

TETRA 시스템에서 DMO 통신을 위한 채널 선택 알고리즘

Algorithm of Channel Selection for DMO Communication in TETRA System

이순화*, 김장복**0

Soon-Hwa Lee*, Chang-Bock Kim**0

요 약

TETRA(TERrestrial Trunked RADio)는 항상 기지국을 통해서 통신을 하는 TMO(Trunked Mode Operation)가 기지국 없이 단말기간 직접 통신을 하는 DMO(Direct Mode Operation) 보다 주파수 채널의 할당에 있어 우선순위를 가지고 있다. 이 때문에 단말간 통신인 DMO를 안정적으로 운용하기 위해서는 단말이 TMO로 할당된 주파수 채널을 회피할 수 있는 알고리즘이 필요하나 현재의 TETRA DMO 표준에는 이에 관한 사항이 반영되어 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 이웃 노드(기지국 혹은 단말)로부터 TMO 주파수 채널 현황 및 DMO 주파수 이용률에 관한 추가 정보를 제공받아 단말 스스로 최적의 DMO 주파수 채널을 선택할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 성능평가를 통하여 제안 알고리즘이 기존의 DMO 주파수 채널 할당 방식에 비해 평균 전송효율이 우수함을 증명하였다.

Abstract

In TETRA(TERrestrial Trunked RADio) standard, TMO(Trunked Mode Operation) communicates with the UE through the base station and it has a higher priority than DMO(Direct Mode Operation) which communicates with UE directly for channel allocation. As a result, the UE needs an algorithm which restricts the frequency allocation by TMO so that DMO can have a successful communication within the network. However, the TETRA DMO standard does not consider this issue. In this paper, we propose an active DMO channel selection algorithm which allocates a channel based on some additional information such as channel usage state of TMO and channel utilization of DMO. The experimental results show that the proposed algorithm outperforms existing DMO channel allocation scheme in terms of the transmission efficiency.

Key words : TRS, TETRA, DMO, D2D, ALOHA

I. 서 론

TETRA(TERrestrial Trunked RADio)는 유럽전기통신 협회(ETSI)에 의해 국제 표준화된 개방형 디지털 주

파수공용통신(TRS : Trunked Radio System) 기술로서 기존의 셀룰러 시스템과는 달리 하나의 채널을 여러 이용자가 공동으로 이용할 수 있어 주파수 효율을 극대화할 수 있다. TETRA는 다른 이동통신기술들에

* 안전행정부 재난안전통신망구축기획단(Team of DSRN Project, Ministry of Security and Public Administration)

** 홍익대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Engineering, College of Engineering, Hongik University)

· 제1저자 (First Author) : 이순화(Soon-Hwa Lee)

0 교신저자 (Corresponding Author) : 김장복(Chang-Bock Kim, tel : +82-10-6456-1619 , email : hoffnung@hongik.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 8월 9일 · 심사(수정)일자 : 2013년 8월 10일 (수정일자 : 2013년 10월 24일) · 게재일자 : 2013년 10월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.5.497>

비해 재난안전 업무에 중점을 두고 개발되어 ‘우선순위 접속, 비상 지령통화, 기지국 독립 운용’ 등 재난 안전 업무에 특화된 기능을 다양하게 제공한다[7].

TETRA의 통신방식은 크게 기지국을 경유하는 TMO(Trunked Mode Operation)와 단말간 직접 통신을 하는 DMO(Direct Mode Operation)로 구분할 수 있다 [1~5]. TMO는 통신망 설비들을 이용하므로 원거리에 위치한 사용자와 통신 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 교환기나 기지국에 장애가 발생할 경우, 통화폭주로 인해 기지국에 과부하가 발생할 경우에는 전체 통신이 불가능한 한계도 있다. 따라서 이와 같은 경우에는 단말간 직접 통신을 하는 DMO를 효과적으로 활용할 수 있다.

