# D2D 유틸리티 분석: 볼록최적화 알고리즘

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

# Analysis of D2D Utility: Convex Optimization Algorithm

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

● 요 약 ●

Sum Utility를 최적화하는 Convex Optimization Algorithm을 제안한다. 일반적으로, Sum Utility 최적화 문제는 Non Convex Optimization Problem이다. 하지만, '상대간섭'과 '간섭주요화'를 활용하여 Non Convex Optimization Problem이 간섭구간에 따라 Convex Optimization으로 해결할 수 있음을 확인하였다. 특히, 유틸리티 함수는 상대간섭 0.1 이하에서는 오목함수임을 확인하였다. 실험결과 상대간섭이 작아질수록 제안하는 알고리즘에 의한 Sum Utility는 증가함을 확인하였다.

**키워드:** 상대간섭(Relative Interference), 간섭주요화(Interference Majorization), 볼록최적화(Convex Optimization)

## I. Introduction

상대간섭을 적용한 간섭분석을 통하여, 간섭구간에 따라 Sum Utility 최적화 문제가 Convex Optimization으로 해결 가능함이 확인되었다. 구체적으로, 상대간섭이 $\alpha_i \le 0.1$ 인 경우, 단말의 Utility Function은 concave Function이다. 따라서, 이러한 상대간섭 구간에서는 Sum Utility 최적화 문제를 Convex Optimization 으로 해결이 가능하다. 본 논문에서는 상대간섭구간에서 Sum Utility가 Concave function인 경우, 최적화 문제를 구하는 Convex Optimization Algorithm을 제안한다.

## II. Preliminaries

### 1. Related works

Sum Utility 최적화 문제는 최적화 해법이 복잡한 Non-Convex Optimization 에 해당한다. Non Convex Optimization 의 복잡도를 개선하기 위하여, 복잡도를 완화하는 sub optimal algorithm이 제안되어왔다 [1,2].

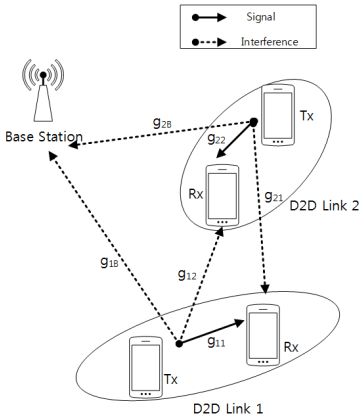


Fig. 1. System Model

## III. T Proposed Scheme

최적화 문제와 제한조건은 식 (1),(2),(3)과 같다.

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

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

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

**Proposed Convex Optimization Algorithm**

**Step 1.** For $i=1:K$

$$p_i(\lambda)=\arg_{p_i}\left(\frac{\partial U_i(p_i)}{\partial p_i}\Big|_{p_i=p_i(\lambda)}=\lambda\right)$$

**Step 2.**

if $\sum_{i=1}^{K} p_i(\lambda)=P_T$

Go to Step 3

else

$\lambda=\lambda+\triangle\lambda$

Go to Step 1

**Step 3.** For $i=1:K$

Get $U_i(p_i(\lambda))$

**Step 4.** END

Step 1에서는 모든 단말들의 전송전력을 계산한다. 단말 $i$의 전송전력은 Utility Function의 변화율이 $\lambda$의 함수이다. 구체적으로, 전송전력 $p_i(\lambda)$은 개별 단말의 Utility Function의 변화율이 $\lambda$ 가 되는 값이다. $\lambda$는 모든 단말들에게 공통적으로 적용된다. Increasing Concave Function에서는 Utility Function의 변화율이 $\lambda$이 작아질수록 전송전력값은 커진다. Step 2 에서는 Step 1에서 구한 개별 전송전력 $p_i(\lambda)$의 합이 $\sum_{i=1}^{K} p_i(\lambda)=P_T$ 를 만족하도록 전송전력 탐색과정은 반복된다. 만약, $\sum_{i=1}^{K} p_i(\lambda)=P_T$ 를 만족하면 알고리즘은 종료하지만, 만족하지 않는 경우, $\triangle\lambda$ 를 추가하여 $\sum_{i=1}^{K} p_i(\lambda)=P_T$ 를 만족할 때까지 반복한다. 일례로, $\triangle\lambda$ 는 Bisection Method 를 적용하여 결정한다. Step 3에서는 결정된 전송전력 $p_i(\lambda)$를 기반으로 개별 단말들의 Utility를 계산한다.

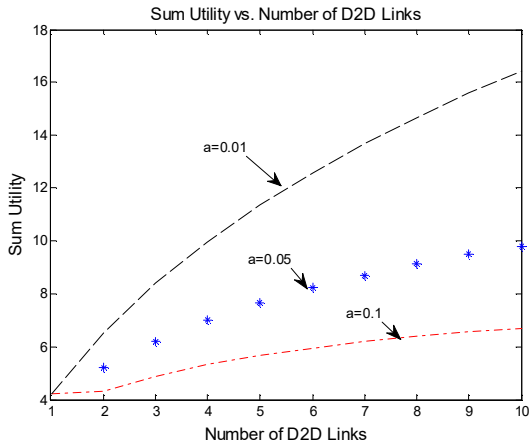


Fig. 2. Sum Utility with different Relative Interference

## IV. Conclusions

Utility Function 이 Concave Function 이 되는 상대간섭구간에서 적용하는 Convex Function Optimization Algorithm을 제안하였다. 제안하는 알고리즘을 적용하여, 상대간섭이 작아질수록 최적화 문제의 cost function 은 증가함을 실험을 통하여 확인하였다.

## 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.