

# 이진 디지털 전송 시스템의 수신시 오류 진단에 관한 연구

A study Error Diagnosis in the Binary  
Digital Transmission system

박 현 근  
(승실대학교 전자계산원)

## ◀ 차 례 ▶

1. 서론
  2. 확률적인 추론
  3. 이진 전송 진단 시스템
  4. 실험 및 결과
  5. 결 론
- 참고문헌

## 1. 서론

정보화 사회의 중심 산업은 정보산업이며 정보산업은 마이크로 엘렉트로닉스(Micro Electronics)에 바탕을 둔 컴퓨터 및 데이터 통신을 주된 도구로 하여 정보 자원을 효율적으로 수집, 가공, 처리하여 산업 및 사회 전반에 적용, 활용토록 함으로써 생산성과 능률을 극대화시키는 제 4 차 산업이다.일본 정보과학 연구소의 요네지마쓰다의 컴퓨터화의 사회적 영향이라는 논문에서 예시된 농업 사회, 공업 사회, 정보화 사회의 생산 구조와 사회구조의 관점에서 본 특성을 보였다.

정보사회에 있어서 신속한 정보 교환(전달)은 정보 사회가 정착, 발전하기 위해 핵심적이며 이를 실현하기 위한 기술을 우리는 정보 통신이라고 한다. 현재 정보 통신은 단순한 기업

내 통신 형태에서 정보 통신 서비스를 개발,제공하는 형태로까지 발전하였고, 정보 통신 이 사용자도 일반인에게 까지도 확대되었다.

통신의 주 목적은 사람의 음성을 전달하는데 있다. 어떤 통신 시스템이든지 약간의 잡음과 의곡이 있기 마련이다. 특히 데이터 전송에서는 에러율을 최소화하기 위해 음성보다 더욱 까다로운 여러 가지 기준을 만족해야 만 한다. 음성 통화시에는 약간의 충격성 잡음이나 의곡이 상대방의 통화 내용의 의미를 이해하는데 큰 문제가 되지 않는다. 전보문에 한 두자 에러가 있어도 읽는 사람은 전 후 형편을 살펴 그 의미를 짐작해 낼 수 있다. 데이터 전송은 두 가지 면에서 음성 통신과 다르다.

첫째, 음성 통신은 사람이 직접 듣고 말하므로 잡음이나 의곡의 영향을 받지 않으나 데이터 전송을 행하는 데이터 기기들은 사람과 같은 지능이 없기 때문에 조그마한 에러도 스스로 알아서 처리할 수 없다. 둘째, 사람이 통화시에 전달되는 정보의 속도는 데이터 전송 속도에 비해 매우 느리다.

잡음은 실제 시스템에서도 피할 수 없는 것이기 때문에 고성능(High Performance)의 통신을 위해서라면 잡음의 영향을 최소화하는 기법을 사용해야 한다. 각 표본 값이 n 펄스 군으로 전송되고, 이런 n 펄스들 중 어떤 것이 채널에서 잡음의 영향으로 인해 수신기에서 오류가 될 수 있다. 수신된 신호대 잡음비의 함수로서도 오류의 확률을 계산할 수 있다. 각각 개별적인 펄스는 디지털 심벌 또는 비트(bit)이다. 즉 비트 오류 확률을 아는 것이다. 디지털 데이터 통신 시스템의 시스템 성능을 측정하는 중요한 수단은 오류의 확률을 측정하는 것이다.

### 1-1. 정보량의 개념

허용 전문  $m_1, m_2, \dots$ 의 발생 확률이 각각  $P_1, P_2, \dots$ 이고  $P_1 + P_2 + \dots = 1$ 인 통신 시스템에서 송신측에서 발생 확률이  $P_k$ 인 전문  $m_k$ 를 선택하여 송신하고 수신측에서 정확하게 수신한다고 할 때

정보량  $I_k = \log_2 \frac{1}{P_k}$  을 전송한다고 한다.

발생 확률이  $P_1, P_2, \dots$ 인 M개의 서로 다른 독립적인 전문  $m_1, m_2, \dots$ 가 있고 임의의 전송 주기 동안에 L개의 전문이 연속적으로 발생된다고 하면, L개의 전문이 연속하는 경우를 생각하면  $m_1$ 이  $P_1L$ 개,  $m_2$ 가  $P_2L$ 개의 전문 등으로 전송된다.

그러한 연속적인 전문에서 총 정보량은

$$I_{total} = P_1L \log_2 \frac{1}{P_1} + P_2L \log_2 \frac{1}{P_2} + \dots$$

정보 전달을 위한 통신 시스템은 한 지점에서 또 다른 지점으로 지식을 전달함으로써 요

구된 결과를 얻기 위한 회로와 장치의 조합이다. 통신 시스템의 특징은 불확실성의 원리가 존재한다는 것이다. 이 불확실성은 어느 시스템이나 불가피하게 존재하는 대개 잡음이라고 하는 원하지 않는 방해 신호와 또 정보 그 자체의 예측 할 수 없는 성질에 기인한다. 그런 불확실성의 존재하에서 시스템을 분석할 때에는 확률적인 방법을 사용한다. 1940년대까지는 확률적인 시스템 분석이 잡음하에서 동작하는 통신 시스템을 분석하고 최적화 시키는데 사용되지 않았다. [Wiener 1949, Rice 1944, 1945]

그러나 1940년대 후반에 샤논(Claude Shannon)의 통신의 수학적 이론이 출판되고 나서야 정보의 예측할 수 없는 성질을 폭넓게 이해할 수 있게 되었다. 또한 정보 이론의 시초가 되기도 하였다. 1948년에는 정보를 bit로 표현하고 확률적인 개념을 통신에 이용하기 이르렀다. 통신 시스템은 대개 멀리 떨어진 지점간의 정보 전송을 위한 시스템의 입장에서 생각한다. 많은 다른 형태의 메시지는 아날로그와 디지털로 분류될 수 있다. 아날로그는 시간의 연속적인 변수의 함수로써 표현할 수 있고, 디지털은 이산 기호로써 구성될 수 있다. 거의 항상 소스로부터 만들어진 메시지는 특정한 통신 시스템에 적합하도록 변환기에 의해 변환되어야 한다. 전기 통신에서는 음파는 마이크로폰에 의해 전압 변화로 변환된다. 변환된 그런 메시지를 메시지 신호라 한다. 따라서 메시지 신호를 시간에 따라 변화하는 양(대부분 전압이나 전류)으로써 해석한다.

