

2-동맹 방법을 사용한 위상기하 간섭 관리 기법

윤종윤, 노종선
서울대학교

yjy998@ccl.snu.ac.kr, jsno@snu.ac.kr

Topological Interference Management Using 2-Alliance Method

Yoon Jong-Yoon, No Jong Seon
Seoul National Univ.

요 약

본 논문은 간섭 채널에서 위상기하 간섭 관리를 통해 최대의 자유도를 얻기 위한 조건인 내적 충돌이 없는 구체적인 위상기하의 형태를 K 명의 사용자가 존재하는 간섭 채널에서 일반화 시켜서 제시하려고 한다. 메시지들 간에 정렬, 충돌 관계를 2 개의 동맹이 존재하는 동맹 문제로 재해석하고, 이를 통해 얻는 위상 기하 구조를 제시하고, 2-동맹을 통해 얻는 위상기하의 특성을 이야기 한다.

I. 서 론

IoT(Internet of Things)등 다양한 기기들에서 통신이 가능해짐에 따라, 무선 통신에서 간섭 채널에 대한 중요도가 높아지고, 간섭 채널에서 높은 수용력을 보장하는 기법들에 대한 관심이 커졌다. 높은 수용력에 관련된 지표로 자유도가 있으며, 최대의 자유도를 보장하는 간섭 정렬(Interference Alignment)가 논문 [1]에서 소개되었다. 그러나 [1]에서 제시한 기법은 모든 송신단이 채널 상태 정보를 알아야 한다는 점과 시간 연장을 무한히 해야 원하는 성능을 달성 할 수 있다는 비현실성을 가지고 있다. 이에 따라 보다 현실적인 많은 기법들이 연구되었다. 그 중에 대표적으로 [2]에서 제시한 위상기하 간섭 관리(Topological Interference Management)의 경우 송신단에서 최소의 채널 상태 정보만을 알고도 경우에 따라 최대의 자유도를 확보할 수 있는 기법이다. 그러나 [2]에서 제시한 방법은 주어진 전체 네트워크가 적당히 잘 끊어진 구조에서 최대의 성능을 보장하며, 경우에 따라서는 좋지 못한 성능을 가지고 있다. 또한 최대의 성능을 보장하는 경우에 대해서도 그 구조에 대하여 조건만 제시하였고, 구체적인 답을 제시하지는 않았다. 이에 본 논문에서는 그 구체적인 답 중에 하나를 2-동맹 방법을 통해서 제시하려고 한다.

II. 본론

본 논문의 결과인 동맹이 2 개 존재하는 위상기하 구조 형태를 이해하기 위해서 논문 [2]에 존재하는 개념인 정렬, 충돌 그래프와 내적 충돌(Internal conflict)에 대해서 정리하면 다음과 같다.

- 1) 정렬 그래프 : 메시지 W_i 와 W_j 가 두 메시지가 아닌 제 3 의 메시지 W_k 를 원하는 수신단에 함께 간섭으로 작용하는 경우, 두 메시지를 검은 실선으로 연결한다.
- 2) 충돌 그래프 : 메시지 W_i 를 원하는 수신단에서 간섭으로 들리는 다른 모든 메시지는 메시지 W_i 와 빨간 점선으로 연결된다.
- 3) 내적 충돌 : 이러한 정렬, 간섭 그래프를 그렸을 때, 정렬 그래프로 서로 연결 되는 메시지들을 원소로 가지는 집합을 정렬집합(Alignment set)이라고 하고, 이러한 정렬 집합 내부에 있는 메시지들 사이에 간섭 관계가 존재하는 경우 이를 내적 충돌이라고 부른다

또한 위상 기하 간섭 관리를 통해서 최대 자유도를 획득하기 위해서는 내적 충돌이 존재하지 않아야 한다. 내적 충돌이 발생하지 않는 위상기하 구조에 대해서 구체적으로 답을 얻기 위해서 간섭 연결을 최대한 허용하면서도 내적 충돌이 발생하지 않는 최대 단절 위상기하, MDT(Maximal Disjoint Topology)를 찾아야 한다. 이를 위해 논문 [3]에서 재해석 방식대로 해석을 시도하면 동맹이 두 개 존재하는 위상기하 형태를 얻을 수 있다.

다음에 나오는 이론 1 을 통해서 구체적으로 2-동맹 방법에 의해서 얻어지는 동맹이 두 개 존재하는 위상기하 형태를 제시하고 한다.

