

[붙임]

KAIST Grand Challenge 30 Project 제안서

| | | | | | |
|---|-----------------|----|---------------------------------|-------------|----------|
| ①연구제목 | 국문 | | 피드백의 재발견 | | |
| | 영문 | | Revisiting the Role of Feedback | | |
| ②제안자 | 성명 | 국문 | 서창호 | 소속 학부/학과 | 전기및전자공학부 |
| | | 영문 | Changho Suh | | |
| | 주요 연구분야 | | 정보 이론 (Information Theory) | | |
| | 연구 impact 내용 서술 | | | | |
| <p>통신 용량(Capacity)이란 정보 통신의 이론적 한계치를 뜻하는데, 지난 60년 동안 수신자가 발신자에게 정보를 전송하는 피드백(Feedback)을 활용하여도 통신 용량을 크게 개선할 수 없다는 것이 정설로 믿어져왔다. 하지만 8년 전 새롭게 발견된 반례를 통해 피드백의 효용성이 다시 부각되었지만, 비현실적 가정으로 인해 그 실효성에 대한 의문점이 여전히 존재하고 있다. 본 연구에서는 비현실적인 가정을 모두 제거한 현실적인 통신 상황에도 피드백이 통신 용량을 크게 개선할 수 있다는 것을 보임으로써 정설을 깨트리고, 혁신적인 차세대 통신 시스템의 발전 방향을 제시하고자 한다.</p> | | | | | |

| | |
|-------|--|
| ③제안내용 | <p>어떤 물체도 빛의 속도보다 빠르게 움직일 수 없듯이, 물체 간의 정보를 전달하는 통신의 전송량에도 이와 비슷한 이론적 한계치가 존재하고, 이를 통신 용량(Capacity)이라 한다. 정보 이론(Information Theory)이란 다양한 통신 상황에 대하여 통신 용량을 수학적으로 규명하고, 통신 용량에 근접한 성능을 보장하는 효율적인 통신 기법을 연구하는 학문이다. 정보이론의 아버지라 불리는 클라우드 섀넌(Claude Shannon)은 1948년 그의 논문 “통신의 수학적 이론”을 통해 두 개의 물체 간 단방향 통신 상황의 통신 용량을 최초로 규명하였고, 이를 시작으로 정보 이론의 급속한 발전이 시작되었다.</p> <p>통신 문제에서 노이즈나 간섭이 존재하는 경우 발신단의 신호가 수신단에 올바르게 전달되지 못하게 되는데, 이런 경우 수신단(Receiver)이 발신단(Transmitter)으로 피드백(Feedback) 정보를 보낼 수 있다고 가정하면 손쉽게 통신 효율을 높일 수 있다. 즉, 피드백이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우를 비교하면 전자의 경우의 통신 용량이 항상 크거나 같게 되는데, 이 때 다음과</p> |
|-------|--|

같은 원론적인 질문을 생각할 수 있다.

**“피드백이 존재하는 경우의 통신 용량이
그렇지 않은 경우의 통신 용량보다 무한히 클 수 있는가?”**

간단해 보이는 이 질문에 대답하기 위해 약 60년 간 수많은 정보이론의 대가들이 여러 가지 통신 상황에 대해 피드백이 존재하는 경우의 통신 용량과 그렇지 않은 경우의 통신 용량을 비교해보았지만, 매번 두 통신 용량의 차이가 무한히 커지는 경우는 발견할 수 없었다. 대부분의 사람들이 피드백을 통해 통신 용량을 무한히 증가시키는 것은 불가능하다고 잠정적으로 결론을 내리려던 찰나, 2009년 본 제안자는 UC Berkeley의 David Tse 교수와의 공동논문(Suh & Tse, 2009)을 통해 이것이 가능함을 최초로 밝혔다. 보다 구체적으로, 두 개의 서로 다른 발신단이 각자 발송하는 신호가 서로에게 간섭을 일으키는 특정 통신 상황(Two-User Gaussian Interference Channel)에서 피드백이 존재하는 경우의 통신 용량이 그렇지 않은 경우의 통신 용량보다 무한히 큰 상황이 존재함을 밝힘으로써, 60년 간 풀리지 않은 난제의 해답을 찾을 수 있었다.