## 1-2. 진단 시스템

진단 기능은 시스템의 장애가 발생하였을 경우 이상 상태를 종합적으로 분석하여 그 원인을 탐색한다. 이러한 수법을 진단(Diagnosis)이라고 하며, 논리회로를 주체로 한 장치의 고장 진단(Fault Diagnosis)에는 여러 방식이 있다.

소프트웨어 장애의 경우에는 트레이스 해석으로 원인을 탐색하며, 데이터 파괴의 유무를 확인하기 위한 데이터 베이스 검사, 데이터 베이스 액세스시의 실행 내용이나 상태의 기록 및 분석(감시 기록)을 하는 데이터 베이스 진단(Data Base Diagnosis)방식이 있다. 하드웨어 장애의 경우에는 장애 장치를 식별하고, 장치에 내장된 진단 기능과 진단 프로그램에 의하여 장애를 탐색한다. 하드웨어의 전달 방식에는 시험 데이터나 출력 데이터와 고장 장치와의 대응표의 작성 방법, 시험 데이터의 입력 방법 등에 의한 각종 방식이 있다. 상기 위에서 여러 가지 진단의 종류를 서술했으나 본고에서는 수신시 판단이 정확한 이진 진단 시스템에 관하여 논하고자 한다.

시스템의 장애가 발생하였을 경우 이상 상태를 통행적으로 분석하여 그 원인을 탐색한다. 이러한 수법을 진단(diagnosis)이라고 하며, 또한 논리회로를 주체로한 장치의 고장 진단(fault diagnosis)에는 여러 방식이 있다.

먼저 소프트웨어 장애의 경우에는 트레이스해석으로 원인을 탐색하며, 하드웨어 장애의 경우에는 장애 장치를 식별하고, 장치에 내장된 진단 기능과 진단 프로그램에 의하여 장애를 탐색한다.

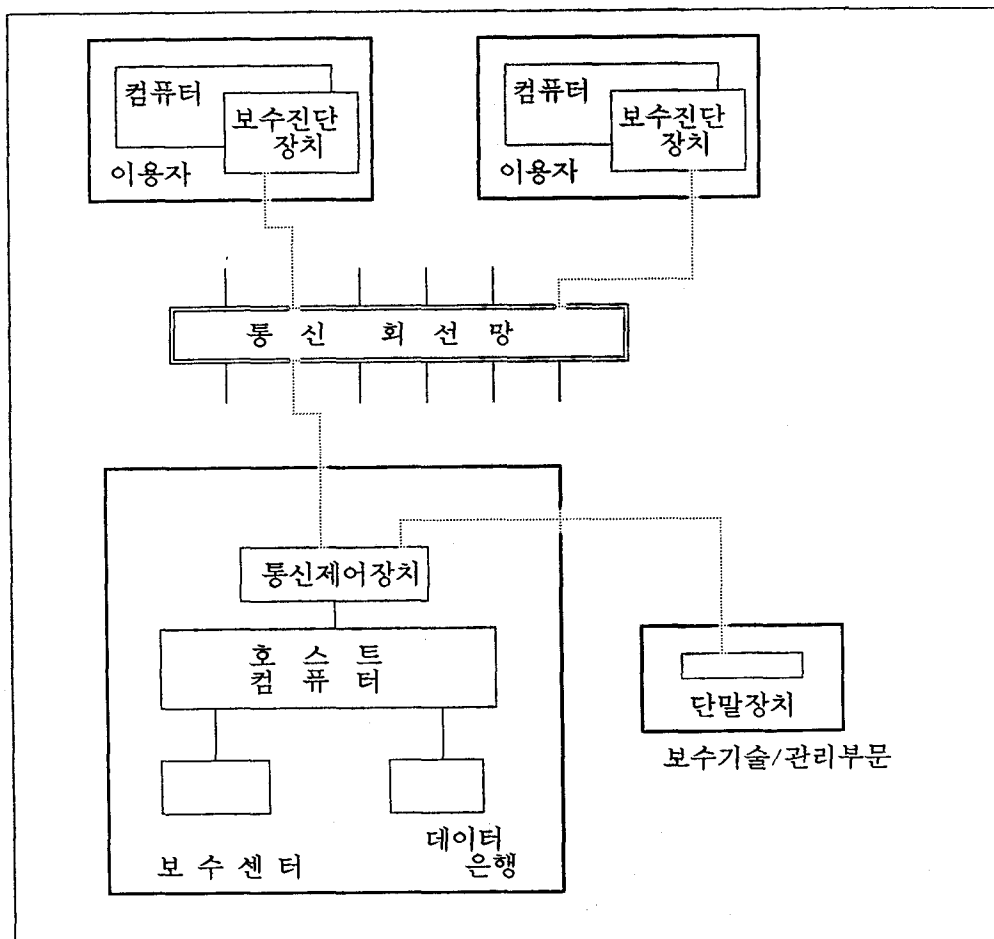
대표적인 고장 진단 기능 방식은 다음과 같다.