TETRA의 TMO 통신은 주파수 채널 할당과 사용에 있어 DMO보다 우선순위가 높기 때문에 유효한 DMO 통신을 위해서는 TMO로 운용 중인 주파수 채널과 중복되지 않는 채널을 선택하여야 한다. 만일 TMO로 사용하고 있는 주파수 채널을 DMO 채널로 선택할 경우에는 정상적인 DMO 통신이 불가능하거나 TMO와 DMO 주파수 운용 채널의 중복으로 기지국 발진 등의 문제를 야기할 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 단말에서 DMO로 가용할 수 있는 주파수 채널을 스스로 인지할 수 있는 능력이 요구되나 TETRA 표준에는 이에 관한 알고리즘이 포함되어 있지는 않은 상황이다. 따라서 현재의 방식으로는 사용자가 수동으로 DMO로 가용할 수 있는 주파수 채널을 얼마나 유연히 잘 선택하느냐에 의존할 수밖에 없다. 따라서 본 논문의 목적은 단말에서 최적의 DMO 주파수 채널을 자동으로 탐색하고 선택할 수 있는 알고리즘을 제안하는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 DMO의 개념과 유형 등 본 논문의 이론적인 배경들을 소개하며, III장에서는 본 논문에서 제안하는 DMO 주파수 채널 선택 알고리즘에 대해 논한 후, IV장의 알고리즘의 성능평가와 결과 고찰을 통해, V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. DMO 통신의 이론적 배경

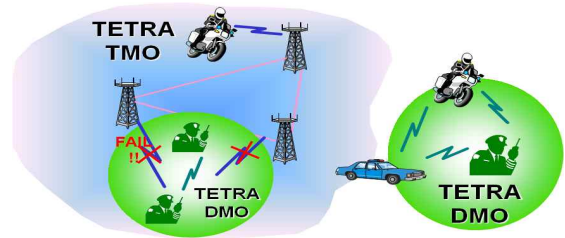


그림 1. TETRA DMO와 TMO의 개념도

Fig. 1. Concept illustration of DMO and TMO in TETRA

2-1 DMO 통신의 필요성

주파수공용통신은 높은 통신용량과 넓은 셀 커버리지(cell coverage)의 지원을 위해 그림 1과 같이 TMO를 기본으로 하고 있으나 DMO도 함께 병행하고 있으며 그 이유는 다음과 같다.

첫째, DMO는 단말간 직접통신 가능하기 때문에 교환기 및 기지국 장애 시에 긴급통신방식으로 유용하다. 둘째, 기지국이 최대 처리할 수 있는 부하의 임계치를 초과하는 등, TMO 통화량의 폭주시에 DMO를 활용하여 일부 트래픽을 분산시킬 수 있다[6,8]. 셋째, DMO는 교환기와 기지국 없이 통신이 가능하므로 지하, 터널, 산악, 해상 등 구축비용이 높은 지역에 경제적이면서도 손쉽게 무선통신망 환경을 구축할 수 있다.

2-2 DMO 기본 운용 모드

DMO는 'Back to Back', 'DMO Repeater', 'Dual Watch', 'DMO Gateway' 4가지 모드가 있다[1~5].

'Back to Back'은 중간 매개 장치 없이 단말간 직접 통신을 하는 것을 의미한다.

'DMO Repeater'는 단말간 직접통신을 위한 전파도달거리가 미치지 아니할 때 중간 매개장치인 리피터 기능으로 커버리지를 연장시키는 것을 의미한다.

'Dual Watch'는 DMO 혹은 TMO 중 하나를 운용하고 있으면서 동시에 다른 모드를 감시하는 것을 의미한다. 예를 들어 만약 TMO로 통화를 하고 있을 경우에 DMO 호출이 있게 되면 이를 경보해 준다.

'DMO Gateway'는 DMO 채널을 TMO 채널로 변환해주는 것이다. 즉 DMO는 기지국이나 교환기를 거치지

않기 때문에 기본적으로 TMO로 운용하고 있는 단말과는 통신이 불가능하다. 그러나 'DMO Gateway' 운용 모드를 이용하면 DMO와 TMO간 상호 통신이 가능하다.