**“피드백이 존재하는 경우의 통신 용량이
그렇지 않은 경우의 통신 용량보다 무한히 큰 경우가 존재한다. (Suh & Tse, 2009)”**

이는 정보이론 학계에 매우 놀라운 결과로 받아들여졌다. 하지만 이 논문에서는 피드백을 완벽하게 전송할 수 있는 가상의 채널을 가정하였다는 한계점 때문에, 그 실효성에 대해서는 여전히 의문이 남아있었다. 즉, 실제 존재하는 통신 채널에서도 비슷한 현상이 발생하는지에 대해서는 여전히 난제로 남아있다. 피드백을 가상의 피드백 채널이 아닌 실제 통신 채널을 통해 보내는 경우, 다음과 같은 2가지의 큰 걸림돌이 존재한다. 우선 실제 통신 채널의 자원을 활용하여 피드백을 전송해야하므로 전체적 통신 성능이 감소할 가능성이 존재한다. 또한, 피드백 신호 또한 실제 통신 채널의 노이즈 또는 간섭 현상을 똑같이 적용 받기 때문에, 기존의 가상 채널을 통한 피드백의 전송과는 큰 차이점이 존재한다. 따라서 가상의 피드백 채널을 가정하지 않았을 경우, 피드백을 통해 통신 용량을 증가시키는 것이 가능한지도 자명하지 않다. 본 연구자는 2012년 연구 논문(Suh, Wang & Tse, 2012)을 통해 혁신적인 피드백 알고리즘을 제안하였고, 이를 통해 가상의 피드백 채널이 존재하지 않는 경우에도 피드백을 통해 더 높은 통신 성능을 달성할 수 있음을 보였다. 하지만 아직까지 풀리지 않은 중요한 난제가 있는데, 그것은 바로 가상의 피드백 채널이 존재하지 않는 경우의 피드백 통신 용량과 가상의 피드백 채널을 가정한 경우의 피드백 통신 용량의 차이를 규명하는 것이었다.

**“가상의 피드백 채널이 존재하지 않는 경우의 피드백 통신 용량이
가상의 피드백 채널이 존재하는 경우의 피드백 통신 용량과 어떻게 다른가?”**

본 연구자는 2009년부터 위 난제를 해결하기 위해 피드백의 효용성에 대한 많은 사람들의 의구심에도 불구하고 지난 8년 간 꾸준히 관련 연구를 진행해왔다. 그러던 와중 최근 본 연구팀은 채널 자원을 구분 지어서 사용하지 않고 실제 정보와 피드백을 혼합해서 사용하는 새로운 통신 기법을 개발하였는데, 놀랍게도 이 기법을 잘 활용하면 가상의 피드백 채널이 존재하지 않는 경우에도 가상의 피드백 채널이 존재하는 경우와 매우 근접한 통신 효율을 얻을 수 있음을 발견하였다. 본 연구팀은 이 기법을 지속적으로 연구, 발전해나감으로써 가상의 피드백 채널이 존재하지 않더라도 효율적인 통신 기법을 통해 마치 가상의 채널이 존재 하는 경우와 같은 통신 성능을 달성할 수 있을 것이라 예상하고 있다. 즉, 다음과 같은 놀라운 가설을 보이는 것이 본 연구의 목표이다.

**“(가설) 가상의 피드백 채널이 존재하지 않는 경우의 피드백 통신 용량이
가상의 피드백 채널이 존재하는 경우의 피드백 통신 용량과 같다.”**

본 연구자는 앞에서 언급했듯이 이 연구를 지난 8년 간 진행해왔다. 프로젝트 연구 주제로 제안한 가설을 입증하기 위해 지속적인 연구를 진행 중이며 현재 특정 상황에 대해서는 가설에 대해 굉장히 긍정적인 답변을 보이는 것에 근접한 상태이다. 본 연구에서 해결하려는 문제는 몇 년 동안 해결되지 않은 채 남아있던 난제를 해결하는 것을 뛰어넘어, 이 과정을 통해 얻어낸 효율적인 통신 기법을 활용하여 미래형 통신 시스템 발전 방향을 제시하고자한다. 피드백의 효용성에 대해서 부정적인 입장이 대부분이었기 때문에, 현존하는 모든 통신 시스템에서는 피드백이 전혀 고려되지 않았지만, 본 연구 결과를 통해 위와 같은 난제에 긍정적인 답변을 찾게 될 경우, 차세대 통신 시스템 디자인에 큰 역할을 할 수 있을것이라 예상된다. 어려운 난제 해결 및 시스템의 혁신적인 변화를 이끌기 위해서는 긴 시간과 투자가 필요하며, 이에 Grand Challenge 프로젝트의 취지에 부합하기에 본 사업에 지원을 하고자 합니다.

제안자 : 서창호

(인)