(a) FLT(fault locating test) 방식

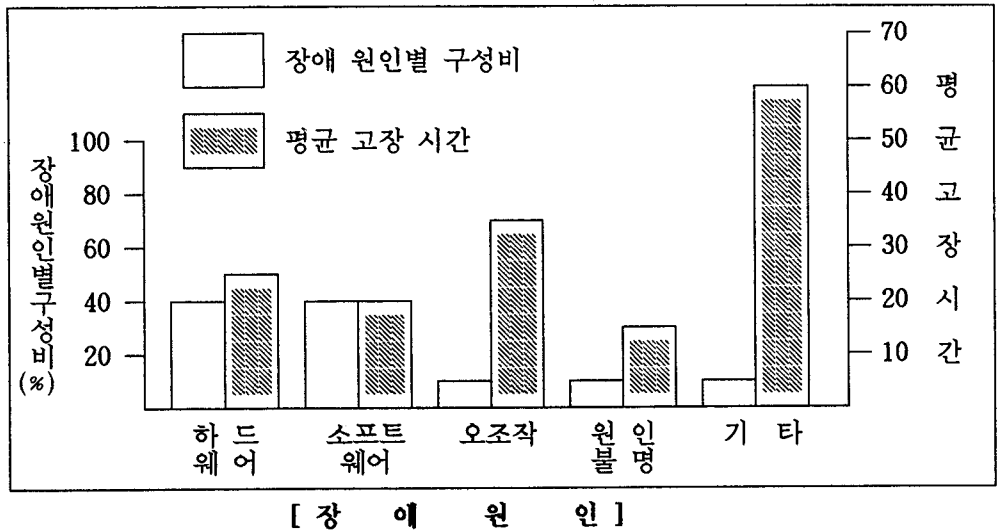
대형 컴퓨터의 CPU에 사용되는 고장 진단의 논리 방식의 하나이며, 통상 전용의 진단 장치로써 외부 진단을 수행한다.

(b) 기능 진단 방식

피 진단 회로의 기능에 착안하여 시험 데이터를 입력하고 그 실행 결과와 시험 프로그램에 미리 준비한 장애 데이터를 비교하여 정상 또는 이상 판정을 행한다.



[그림 1] 원격 보수 시스템 예



[ 도표 1 ] 데이터 통신 시스템 장애의 원인별 발생 상황

장애(오류) 진단 문제는 가정한 오류 모형에 대해서 오류가 있는지 없는지의 판단을 위한 검출과 오류가 검출된 후 어디에서 오류가 발생하였는지 결정을 위한 두 가지로 나누어서 생각할 수가 있다. 오류 위치는 오류가 검출된 후에야 결정될 수 있으므로 오류 검출이 선결 문제가 된다.

오류 진단 시스템에 대한 기본 방식은 송신측에 입력 값을 임의적으로 주어서 오류 결과를 찾는 것이다.

오류 결과를 찾기 위해서 네트워크의 송신측에 0(zero)과 1(one)을 주어 올바르게 수신측의 출력 값이 되었는가를 확인하는 것이다. 즉 테스트 값을 입력측에 주고 올바른 출력이 되었는지를 확인한다. 입력측에 각각의 상태로 바꾸어 가며 출력 값이 올바르게 출력되는지를 비교한다.

### 1-3. 이진 통신 시스템 (binary communication system)

전송해야 할 정보는 어떠한 형태의 정보라도 일반성을 잃지 않고 2진법으로 항상 표시할 수 있다는 것이 정보 이론의 중요한 결과이다.

디지털 통신 시스템에서는 전송하는 문제는 부호화한 유한개의 부호 파형 중에서 1개씩 선택하여 보내게 된다. 즉 유한개의 알고 있는 파형 중에서 하나씩 전송하고 검출하다. 유한개의 이산적인 크고 작은 크기의 신호로써 표시 할 수 있다. 이와 같이 이산화된 신호를 디지털화 하여 유한개의 기호(레벨)로 전송한다. 신호가 전송되는 동안에 신호 파형은 통신로 잡음에 의해서 오염된다. 이러한 잡음에 오염된 신호가 수신측에 도달하면 수신측에서는 여러 개의 펄스 중에 어느 펄스가 왔는지 판별 결정해야 한다. 통신로의 잡음은 수신한 펄스의 판별 결정에 어느 정도의 오차를 가져온다. 따라서 여러 결정 중에 어떤 것은 잘못 될 수 있

으며 이 잘못은 잡음이 증가할수록 많아진다. 그러므로 디지털 시스템에서 잘못이 발생하는 확률은 신호의 검출에 있어서 더 의미가 있는 기준이 된다고 볼 수 있다.

이진 통신이 실제로 가장 많이 사용되므로 여기서 취급 범위를 2진 통신(binary communication) 즉 2개 부호만을 사용하는 통신에 국한하겠다. 이진 통신 방식의 경우에는 메시지 신호는 2개의 기호만으로 전송한다. 실제로 2개의 기호 중 하나는 어떤 펄스로 표시되며 다른 1개의 기호는 펄스가 없는 상태로(무신호) 표시된다.

연속 시간, 연속 레벨 메시지 대신에 이산 심벌을 생성하는 신호원으로부터 정보를 송신하는 입력 신호는 단지 이산 시간에서 이산 값을 갖는 신호라 가정한다. 입력에서 디지털 신호가 두 가지 가능한 값 중 하나를 취한다고 하면 이 통신 시스템을 이진(Binary) 시스템이라고 한다. 이진 디지털 통신 시스템은 단지 두개의 가능한 신호 중 한 개가 각기 T초 신호 구간 동안 전송될 수 있다. M개( $M \geq 2$ )의 가능한 신호 중에서 한 개가 T초 신호 구간 동안 전송될 수 있다. 메시지 신호 중 각각 가능한 전송 신호를 문자(Character) 또는 심벌(Symbol)이라 한다. 심벌이 채널을 통하여 전송되는 비를 보(Baud Rate)라 한다.