2-3 DMO 채널 운용 구조

TETRA는 다중화방식으로서 '1:4 TDMA' 방식을 사용하기 때문에 한 채널의 타임 슬롯(time slot)은 4개이다. 그림 2와 같이 일반적인 DMO의 타임 슬롯 운용방식은 1번은 통화 트래픽용, 3번은 제어 신호용으로 사용하고 나머지 2, 4번 타임 슬롯은 보호대역 확보를 위해 'free'로 비워 둔다. 또한 통화용량을 2배로 늘리기 위해 2개의 'free' 타임 슬롯도 모두 사용하는 'Frequency Efficient Mode'도 있다[1-5].

TETRA의 TMO와 DMO 통신방식을 위한 데이터 링크 계층의 MAC(Media Access Control) 프로토콜은 Slotted-ALOHA 표준에 따르게 된다[1].

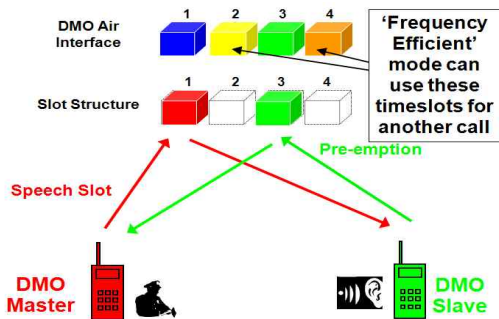


그림 2. DMO의 채널 운용 구조('Back to Back' 모드)
Fig. 2. Channels operating structure of DMO('Back to Back' mode)

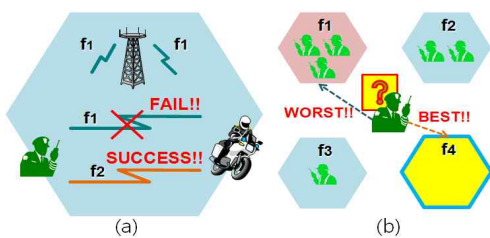


그림 3. 기존 DMO 운용의 문제 사례
Fig. 3. Existing DMO operation of the DMO case of problems

III. 제안 알고리즘

3-1 기존 DMO의 문제제기

그림 3은 I장에서 설명한 기존 DMO의 한계점을 사례로 도식화한 것이다. 그림 3(a)는 DMO 가용 채널로 운용할 수 없는 TMO 채널인 'f₁'을 선택했을 때의 문제점을 의미하며 그림 3(b)는 DMO로 가용할 수 있는 최적의 채널 선택의 문제점을 의미한다. 즉 기존의 DMO 운용 방식에서는 사용자들이 얼마나 선택을 우연적으로 잘했느냐에 의존하므로 매우 원시적이다. 본 논문에서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제시하는 방안은 다음과 같다.

첫째, TMO로 사용하고 있는 주파수 채널 정보를 단말에 제공(그림 3(a) 해결방안)해야 한다. 특히 기지국에서 운용하는 TMO 채널은 항상 활성화 상태에 있기 때문에 이를 DMO 채널로 사용할 수 없다. 따라서 단말이 추가 정보를 참조하여 TMO 채널을 제외한 나머지 주파수 채널 중에서 선택하도록 한다면 전송효율이 개선될 수 있다.

둘째, DMO로 선택이 가능한 채널의 이용률에 관한 추가정보도 단말에게 제공(그림 3(b) 해결방안)할 수 있다면 단말이 특정 DMO 채널에 집중되는 문제점을 해결할 수 있다.