이론 1

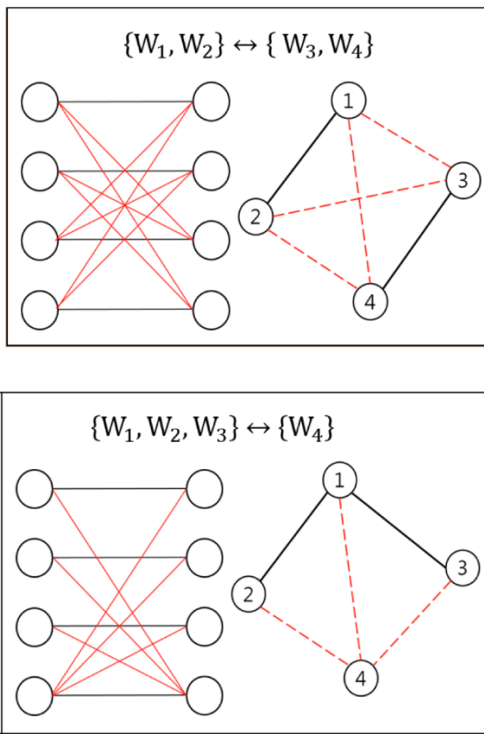
동맹의 형태 중 하나는 동맹이 두 개 존재하는 2-동맹이고, 이 때 생기는 동맹 2 개는 서로 상호 적대관계이다. 각 동맹에 포함되는 메시지를 모아 놓은 집합을 A_i ($i=1, 2$) 라고 하자. (단 $A_1 \cap A_2 = \emptyset$ 이고, $A_1 \cup A_2 = W$ 이다.) 그러면 다음의 동맹,적대 관계가 형성된다.

$$A_1 \leftrightarrow A_2$$

이 때 화살표의 의미는 두 동맹에 포함되는 모든 메시지들 간에 상호 적대 관계를 뜻한다.

예시 1

4 유저 간섭 채널에서 다음의 2-동맹이 존재한다.

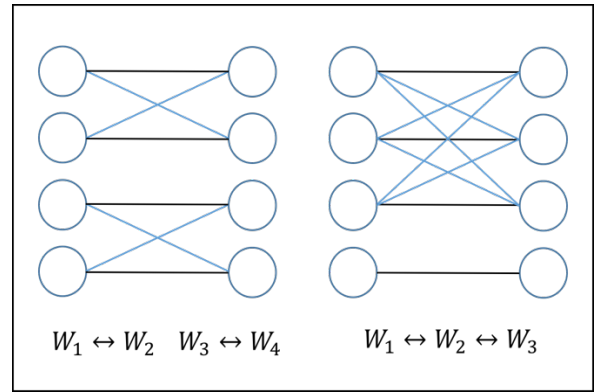


이론 2

동맹이 두 개 존재하는 2-동맹의 경우, 위상기하 간섭관리를 통해서 처리하지 못하는 간섭 연결들은 각 동맹 내부의 메시지들 사이에 간섭 연결들만 존재한다. 따라서 2 개의 단절된 완전연결 네트워크로 나타나게 된다.

예시 2

4 유저 간섭 채널에서 예시 1에서 얻은 위상기하 구조에서 해결하지 못하는 간섭 연결들은 이론 2에 의하여 다음과 같이 나타나게 된다.



위상기하 간섭관리로 처리하지 못하는 간섭 연결들은 수신단에서 TIN(Treat Interference As Noise)으로 해결한다. 이를 통해서 비록 주어진 전체 간섭 네트워크가 부분적으로 끊어지지 않더라도 위상기하 간섭관리와 수신단에서의 잡음 처리로 적절하게 분할하여 전체 네트워크의 간섭들을 효과적으로 처리할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 기존의 3 명의 유저가 존재하는 간섭채널에서의 위상기하 간섭관리 연구를 통해 얻었던 동맹 문제를 일반화시켜 K 명의 유저가 존재하는 간섭채널로 확장하였다. 2-동맹 방법을 통해서 얻는 위상기하 구조의 경우, 간섭 연결의 여집합이 2 개의 단절된 완전연결 네트워크로 나타난다는 특성이 있었고, 이로 인해서 남은 부분들을 수신단에서의 잡음 처리로 해결하고, 분석하기가 용이하다. 이 후 연구에서는 2-동맹 방법외에 더 많은 동맹이 존재하는 경우에 대해서 분석하는 것과 최종적으로 내적 충돌이 없는 위상기하 구조들을 모두 찾는 일들이 남아 있다.

ACKNOWLEDGMENT

서울대학교 뉴미디어통신공동연구소

참 고 문 헌

[1] Viveck R. Cadambe, and Syed Ali Jafar, " Interference Alignment and Degrees of Freedom of the K-User Interference Channel", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 54, no.8, pp. 3425-3441, August 2008.

[2] Syed Ali Jafar, "Topological Interference Management Through Index Coding", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 60, no.1, pp. 529-568, January 2014.

[3] 윤종윤, 김재홍, 노종선, "3-유저 간섭 채널에서 내적 충돌이 없는 위상기하 구조." 2015 한국통신학회 동계종합학술발표회 논문초록집, vol. 53, pp1314-1315, 2015년 1월.