

위상기하 행렬을 이용한 위상기하 간섭 관리 기법

윤종윤, 노종선

서울대학교 뉴미디어 통신공동연구소

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

Topological Interference Management Using Topology matrix

Yoon Jong-Yoon, No Jong Seon

Seoul National Univ.

요약

본 논문은 간섭 채널에서 위상기하 간섭 관리를 통해 최대의 자유도를 얻기 위한 조건인 내적 충돌이 없는 구체적인 위상기하의 조건을 위상기하 행렬의 특성을 통해서 밝히려고 한다.

I. 서론

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 위상기하 구조에 관하여 위상기하 행렬에서는 어떠한 특성들이 나타나는지 밝히려고 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. 본 논문은 그러한 MDT 를 행렬로 나타냈을 때의 성질들을 설명하고 있다.

이론 1

만약 정렬된 위상기하 행렬이 다음의 성질들을 충족하면, 그 행렬의 네트워크는 최대 DoF 를 획득할 수 있다.

- 1) 동맹 블록 내에서는 오직 대각성분만 존재해야 한다.
- 2) 각 동맹 블록들의 열들은 오직 하나의 단일 동맹 블록에서 온 1벡터 하나만을 가질 수 있다.

예시 1

1				1	1	1		1
	1			1	1	1		1
		1		1	1	1		1
			1	1	1	1		1
1	1			1				1
1	1				1			1
1	1					1		1
		1	1		1			1
		1	1		1			1

2 번째 동맹 블록에서 동맹 블록 1 과 3 에서 오는 1 벡터들이 동시에 존재하므로, 이 위상기하 구조는 최대 자유도를 달성하지 못한다.

이론 2

위상기하 행렬이 내적 충돌이 없는 최대 위상기하 구조를 나타낸다면, 다음의 조건들이 충족되어야 한다.

- 1) 두개의 동맹 블록 사이에서는 항상 1 벡터가 존재해야 한다.
- 2) 동맹 블록 내에 어떠한 열이라도 1 벡터를 가지고 있어야 한다.

예시 2

1								1
	1							1
		1						1
			1					1
				1				1
					1			1
						1		1
		1	1		1			1
		1	1		1			1

동맹 블록 1 과 2 사에어는 어떠한 1 벡터도 존재하지 않기 때문에, 두 동맹을 하나의 단일 동맹으로 통합할 수 있다.

1								1
	1							1
		1						1
			1					1
				1				1
					1			1
						1		1
		1	1		1			1
		1	1		1			1

III. 결론

본 논문에서는 내적충돌이 없는 위상기하 구조를 행렬로 나타냈을 때, 행렬이 가지고 있는 성질들을 정리하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2016R1A2B2012960).

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, 2015 년 1 월.