다음으로 Slotted-ALOHA를 기본 MAC으로 사용하는 기존 DMO 운용 방식의 전송효율을 분석하고자 한다. 단위 DMO 주파수 채널에서 $N(L)_{ms}$ 개의 단말이 확률 p 로 항상 전송할 프레임(frame)이 있고 이미 충돌을 겪은 프레임뿐만 아니라 새로운 프레임에 대해서도 확률 p 로 전송한다고 가정한다. 이때 임의의 DMO 채널에서 $N(L)_{ms}$ 개의 단말이 있을 경우의 순수한 Slotted-ALOHA 효율은 $N(L)_{ms} \times p(1-p)^{N(L)_{ms}-1}$ 로 정의된다. 그러나 기존 DMO 운용 방식에서는 어느 채널이 DMO로 가용할 수 있는 채널인지 단말이 판단할 수 없다. 따라서 단위 DMO 주파수 채널당 평균 전송 효율인 $S(L)_{tr}$ 을 정의하기 위해서는 식 (1,2)와 같이 전체 채널 중 실제 DMO 채널로 선택이 가능한 비율인 η_L 을 추가적으로 반영해야 한다.

$$S(L)_{tr} = N(L)_{MS} \cdot p(1-p)^{N(L)_{MS}-1} \cdot \eta_L \quad (1)$$

$$\eta_L = \frac{DMO \text{ 채널수}}{(TMO+DMO) \text{ 채널수}} \quad (2)$$

3-2 제안하는 DMO 채널 선택 알고리즘

그림 3에서 지적한 기존 DMO의 2가지 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 앞서 설명한 바와 같이 TMO 주파수 채널정보와 DMO 채널 이용률에 관한 추가정보를 단말에 제공해야 한다. 따라서 본 논문에서는 이웃 기지국들을 통해 추가정보를 제공받는 'Trunked Algorithm(TA)'과 이웃 단말들을 통해 추가정보를 제공받는 'Direct Algorithm(DA)'를 제안한다.

3-2-1 Trunked Algorithm(TA)

TA는 단말이 TMO 운용 채널과 DMO 이용률에 관한 정보를 이웃 기지국들을 통해 제공받는 방안이다. 이를 구현하기 위해서는 다음의 세 가지 기본 전제가 필요하다. 첫째, 단말기가 DMO 모드로 운용하면서도 기지국과의 정보 공유를 위해 TMO 모드도 동시에 운용해야 한다. 따라서 II장 2절의 DMO를 위한 4가지 기본 운용 모드 중 'Dual Watch'로 동작해야 한다. 둘째, 기존 DMO는 채널 전환을 사용자가 직접 수동으로 조작해야 하나 제안하는 알고리즘에서는 사용자의 수동 조작 없이 단말 차원에서 자동 전환되어야 한다. 셋째, 기지국은 단말에게 기지국 식별코드와 TMO로 운용중인 채널코드와 DMO 이용률을 함께 제공해야 한다.

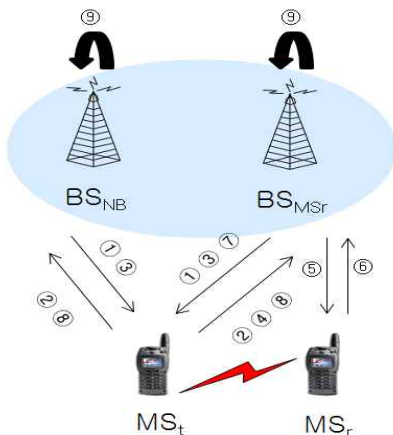


그림 4. TA 채널 선택 절차

Fig. 4. Channel Selection Procedures of TA

TA 방식의 DMO 채널 선택 과정은 그림 4의 절차를 따른다.

① 이웃 기지국인 BS_{NB}들은 자신의 식별코드와 TMO로 운용중인 채널코드 정보를 방송하고 모든 단말기는 해당 정보를 주기적으로 감시

② 새로운 DMO 채널을 선택하려는 단말인 MS_t는 BS_{NB}별 커버리지내 단말들의 DMO 이용률에 관한 정보 요청과 호출 대상 단말이 MS_r임을 방송

③ BS_{NB}들은 MS_t가 요구하는 정보를 제공하되 MS_t의 관할 기지국인 BS_{MSr}은 MS_t에게 자신이 MS_r을 관리하고 있음을 알림