## 2. 확률적인 추론

### 2-1. 조건부 확률

대부분의 경우에 어떤 사상(event)의 확률을 결정하기 위하여 필요한 시행을 실제로 직접 수행되기보다는 사고(思考)를 통해서 이루어진다. 일반적으로 미래의 확률을 올바르게 구할 수 있다면, 그 확률을 이용하여 랜덤(random)의 수행을 예측하는 것은 가능하다.

확률 변수는 이산적일 수도 있고 연속적일 수도 있으나 어떤 한정된 구간 내에서 무한개의 뚜렷한 값을 취한다면 확률 변수는 이산적(random)이 된다

두개의 사건이 있을 때 하나의 사건의 실현 여부에 따라 또 하나의 사건의 확률이 달라질 수 있다. 즉, 조건부 확률을 0 이 아닌 확률  $P(B) > 0$  을 가진 어떠한 사상(event) B가 주어졌을 때, B가 주어진 사상 A의 '조건부 확률(conditional probability)'로 정의한다.

조건부 확률을 통신 분야에서는 가끔, '전이확률(transition-probability)'이라 부른다. 확률  $P(A|B)$  는 사상 A의 확률이 둘째 사상 B에 의존한다는 사실을 단순히 반영한다.

### 2-2. Bayesian Theorem

현대적 의사결정론의 초석으로 간과되고 있는 베이즈의 정리는 영국의 성직자이었던 베이즈(Thomas Bayes: 1702 - 1761)에 의해 고안되었다. 1958년 Biometrika (1901년에 창간된 영국의 수리 통계학 잡지)에 소개되어 학계에 큰 관심을 불러 일으켰었다.

베이즈 정리는 다음과 같다.

$B_n$ 은 전 확률의 부분이라 가정하고,  $P(A) \neq 0$  이면,

$$P(B_n | A) = \frac{P(B_n \cap A)}{P(A)}$$

로 나타낼 수 있다.

또한  $P(B_n) \neq 0$  이면,

$$P(A | B_n) = \frac{P(A \cap B_n)}{P(B_n)}$$

이다.

이들 두 식을 등식으로 놓음으로써 Bayes정리의 한 형을 얻는다.

$$P(B_n | A) = \frac{P(A | B_n) * P(B_n)}{P(A)}$$

또 다른 형은

사상 A의 '전확률 (total probability)' 이라고 알려진

$$P(A) = \sum_{n=1}^N P(A | B_n) \cdot P(B_n)$$

에  $P(A)$ 를 대입함으로써 유도된다.

$n = 1, 2, 3, \dots, N$ 에 대하여 다음과 같다.

$$P(B_n | A) = \frac{P(A | B_n) * P(B_n)}{P(A | B_1)P(B_1) + \dots + P(A | B_n)P(B_n)}$$

사건A가 발생하는 원인에 대한 확률을 계산할 수 있다. 이를 '원인에 대한 확률'이라고도 한다. 즉, 조건부 확률의 역의 관계를 다룬 것이 베이즈 정리이다.

### 2-3. AD HOC METHODS

형식적인 이론을 토대로 하지 않은 방식으로 불확실성을 다루는 방식이라 칭한다. 이 방식은 확률적인 개념의 본이 되기도 한다 또한 이론적인 면이 부족하나 전형적이고 적량 적인 힘을 지니고 있다.

형식적인 방법으로서 어렵거나 불가능한 상태 일 때 특별한 문제의 실제적인 해결책으로

서의 형식적인 방식 이상으로 선택되어진다. AD HOC procedure 가 AI system 이나 특별하게는 expert system속에서 성공적으로 사용되어져 왔다. 실제로 적용되어지기는 Buchaman & Short liffe(1984)가 수막염을 진단하기 위함이었다고 질병에 감염된 혈액을 진단하는 초기의 전문가 system인 MYCIN에 사용하였다. MYCIN은 작업 가설(a working hypothesis)이나 주어진 전제의 확신과 불확신의 정도로 표현되어져 확신 신뢰 불신의 측량을 위하여 사용하였다. MYCIN의 지식 베이스는 if~then rule 로서 구성되었다.

MB(H,E) : The basic measurse of belief

즉, 상황, 혹은 조건( Environment)에 가설의 신뢰가 실제적으로 증가했을 경우 나타내는 것을 표시한다.

E(조건,상황)에 의하여 얻어진 결과로서 P(H)에 의한 P(H|E)의 결과로서 P(H)의 확률의 증가로서 측정된다.

- ┌ 0(zero)은 신뢰(믿음)의 증가가 없음을 표현
- └ 1(one)은 신뢰(믿음)의 초기증가나 절대적인 신뢰를 표현

MD(H,E) : The basic measure of disbelief

MD(H,E)은 조건 상황(environment)에서 가설 H가 불신으로 증가되는 정도를 나타낸다.

- 즉,
- ┌ 0(zero)은 증가 없음을 나타내고
  - └ 1(one)은 불신의 최대 증가로 표기된다.

MYCIN에서 불확실한 정도를 공식화시켜 정의한 MB와 MD는 사전 사후(조건)확률의 견지에서 주어진다.

$$MB(H,E) = \begin{cases} 1 \\ \frac{\max[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\max[1, 0] - P(H)} \end{cases}$$

$$MD(H,E) = \begin{cases} 1 \\ \frac{\min[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\min[1, 0] - P(H)} \end{cases}$$



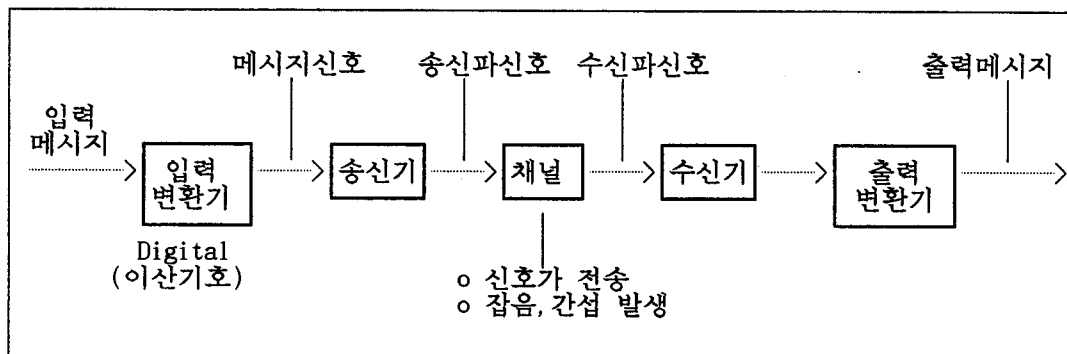
여기에서 MB와MD는 The certainty factor(C.F)라 불리는 하나의 양으로 합쳐서 표현된다.

