 Magma 유출은 ΔP 는 101,325, ρg 는 9,800 [N/m^2], 밀도값 0.0053 [kg/m^3]의 유체흐름과 같다⁶⁾. 따라서 제주도 화산인 한라산 높이 식(16)을 이용하면

$$H = \frac{\Delta P}{0.0053\rho g} = \frac{101,325}{0.0053 \times 9,800} \left[\frac{N}{m^2} \right] \times \left[\frac{m^3}{N} \right] = 1950m.$$

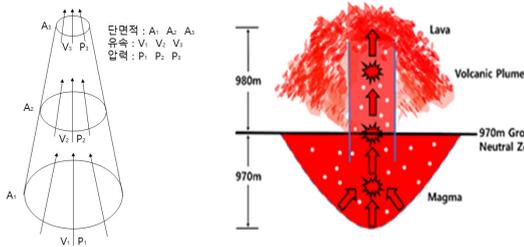


그림 3. (a) 베르누이 유체관 (b) 베르누이 Stack Effect 정리에 의한 한라산 높이
 Fig. 3. (a) Bernoulli fluid pipe (b) Hallasan height by Bernoulli Stack Effect

그림 3은 베르누이 유체관과 베르누이 Stack Effect 정리에 의한 한라산 높이를 보여준다. 베르누이 정리에 의해 단면적이 크면 유속은 느리고, 좁은 단면적에서는 유속이 빨라진다. 즉 질량 보존이 된다는 것이고 이상 유체에서 압력, 위치, 속도의 총합은 일정 불변이다.

▶ 베르누이 정리 Stack Effect (연돌효과)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho g} \Rightarrow \text{단위} &: \frac{[kg \cdot m/sec^2]}{[kg/m^3] \times [m/sec^2]} \\ &= [N/m^2] \times [m^3/N] = [m] \\ \frac{\text{압력}}{\text{단위중량}} &= \frac{\text{에너지보존}}{\text{질량보존}} = \text{일정상수(constant)} \quad (17) \end{aligned}$$

V. 검 토

자연계와 물리계(界), 人間界 등에 아름다운 것은 대칭(symmetry)이다. 그 대칭(+;-)은 전기 역학적으로 자석이 +와 -가 있듯이 그 두 pole 간에는 인력(引力)이 작용한다. 질량과 에너지는 하나다.

불교의 반야심경의 상즉불이(相卽不二), 천주교의 '나는 मैं이다(요한복음 10장 9절)'에서 보는 육체(A)와 정신 혼(B)는 대등하고 둘이 공존할 때 하나다. 즉 A=B, B=A; AB=A/A=1.

아인슈타인(1905) 특수상대성이론 E(에너지보존)/m(질량보존)은 하나로 봤고 수학의 E. Noether 정리가 이용했다. 즉 에너지/질량을 상수로 나타냈고 샤논(1948)의 정보이론은 주어진 동축 cable, optical, 공간의 채널 대역폭 속에 얼마만큼의 정보를 packing 할 수 있는지를 수학적으로 풀었다. 양자간에는 Trade-off가 있다. 베르누이는 뉴턴역학을 유체역학 모델로 운동에너지와 위치 에너지와 압력에너지를 더했을 때 유체관속에서 일정함을 증명했다. 공간 매질이나 유체매질이 대동소이함을 착안했다. 이문호는 베르누이 정리를 화산(volcanic) 폭발 등에 적용해 화산 높이를 쉽게 구했다.

VI. 결 론

아인슈타인 특수상대성 이론과 샤논의 정보이론, 그리고 유체역학의 연돌효과(Stack Effect) 이론의 관계를 분석해 보고 화산 폭발의 관계를 수학적으로 증명했다.