④ MS_t는 TMO 채널을 제외하고 남은 DMO 채널 중 이용률이 가장 낮은 채널을 선택하고 MS_r이 MS_t가 선택한 채널로 전환하도록 BS_{MSr}에게 요청

⑤ BS_{MSr}은 MS_r에게 MS_t가 선택한 채널로 전환하도록 명령

⑥ MS_r은 채널 전환 완료 후 BS_{MSr}에 'ACK' 응답

⑦ BS_{MSr}은 MS_r이 채널 전환을 완료하였다는 사실을 MS_t에게 통보

⑧ MS_t는 BS_{MSr}에게 해당 내용을 확인한 후 BS_{NB}들에게 선택한 DMO 채널 정보를 방송

⑨ BS_{NB}는 DMO 채널의 이용률 정보를 갱신

단위 DMO 주파수 채널에서 TA의 평균 전송효율인 $S(TA)_{tr}$ 은 식 (3)과 같다. TA의 특징은 DMO로 사용할 수 없는 TMO 채널을 단말들이 알 수 있다는 것에 있다. 따라서 단말이 DMO로 가용할 수 있는 채널을 선택할 확률은 '1'이 된다. 즉 기존 DMO 운용 방식에서 DMO로 사용할 수 없는 채널도 선택하게 되나 제안하는 TA에서는 가용할 수 있는 채널만을 선택하며 이용률도 알고 있으므로 각 DMO 채널별로 단말들이 고르게 분산되는 효과가 있다.

$$S(TA)_{tr} = N(TA)_{ms} \cdot p(1-p)^{N(TA)_{ms}-1} \cdot \eta_{TA} \quad (3)$$

하지만 이로 인해 $N(TA)_{ms}$ 는 식 (4)와 같이 기존 DMO에 비해 단위 DMO 주파수 채널 당 단말의 수가 증가($N(TA)_{ms} > N(L)_{ms}$)된다. 이는 총 단말 수인 $N(TOT)_{ms}$ 를 총 채널 수 중 가용할 수 있는 채널의 수인 $N(TOT)_{ch} \times \eta_L$ 의 값으로 나누어야 되기 때문이다.

TA는 단말이 DMO로 사용할 수 있는 채널을 선택

할 확률은 '1' 이지만 단위 DMO 채널당 배치되는 단말은 오히려 증가하기 때문에 성능적인 측면에서 상충관계(trade off)에 있다.

$$N(TA)_{ms} = \frac{N(TOT)_{ms}}{N(TOT)_{ch} \cdot \eta_L} \quad (4)$$

또한 TA는 기존의 DMO 운용 방식과 달리 이웃 기지국 등으로 부터 추가 정보를 받게 된다. 따라서 기존 DMO 운용방식에 비교하여 핸드셰이킹 오버헤드(handshaking overhead)로 인한 지연도 고려해야한다. 따라서 이를 식 (5)와 같이 η_{TA} 로 정의한다. t_{DU} 는 통화지속시간, t_{TA} 는 TA 알고리즘의 핸드셰이킹 오버헤드에 따른 지연시간을 의미한다.

$$\eta_{TA} = t_{DU} / (t_{DU} + t_{TA}) \quad (5)$$

t_{TA} 는 다시 식 (6)과 같이 세부적으로 정의할 수 있다. t_{BS_NB} , t_{BS_MSr} , t_{MSi} , t_{MSr} 은 각각 이웃 기지국 및 송수신 단말의 긍정응답(ACK) 확인, 전파지연, 처리지연 시간 등을 의미한다. TA는 정보 공유 대상이 주변의 기지국이 되므로 t_{TA} 는 응답하는 이웃 기지국들의 수를 의미하는 k 값에 비례하여 증가한다. 또한 호출의 대상이 되는 단말의 수인 j 값에 따라서도 비례하여 증가한다.

$$t_{TA} = \sum_{i=1}^k t_{BS_{NB}}^i + t_{BS_{MS}} + t_{MS_i} + \sum_{i=1}^j t_{MS_r}^i \quad (6)$$