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E)$$

### 3.이진 전송 진단 시스템

시스템은 한 지점에서 또 다른 지점으로 지식을 전달함으로써 요구된 결과를 얻기 위한 회로와 장치의 조합이다. 통신 시스템의 특징은 불확실성의 원리가 존재하므로 통신 시스템의 특징은 불확실성의 원리가 존재하는 대개 잡음이라고 하는 원하는 않는 방해 신호와 또 정보 그 자체의 예측할 수 없는 성질에 기인한다.

1948년에 샤논(Claude Shannon)에 의하여 통신에서 확률적인 기법이 사용되고 정보도 2진수로 표현되었다. 정보 - 전달 문제의 불확실한 면으로 인하여 확률적 방법이 적용되었다. 1940년 초반에 North(1943)는 수신기는 배경 잡음에서 많은 이산 신호 들을 구분해야 한다는 디지털 통신의 문제에 접근하였다. Woodward와 Davies(1952)는 채널의 출력에서 이용 가능한 모든 정보를 활용하는 이상 수신기의 설계를 고려하였다. 이것은 가능한 전송 메시지가 주어지면 수신 파형의 확률을 계산할 수 있는 것이다.이 계산된 확률을 사전 확률이라 한다. 그래서 이상 수신기(Ideal receiver)는 전송된 메시지가 가장 큰 사전 확률에 상응하는 것이라고 결정한다.



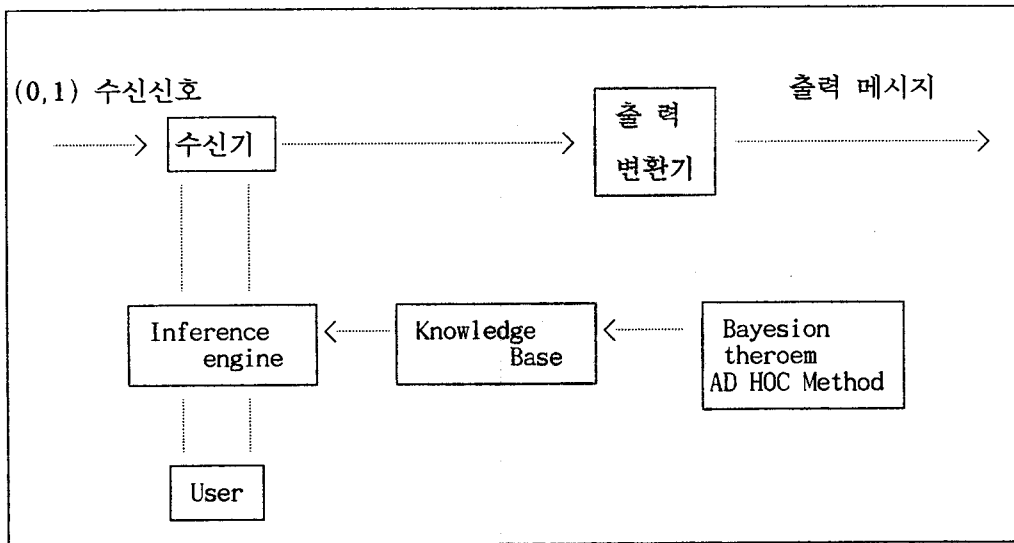
[그림 2] 통신 시스템의 블록도

샤논이 그의 이론을 이산과 아날로그 소스 모두에 대해 공식화했지만 본고에서는 이산 시스템 관점에서 생각한다. 이진 디지털 데이터 통신 시스템에서 양의 펄스는 논리 '1'로 나타내고, 음의 펄스는 논리 '0'으로 나타낸다. 각기 T초인 펄스는 이진디지털(Binary digit)의 경우 Binit 또는 간단히 비트(Bit)라고 한다.

수신기에서 수신된 신호로 이진수 (Binary Digit)형태로된 신호를 송신기에서 의도된 신호가 정확하게 전송되었는지를 조건부 확률(사전 확률)로서 계산된 확률로 받아들인다.

정확하게 전송되었는지 여부를 의사 결정의 준거를 만들기 위하여 확률론적인 시스템 해석 기법으로 조건부 확률의 역관계를 다룬 베이즈 정리로서 수신 상태를 파악하였다.

또한 수신기에서 베이즈정리를 적용하여 의도된 전문이 정확하게 전송되었는지를 인공지능 분야에서 활용되어져 왔던 AD HOC METHODS의 Certainty factor로 정확하게 전송되었는지를 검증 진단하였다.



[ 그림 3 ] Binary digit의 진단 시스템 블록도

#### 4. 실험 및 결과

통신의 주된 관심사의 하나는 가능한 한 잡음의 영향을 억제시키면서 한 장소에서 다른 장소로 신호를 전송시키는 일이다.