일반적으로 무선통신에서, 주파수변조는 진폭변조(20KHz)보다도 잡음에 대하여 강하지만 점유주파수대역폭은 주파수변조 쪽이 Carson정리에 의하여 7배 더 크다. 즉, 무선주파수 유효이용이란 점에서는 주파수변조가 뒤떨어진다. 이와같이 보다 좋은 통신계를 설계한다는 관점에서 보면 부호기의 역할에 관해 보다 깊은 고찰이 필요하다. 그 결과 필연적으로 앞에서 지적한 정보이론의 두 가지 중심적 과제에 부딪히게 된다. 샤논의 가장 큰 공적은 극히 간략화한 통신계의 모델을 이용하여 이들 과제 사이의 관계를 명확히 한데에 있다. 샤논은 주파수 대역폭과 신호와 잡음 사이 관계를, 아인슈타인은 질량과 광속도 사이 관계를 명쾌하게 한 식으로 묶어 놓았다. 이 얼마나 아름다운 식인가. 오늘날의 5G 무선이동통신도 샤논의 손바닥 안에 있다. 주파수 스펙트럼 효율을 높이기 위해 Relay-MIMO와 인접 신호간 간섭을 줄이기 위한 연구 등이 활발히 진행되고 있다. 세상을 바꿀 기술은 기존 이론의 융복합-아인슈타인의 특수 상대성원리와 샤논정리로 나가는 길과 전혀 새로운 아이디어 기술 개발이다. 과연, 샤논을 뛰어 넘을 새로운 이론은 나타날 것인가? 정보와 물질을 하나로 묶어 Trade-off 할 수는 없을까?

표 1. 아인슈타인의 특수상대성이론과 사는정리

Table 1. Einstein's Principle of Special Relativity and Shannon's Theorem

	아인슈타인(1905)	샤논(1948)
일반식	$E=mc^2$	$C=W\log_2(1+S/N)$
공통점	① 이기종융합(Heterogenous Fusion)= 뉴턴역학(Newton Dynamics) + 맥스웰 파동방정식 (Maxwell Wave Equation) ② 一定 상수 빛의속도 ² $E/m=c^2$ ③ 질량과 에너지 Trade-off : 상대적(Relative)	① 이기종융합(Heterogenous Fusion) = 열역학(Thermodynamics) + 확률(Probability) ② 一定 상수 $\log_2(1+S/N) C/W= \log_2(1+S/N)$ ③ 대역폭과 채널용량 Trade-off : 상대적(Relative)
연구 배경 및 통합 이론	① Lavoisier(1743-1794, 프랑스) : 질량보존의 법칙, "모든 화학 반응에서 반응 전후의 물질의 양은 일정하다." ② Faraday(1791-1867, 영국) : 전자유도법칙, 전자유도(電磁誘導)에 의해 회로에 발생하는 기전력은 자속쇄교회수의 시간 감소 비율에 비례한다. 발전기 및 전동기 원리 ③ Maxwell(1831-1879, 영국) : 전자파 파동방정식, $\nabla^2 E / \left(\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \right) = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}, \quad \nabla^2 H / \left(\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \right) = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} [m/s] = 3 \times 10^8 [m/s]$ ④ Newton(1643-1727, 영국) : 뉴턴 역학 제2법칙, $F=ma$	① A.H. Reeves(1902-1972, 영국) : 1937년, Pulse code modulation ② H. Nyquist(1889-1975, 미국) : 표본화 정리 $T = \frac{1}{2f_m}$ ③ J.R. Carson(1886-1940, 미국) : 1922년, FM 대역폭 $(2(m_f + 1)w_m \approx 2w_m)$ 과 잡음 관계 ④ 샤논(1948) : Entropy 정의와 Euclidean distance, Fourier(1822) Transform, Markov(1856-1922, 러시아), Gauss (1777-1855, 독일) 분포