3-2-2 Direct Algorithm(DA)

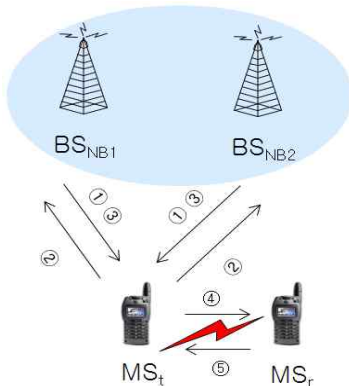


그림 5. DA 채널 선택 절차

Fig. 5. Channel Selection Procedures of DA

TA는 그 특성상 기지국 제어 채널의 용량에 많은 부담을 줄 수 있다. 또한 단말들에게 DMO 이용률에 대한 추가 정보를 직접 제공해야 하기 때문에 기지국 구조 변경 등으로 전체적인 통신망의 업그레이드가 필요할 수도 있다는 부담도 있다. 따라서 기지국이 제공해야할 일부 정보를 단말만으로 처리할 수 있다면 하나의 좋은 방안이 될 수 있다. 즉 이것이 본 논문에서 DA를 제안한 배경이다. 다만 DA는 TA에 비하여 단말간 핸드셰이킹 오버헤드가 높아질 것이므로 TA와 비교하여 DA 성능이 낮을 것이라는 사실을 직관적으로 알 수 있다.

DA를 구현하기 위해서는 다음의 세 가지 기본 전제가 필요하다. 첫째, TA와 마찬가지로 이웃 기지국 TMO 채널 상태를 단말들이 감시해야 한다. 따라서 'Dual Watch'로 동작해야 한다. 다만 기지국에 장애가 발생하거나 TMO 신호가 도달하지 않는 음영지역에서 활용하는 경우라면 'Dual Watch'로 동작할 필요성은 없다. 둘째, 역시 TA와 마찬가지로 DMO는 채널 전환은 단말의 수동 조작 없이 단말 차원에서 자동 전환되어야 한다. 셋째, DMO로 가용할 수 있는 채널 중에서 한 채널을 단말간 추가 정보 공유를 위한 제어 전용 채널로 지정해야 한다. 이러한 이유는 DMO 특성상 같은 채널이 아닌 경우에는 상호 통신이 불가능하기 때문이다.

'Dual Watch'로 동작하는 DA 방식에서의 DMO 채널 선택 과정은 그림 5의 절차를 따른다.

- ① 이웃 기지국들인 BS_{NB} 들은 자신의 식별코드와 TMO로 운용중인 채널코드 정보를 방송하고 모든 단말은 해당 정보를 주기적으로 감시
- ② MS_i 는 이웃 단말인 MS_{NB} 들에게 현재 이용 중인 DMO 채널 이용현황에 대한 정보를 제공해 줄 것을 제어 전용 채널을 통해 방송
- ③ MS_{NB} 들은 MS_i 에게 자신이 이용하고 있는 DMO 채널 정보를 제어 전용 채널로 제공
- ④ MS_i 는 TMO 채널을 제외하고 남은 DMO 채널 중 이용률이 가장 낮은 채널을 선택하고 MS_r 에게 MS_i 가 선택한 채널로 전환 할 것을 제어 전용 채널을 통해 방송
- ⑤ MS_r 은 MS_i 가 선택한 DMO 채널로의 전환이 완료되면 MS_i 에 동기화한 DMO 채널을 통해 'ACK' 신

호를 방송

단위 DMO 주파수 채널에서 TA의 평균 전송효율인 $S(DA)_{tr}$ 은 식 (7)과 같다.

$$S(DA)_{tr} = N(DA)_{ms} \cdot p(1-p)^{N(DA)_{ms}-1} \cdot \eta_{DA} \quad (7)$$