변조되었거나 변조되지 않은 신호가 전송 매체(전선, 무선의 경우 자유 공간 등등)를 통해 전송될 때 잡음이 신호에 부가된다. 일반적으로 복조 과정에서도 잡음이 부가된다. 그러므로 최종적으로 신호를 수신하고 인식할 때, 이 신호는 다수의 잡음원에서 야기되는 잡음에 의해 오염된 것이다. 흔히 전송된 신호는 마이크의 음성이나 음악 출력이 『통신로의 송신단에 직접 가해지는 경우와 같이 다소 연속적인 파형이다.』 이와 달리 디지털 정보, 즉 논리 0과 1이 연속되는 비트열을 전송하기 위해 통신로를 사용해야 하는 경우가 있다.

따라서, 연속적인 간격으로 2개의 가능한 전문, 즉 비트 0이 지정된 전문  $m_0$ 나 비트 1이 지정된 전문  $m_1$ 중에서 어느 하나를 전송하고자 한다. 가능한 2개의 전문은 송신단에서 2개의 다른 파형으로 표현될 수 있어야 한다. 여기서 각각의 파형은 한 비트에 할당된 간격으로 시간 제한을 받는다. 수신측에는 전문  $m_0$ 가 수신되면 직류 전압처럼 단순한 것일 수 있는

어떤 전압  $r_0$ 를 발생시키고, 전문  $m_1$ 이 수신되면 전압  $r_1$ 을 발생시킬 수 있는 시스템을 설계해야 한다. 전문  $m_0$ 와  $m_1$ 가 동일한 빈도로 발생하지 않는 일반적인 경우에 대하여  $m_1$ 과  $m_0$ 가 임의의 전문 구간에서 각각 의도된 전문의 확률  $p(m_1)$ 과  $p(m_0)$ 를 도입한다. 이러한 확률을  $p(m_1)$ 과  $p(m_0)$ 를 사전 확률이라 한다. 관찰된 응답  $r_1$ 이나  $r_0$ 로부터 어떤 전문이 전송되었는지를 확실하게 결정할 수 없다. 그러면 판단이 정확할 최대 확률에 의해 의도된 전문에 대한 판단을 허용할 수 있는 알고리즘을 개발한다.

$$P(m_0|r_0) = r_0 \text{가 수신될 때 } m_0 \text{인 전문일 확률}$$

$$P(m_1|r_0) = r_0 \text{가 수신될 때 } m_1 \text{인 전문일 확률}$$

여기서 만일  $P(m_0|r_0) > P(m_1|r_0)$ 라고 한다면  $m_0$ 가 의도 되었다고 결정하고, 부등식이 반대로 될 때  $m_1$ 이 의도 되었다고 결정한다. 이때  $r_0$ 가 수신되었다고 할 때 알고리즘은

$$P(m_0|r_0) > P(m_1|r_0) \text{ 일 때 } m_0 \text{을 선택한다.}$$

$$P(m_1|r_0) > P(m_0|r_0) \text{ 일 때 } m_1 \text{을 선택한다.}$$

부등식이 바뀔 때 이 선택도 바뀌며, 부등식이 등식으로 대치될 때 어느쪽을 선택할 수도 있다.

만일  $r_1$ 이 수신된다면

$$P(m_0|r_1) > P(m_1|r_1) \text{ 일 때 } m_0 \text{을 선택한다.}$$

$$P(m_1|r_1) > P(m_0|r_1) \text{ 일 때 } m_1 \text{을 선택한다.}$$

이러한 알고리즘에 따라 작용하는 수신기를 올바른 결정의 “사후 확률을 최대화시킨다.”  $(m, a, P)$ 고 한다.

이 알고리즘은 사전 및 조건부 확률의 항으로 표현될 수 있다.(4-1) 에서 양변에  $P(r_0)$ 을 곱하므로  $r_0$ 가 수신될 때:

$$P(m_0|r_0) \cdot P(r_0) > P(m_1|r_0) \cdot P(r_0)$$

이러면  $m_0$ 가 선택되는 결과를 얻는다.  
조건부 확률의 역관 계로서 표현되는 Bay's Law로부터  $r_0$ 가 수신 될 항으로 표현한다.

$$P(r_0|m_0) \cdot P(m_0) > P(r_0|m_1) \cdot P(m_1) \text{ 과같이 쓰여질 수 있다.}$$

$r_1$ 이 수신될 때:

$$P(r_1|m_1) \cdot P(m_1) > P(r_1|m_0) \cdot P(m_0) \text{ 일 때만 } m_1 \text{을 선택할 것이다.}$$

위의 수신기 한 채널에 대하여 두개의 가능한 부호(1 또는 0) 중 하나를 보내는 송신기로 구성된다. 가끔 오차를 일으켜 1이 0으로 수신기에 나타내지고 또는 이와 반대로 된다.

위의 결과 식에서 수신된 부호 확률의 정확성 여부를 수치적으로 검토하고자 한다. 확률적 이론으로 결과 식이 어느 정도 정확한가를 expert system(AD Hoc method)으로 검증까지 한다.

$$P(r_1) = P(r_1|m_1) \cdot P(m_1) + P(r_1|m_0) \cdot P(m_0)$$

확률 추론(Probabilities reasoning)에서 관찰된 응답 r1이나 r0로부터 어떤 전문이 전송되었는지를 판단이 정확할 확률에 의해 의도된 전문에 대한 판단을 허용할 수 있는 알고리즘  $P(r_1|m_1) \cdot P(m_1) > P(r_1|m_0) \cdot P(m_0)$  부등식이 성립될 때 r1이 수신될 때 m1을 선택하게 될 때이다.

< 실제의 예 >

1을 송신했을 때 1을 수신할 확률 :  $P(r_1|m_1) = 0.4$   
 0을 송신했을 때 0을 수신할 확률 :  $P(r_0|m_0) = 0.2$  이라 할 때, 다음과 같다.