표 2. 불교, 아인슈타인, 샤논, 베르누이, 자켓 정리비교

Table 2. Buddhism, Einstein, Shannon, Bernoulli, jacket theory comparison

	불교(B.C.6~4세기, Catholic(1세기))	아인슈타인 특수상대성이론(1905)	샤논 정리(1948)	베르누이 정리(1738)	이문호 Jacket 행렬 ^[7] (1989)
특징	•색(A:육체)즉사공(B:정신), •나(A)는 門(B)이다 A=B, B=A, A/B=1, B=A ⁻¹ , A/A=1.  단위 : 정수 A(육신), B(魂) $\left. \begin{matrix} A=1 \\ B=0 \end{matrix} \right\} 0 \quad \left. \begin{matrix} A=0 \\ B=1 \end{matrix} \right\} 0$ $\left. \begin{matrix} A=1 \\ B=1 \end{matrix} \right\} 1$ (동시에만 성립) 육신과 정신은 하나다.	$E/m = c^2$ 에너지보존 질량보존 $= constant$ $(3 \times 10^8 m/s)^2$ 단위 : $\left[\frac{kg \cdot m^2}{sec^2} \right] \left[\frac{1}{kg} \right]$ $= [m/s]^2$ 에너지와 질량은 한몸이다.	$C/W = \log_2(1 + S/N)$ 채널용량 대역폭 $= constant$ $= 0.693$ or $-1.59dB$ \Rightarrow $\frac{Bandwidth\ efficiency}{Power\ efficiency}$ 단위 : [dB] 대역폭과 용량 관계는 Trade-off	$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh$ $= constant$ $\frac{\Delta P / \rho g}{에너지보존}$ $\frac{질량보존}{[m]}$ 단위 : $\frac{[kg \cdot m / sec^2]}{[kg/m^3] \times [m/sec^2]}$ $= [N/m^2] \times [m^3/N]$ $= [m]$	$\cdot [A][B] = [B][A] = [I]_n$ T: transpose $B = \frac{1}{n} (a_{ij}^{-1})^T$ 예) $\frac{[A]}{[B]} = [I]$, 단위 : 단위행렬 역행렬은 element-wise inverse

References

- [1] Moon Ho Lee, Jeong Su Kim, "A Beautiful Question: Why Symmetric?", *Advances in Artificial Systems for Medicine and Education III*, pp. 136-147, 2019.
DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-030-39162-1_13
- [2] Einstein, Albert. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", 1905
DOI : <https://doi.org/10.1002/andp.19053221004>
- [3] Dick, Auguste. Emmy Noether, 1882-1935, H. I. Blocher (trans.), Boston: Birkhäuser., pp. 54-55. 1981.
https://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Fitting
- [4] C. E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication" *Bell System Tech. Journal* Vol. 27, pp. 379-423, 623-656, 1948.
DOI : <https://doi.org/10.1145/584091.584093>
- [5] Baumann, R.: Schwaneberg, R.: Interpretation of Bernoulli's Equation, *The Physics Teacher*, Vol. 32, pp. 478 - 488, Nov. 1994.
DOI : <https://doi.org/10.1119/1.2344087>
- [6] Moon Ho Lee, Jeong Su Kim, "The Natural Intelligence of the Wind Castle Design with the World Natural Heritage of Jeju Island", *Advances in Artificial Systems for Medicine and Education IV*, pp. 237-247, 2020.
DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-030-67133-4_22
- [7] Moon-Ho Lee, Jeong-Su Kim, "Characteristics of Jacket Matrix for Communication Signal Processing", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, Vol. 21, No. 2, pp. 103-109, 2021.
DOI : <https://doi.org/10.7236/IIBC.2021.21.2.103>

저 자 소 개

이 문 호(정회원)



- 1984년 전남대학교 전기공학과 박사, 통신기술사
- 1985년~1986년 미국 미네소타 대학 전기과 포스트닥터
- 1990년 일본동경대학 정보통신공학 과박사
- 1970년~1980년 남양MBC 송신소장
- 1980년 10월~2010년 2월 전북대학교 전자공학부 교수
- 2009년 4월~2013년 월 WCU-2 연구책임교수
- 2015 국가연구개발 우수성과 100선
- 현재 전북대학교 전자공학부 초빙교수
- 주관심분야 : 무선이동통신, 통신이론, Molecular communication

김 정 수(정회원) 교신저자



- 1998년 : 전북대학교 정보통신공학과 석사
- 2003년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사
- 2002년 6월 ~ 현재 : 송실사이버대학교 ICT공학과 부교수
- 주관심분야 : 이동통신, IoT

※ 논문을 꼼꼼히 읽어주신 호광춘교수님께 감사드립니다.