D2D 유틸리티 분석: 상대간섭과 간섭 주요화

오창윤O
O인하공업전문대학 정보통신과
e-mail: changyoonoh@inhatc.ac.krO

Analysis of D2D Utility: Relative Interference and Interference Majorization

Changyoon OhO
ODept. of Information and Communication Engineering, Inha Technical College

● 요 약 ●

Non-convex 최적화 문제의 복잡도를 완화하도록 해주는 오목함수 결정규칙을 제안한다. 전송용량을 나타내는 유틸리티 함수는 신호와 간섭의 함수이며, non-convex이다. 유틸리티 함수를 간섭관점에서 분석한다. '상대간섭'과 '간섭주요화'를 정의한다. 상대간섭은 D2D 수신단에서의 간섭레벨을 나타낸다. 간섭주요화는 간섭을 주요간섭으로 간략화한다. 간섭주요화를 기반으로 하는 오목함수 결정규칙을 제안한다. 실험결과를 통하여 유틸리티 함수는 상대간섭 0.1 이하에서는 오목함수임을 확인하였다.

키워드: 상대간섭(Relative Interference), 간섭 주요화(Interference Majorization), 볼록최적화(Convex Optimization)

I. Introduction

최적화 해법이 복잡한 Non-Convex Optimization 문제를 간섭분석을 적용하여, 간섭구간에 따라 Convex Optimization 으로 해결하도록 Concave Function Decision Rule을 제안한다. 제안하는 방법은 간섭분석을 기반으로 한다. 간섭분석에 의하면, Utility Function 자체는 Non-Convex Optimization 문제이지만, 간섭구간에 따라 Convex Optimization으로 해결이 가능하다. 구체적으로, 간섭분석을 위하여 'Relative Interference'와 'Interference Majorization을 정의한다.

II. Preliminaries

1. Related works

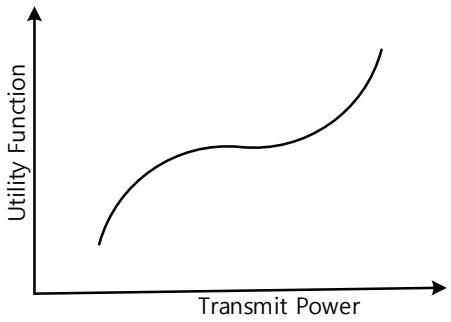

Fig. 1. System Model

일반적으로, 단말들의 Utility 의 합을 최적화하는 문제는 문제는 Non-Convex Problem이다. 기존 연구결과[1,2]에서는 Non Convex Problem의 해법의 복잡도를 완화하기 위하여, 복잡도를 줄이고자 Sub optimal solution을 제안하는 방식으로 복잡도 문제를 해결하고자 하였다.

III. T Proposed Scheme

최적화 문제와 제한조건은 식 (1),(2),(3)과 같다.

$$\max \sum_i U_i(p_i) \quad \text{for all} \quad i \in [1,..K] \tag{1}$$

$$\sum_{i=1} p_i \le P_T \tag{2}$$

$$p_i \le p_{\max} \tag{3}$$

식 (1)의 $U_i(p_i) = \log(1 + \frac{p_i}{\sum_{j \ne i} p_j \alpha_{ji} + N_i})$ 에서 Relative Interference 는 $\alpha_{ji} = \frac{g_{ji}}{g_{ii}}$ 이며, Relative Interference로 정의한다. 식 (4)에서 Relative Interference 중에서 가장 큰 값을 선택한다.

$$\alpha_i^* = \max[\alpha_{1i.....}\alpha_{Ki}] \tag{4}$$

모든 $\alpha_{ji}\,(j \neq i)$에 α_i^*를 적용하면 식 (5)와 같으며,

$$\alpha_{ji} = \alpha_i^* \tag{5}$$

이를 'Interference Majorization'이라고 정의한다.

식 (1)의 Utility Function에 식 (5)를 적용하면 식 (6)과 같다.

$$U_i^M(p_i) = \log\left(1 + \frac{p_i}{\alpha_i^*(P_T - p_i) + \frac{N}{g_{ii}}}\right) \tag{6}$$

Proposition 1. $\max \sum_i U_i(p_i)$ 를 만족시키기 위해서는 $\sum_{i=1} p_i = P_T$를 사용하여야 한다.

Proposition 2. 식 (7)을 만족하면, $0 \le p_i \le p_{\max}$ 구간에서 $U^{M_i}(p_i)$는 증가 오목함수(Increasing Concave Function) 이다.

$$\frac{\partial^2 U_i^M(p_i)}{\partial p_i^2}\Big|_{p_i = p_{\max}} < 0 \tag{7}$$

Proposition 3. 어느 하나의 Relative Interference가 작아지면 $\alpha^{*}{}_j > \alpha_j^{**}$, 전송전력의 변곡점은 커진다 $p_i^* < p_i^{**}$.

Proposition 4. $0 \le p_i \le p_{\max}$ 에서 $U^{M_i}(p_i)$이 증가하는 오목함수이면, $U_i(p_i)$ 또한 증가하는 오목함수이다.

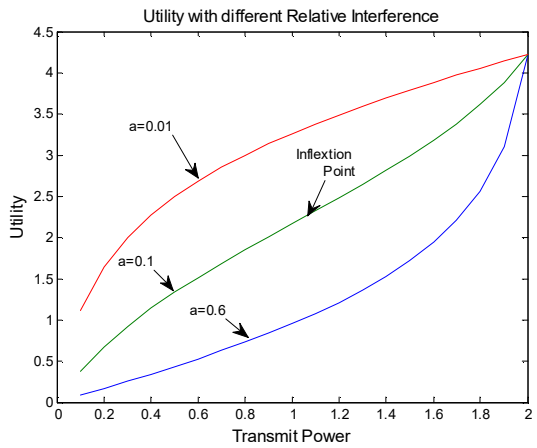

Fig. 2. Utility with different Relative Interference

Concave Function Decision Rule

```
flag=0;
for i=1:K
    if ∂²U_i^M(p_i)/∂p_i²|_{p_i=p_max} < 0
      flag++;
  end
end
while (flag==K)
{ utility functions are all concave}
```

IV. Conclusions

Interference Majorization을 적용해 복잡한 Non Convex Optimization 문제를 간섭구간별로 해법이 비교적 간단한 Convex Optimization 으로 해결이 가능하다.

REFERENCES

[1] Y. Liu, R. Wang, "Interference Constraint Pricing for D2D Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications,* Vol. 16, No. 1, pp. 475-486, January 2017.

[2] X. Kang, R. Zhang, M. Motani, "Price-based resource allocation for spectrum-sharing femtocell networks: A Stackelberg game approach", IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 30, no. 3, pp. 538-549, April 2012.