1을 송신했을 때 0을 수신할 확률을  
 $P(r_0|m_1) = 1 - P(r_1|m_1) = 0.6$

0을 송신했을 때 1을 수신할 확률은  
 $P(r_1|m_0) = 1 - P(r_0|m_0) = 0.8$

1을 송신하는 확률  $P(m_1) = 0.3$ 이라고 결정했다면 0을 보내는 확률은 다음과 같다.  
 $P(m_0) = 1 - P(m_1) = 0.7$

위의 주어진 상황에서 어떤 경로(channel)를 통해 2진 디지털(binary digit) 송신에서 1을 수신했을 때 1을 보냈을 확률  $P(m_1|r_1)$  값을 Baye규칙을 적용하여 다음과 같이 정확한 확률을 얻을 수 있다.

$$P(m_1|r_1) = \frac{P(r_1|m_1) \cdot P(m_1)}{P(r_1)}$$

$$\begin{aligned} P(r_1) &= P(m_1) \cdot P(r_1|m_1) + P(m_0) \cdot P(r_1|m_0) \\ &= 0.3 \cdot 0.4 + 0.7 \cdot 0.8 \end{aligned}$$

$$= 0.68$$

따라서 1을 수신했을 때 1을 보냈을 확률은

$$P(m_1|r_1) = \frac{P(r_1|m_1) \cdot P(m_1)}{P(r_1)} = \frac{0.43 - 0.3}{0.68} = 0.18$$

마찬가지로 0을 수신했을 때 0일 확률은 정확하게 읽혀지는 확률은 다음과 같다.

$$P(m_0|r_0) = \frac{P(r_0|m_0) \cdot P(m_0)}{P(r_0)}$$

$$P(r_0) = P(r_0|m_1) \cdot P(m_1) + P(r_0|m_0) \cdot P(m_0)$$

$$= 0.6 \cdot 0.3 + 0.2 \cdot 0.7$$

$$= 0.32$$

$$P(m_0|r_0) = \frac{0.2 \cdot 0.7}{0.32} = 0.44 \text{ 을 구할 수 있다.}$$

확신 요인(Certainty factor)의 방법은 다음과 같다. 여러 개의 가설의 결합에 대한 신뢰도를 고려하면 가설  $h_1$  및  $h_2$ 가 주어졌을 때 증거에 대한 신뢰치와 불신치는 다음과 같이 구할 수 있다.

Certainty Factor

MB(H,E) : The basic measure of belief

상황, 혹은 조건(Environment)에 가설의 신뢰가 실제로 증가함을 나타내는 것을 표시한다. E(조건, 상황)에 의하여 얻어진 결과로서 P(H)에 대한 P(H|E)의 확률의 증가로서 측정된다.

- ┌ 1은 신뢰(믿음)의 최고 증가 절대적인 신뢰를 표기한다.
- └ 0은 신뢰(믿음)의 증가가 없음을 나타낸다.

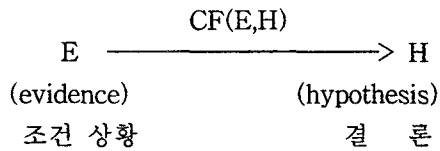
MD(H,E) ; The basic measure of disbelief

Expert System에서 성공적으로 사용되어진 Buchaman & Short Liffe(1984)의 초기 전문가 시스템 MYCIN에서 불확실한 정도를 공식화시켜 정의한 MD와 MD는 사전, 사후(조건) 확률의 견지로 주어져서, 확신 요인(Certainty Factor)의 방법으로 사용된다.

$$MB(H,E) = \left[ \frac{\text{MAX} [P(H|E), P(H)] - P(H)}{\text{MAX} [1,0] - P(H)} \right]$$

$$MD(H,E) = \left[ \frac{1 - \text{MIN} [P(H|E), P(H)] - P(H)}{\text{MIN} [1,0] - P(H)} \right]$$

여기에서 MB와 MD는 Certainty Factor(C,F)라 불리는 하나의 양으로서 합쳐져서 표현된다.



추론을 하는데 불확실성을 전하는 방법이 한정된 것이 아니라 어떤 규칙에도 불구하고 최선의 결론에 도달하는 것이다. 즉 예측하는 것이다. CF(Certainty Factor)의 범위는 -1로부터 1까지 표시된다.

즉,  $-1 < CF < 1$ 이며 표기하며,  $|CF| > 0.2$ 로서 약할 가설의 지지율을 이끌어 주는 것을 사전에 예방하여 주는 시초의 값으로 나타낸다.

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E)$$

2진 디지털(binary digit)송신에서 1을 수신했을 때, 1을 보냈을 확률  $P(m_1|r_1)$ 에 대한 Certainty factor검증은 다음과 같다.

$$MB(H,E) = \left[ \frac{1 - \frac{\text{MAX}[0.18, 0.3] - 0.3}{\text{MAX}[1, 0] - 0.3}}{\text{MAX}[1, 0] - 0.3} \right] = \frac{0}{0.7} = 0$$

$$MD(H,E) = \left[ \frac{1 - \frac{\text{MIN}[0.18, 0.3] - 0.3}{\text{MIN}[1, 0] - 0.3}}{\text{MIN}[1, 0] - 0.3} \right] = \frac{-0.12}{-0.3} = 0.4$$

$$\begin{aligned}
 CF(H,E) &= MB(H,E) - MD(H,E) \\
 &= 0 - 0.4 \\
 &= -0.4
 \end{aligned}$$

2진 디지털(binary digit)송신에서 0을 수신했을 때 0을 보냈을 확률  $P(m_0|r_0)$ 에 대한 Certainty factor검증은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 CF(H,E) &= MB(H,E) - MD(H,E) \\
 &= 0 - 0.37 \\
 &= -0.37
 \end{aligned}$$

즉  $-1 < CF < 1$  이며,  $|CF| > 0.2$  로서 약한 가설의 지지율을 이끌어 주는 예방 시초의 값으로 검증될 때, 위의 2진 디지털 송·수신 시스템에서 Baye규칙을 적용한, 정확히 읽혀지는 값 모두가 Certainty factor판단 기준의 값 0.2보다 크므로 정확히 읽혀지는 값으로 받아들일 수가 있다. 즉 통계적 설명법을 활용한 전문가 시스템 AD Hoc Method으로 검증할 수 있었다. 즉 일반적으로 어느 특정한 전문이 전송될 확률은 모든 전문에 대하여 똑같지는 않았다는 것을 알 수 있었으며, rule로써 사전 확률 수치를 여러 형태로 주어 졌을 때의 정확하게 읽혀지는 확률의 값을 검증하여 한계 값을 Certainty factor로서 검증하게 된다.

컴퓨터 시스템에서 볼 수 있는 예로 2진 디지털 송신에 관한 실험에서 볼 수 있듯이 통신 시스템에서의 통계적 확률 해석 기법으로 분석해 보면 사전 확률 값에 의하여 수신했을 때 정확한 확률 값이 사전 확률 값에 의존함을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 통신 시스템에서의 잡음이라는 원하지 않는 방해 신호와 또 정보 그 자체의 예측할 수 없는 성질에 기인하므로 불확실성에 대한 문제가 대두되게 된다.

송신측에서 보낸 정보가 수신측에서 받아들인 정보와 다른 경우가 있다. 이 경우에 통신의 에러(error)가 발생하게 된 것이다. 이 에러의 발생 정도로 전송의 품질을 평가하기도 하고 이 에러로 통신 시스템의 성능을 심각하게 저하시킬 수 있다.

유한개의 전문 중 송신하려는 것을 선택하여 전송했다면, 수신측에서 어떤 시간 구간에 어떤 전문이 전송되었는지를 수신하기 전에는 미리 알 수 없다. 따라서 수신측에서는 잡음이 섞인 신호에서 임의의 신호를 추출해 내는 것이 아니라 전문을 판정하는 기능이 있어야 한다. 이와 같은 관점에 착안하여 통신 시스템은 불확실성이 존재하는 시스템이므로, Claude Shannon의 정보 이론을 토대로 하여 확률론적인 기법을 사용하였다. 또한 사전 확률의 결정이 객관적인 자료에 기초를 두기보다는 다소 주관적이고 직관적인 자료에 기초를 두기 때문에 그 결정 방법상에 있어서 비난의 대상이 되기도 하나 현대적 의사 결정론의 초석

으로 간주되고 있는 베이즈 정리(Thomas Bayes theorem(1702 ~ 1761))를 사용하여 수신측에서 정확하게 판정할 수 있는 간단한 시스템을 구현하였다.

구현할 정확한 판단 수신기의 검증을 위하여 시스템의 예측 상황에 균형적이고 적합한 가를 전문가 시스템(expert system)의 방식 중 AD HOC Method로써 시스템의 신뢰도를 검증하였다.상태 정보를 수집 분석하여 진단하여 시스템의 예방 보존에 유효함을 얻었다. 앞으로는 시스템의 불확실성에 대한 판단이 될경우 시스템을 효율적으로 처리할 수 있는 연구가 필요하다.



참고 문헌

1. DAN W.PATTERSON. "Introduction to artificial Intelligence & expert system." Prentic-Hall Internation(1990)
2. FRED.HALSALL. "Data Communications, Computer networks and OSI." ADDISON WESLEY (1988)
3. TANENBAUM.Andrews. "Computer Network" prentic-Hall,inc Englewood Cliffs. (1981)
4. WILLIAM STALLINGS. "Data and Computer Communication,4th Edition, Macmillan.(1994)
5. Sellers,F.F.Tr.,Hsiao,M.Y. and Beamson,L.W., "Error-Detecting Logic for Diagital computers" Mcgraw-Hill (1968)
6. Perterson,W.W. and Weldson,E.J., "Error-correcting Codes(2nd Ed)," The MIT Press(1972)
7. 강 홍석 "차수-논리합으로 나타난 불확정 정보의 관리" 공학석사 학위논문, 전자 계산학과,서강대학교(1989)
8. 문 상준 "범용성 전문가 시스템의 지식획득 보조 시스템의 구현" 한국 정보 과학회 가을 학술 발표 논문집 vol.20,no.2 p274-277(1983)
9. 박 태준 "계획 수행시 발생하는 오류극복에 관한 연구" 석사학위 논문,전자계산학과,한국의국어 대학교(1994)
10. 정 태영 "가진 분산 운영체제에서의 가상 기억장치 전송기법의 개선" 공학석사 학위 논문, 전자계산학과,서강대학교(1993)
11. 이 광재 "정보 network 이론" 집문당(1992)
12. 이 호석. 김 화수 "실시간 전문가 시스템의 추론 스케줄러 설계" 한국정보과학회,가을학술 발표 논문집 vol.20, no.2 p282-285(1993)
13. 김 화수.고순주 "인공지능의 이론과 실제" 집문당(1993)
14. 박 진수譯 "통신이론" 보문당(1992)
15. 송 현섭外 "정보 통신 관계법규 해설" 청문각(1993)
16. 정 환목 "해설 중심 인공지능" 동일출판사( 1991)
17. 진 용욱 "통신 시스템의 이론과 원리" 회중당(1992)
18. 진 년강譯 "랜덤 변수와 랜덤신호" 대한 교과서(株)(1991)
19. 김호연,조성배,김진형 "확률조건을 만족하는 개선된 은닉마이크로모델",한국정보과학회 가을학술발표논문집,vol.20,no2 p313-316 (1993)

박현근

- 1957년 5월 28일 서울 생  
 1984년 2월 홍익대학교 공과대학 (공학사)  
 1988년 8월 연세대학교 교육대학원 산업교육학과 (교육학석사)  
 1995년 2월 서강대학교 공공정책대학원 정보처리학과(이학석사)  
 1994년 10월 (주)한신공영 정보 통신 강의  
 1984년 3월 ~ 1995년 현재 숭실대학교 전자계산원 전임강사