'Dual Watch' 환경의 DA도 TA와 마찬가지로 단말들이 DMO로 가용할 수 있는 채널과 이용률을 알고 있으므로 $N(DA)_{ms}$ 는 식 (8)의 정의와 같다. DA는 DMO로 가용할 수 있는 채널 중 한 채널을 제어 전용 채널로 할당해야 한다. 따라서 $N(DA)_{ms}$ 에 비해 분모 값이 '1' 만큼 적다. 이것은 TA에 비해 핸드셰이킹 오버헤드가 높다는 점 외에도 또 하나의 성능적인 저해요인이다.

$$N(DA)_{ms} = \frac{N(TOT)_{ms}}{N(TOT)_{ch} \cdot \eta_L - 1} \quad (8)$$

DA도 이웃 단말 등으로 부터 추가 정보를 받아야 한다. 따라서 TA와 같이 필연적으로 핸드셰이킹 오버헤드(handshaking overhead)로 인한 지연이 발생하며 이를 식 (9)와 같이 η_{DA} 로 정의한다.

$$\eta_{DA} = t_{DU} / (t_{DU} + t_{DA}) \quad (9)$$

t_{DA} 는 다시 식 (10)과 같이 세부적으로 정의할 수 있다. DA는 TA와 달리 정보공유의 주 대상이 주변의 이웃 단말들이 된다. 따라서 이웃 단말과의 핸드셰이킹 오버헤드로 인한 각종 지연 시간인 t_{MS_NB} 는 이웃 단말들의 수인 h 값에 비례하여 증가한다. 또한 호출 대상 단말의 수를 의미하는 j 값에 따라서도 비례하여 증가하게 된다.

$$t_{DA} = \sum_{i=1}^h t_{MS_NB}^i + t_{MS} + \sum_{i=1}^j t_{MS}^i \quad (10)$$

IV. 성능평가

4-1 성능평가 조건 정의

본 논문에서 제안한 TA와 DA의 성능을 평가하기 위한 기본적인 모의실험 파라미터는 TETRA 표준을 준수한다[1]. 즉 사용 대역폭으로는 25 kHz 이고 1:4 TDMA 다중화를 통해 얻어지는 타임슬롯당 지속시간은 14.167 ms 이다. 이때 1회의 긍정응답 확인에 필요한 지연시간은 타임슬롯당 지속시간과 같다고 정의하고, 전파지연시간(단말기의 송수신 전력을 감안하여 평균 1 km 반경에 모든 단말들이 분포하되 송수신 거리는 모두 동일한 것으로 가정)과 처리지연시간은 각각 3 μ s 와 2 μ s 로 정의한다. 또한 통화 지속시간인 t_{DU} 는 1:N의 그룹통화 PTT(Push To Talk) 환경에서 평균 10 sec 로 정의한다[7].

TA는 성능평가 측면에서 이웃 기지국들의 수인 k 와 $N(TOT)_{ms}$, $N(TOT)_{ch}$ 값이 가장 큰 변수가 된다. 이 세 가지 변수 중 k 는 실제 무선통신망 환경을 고려한다면 무한대로 증가한다고 가정하는 것은 무의하다 볼 수 있다. 따라서 k 값은 변수가 아니라 상수로 놓고 성능평가를 하는 것이 합리적이다. k 값은 셀플랜(cell plane)에 따라 상이하므로 경험치를 기준으로 정의하는 것이 바람직하다. 이를 정의하기 위해 국내의 소방방재청에서 구축한 통합지휘무선통신망 기술표준인 TETRA 환경에서 측정된 결과 도심지는 평균 '3~5', 교외지는 평균 '2~3'인 것으로 확인하였다. 따라서 TA의 성능평가를 위한 k 값은 도심지와 교외지의 평균치를 고려하여 '3' 으로 설정한다.

II장 3절의 그림 2에서 설명한바와 같이 일반적인 DMO의 타임슬롯 운영은 4개중 2개를 이용하지만 'Frequency Efficient Mode'과 같이 타임슬롯 4개를 모두 사용할 수도 있다. 이 경우 $S(L)_{tr}$, $S(TA)_{tr}$, $S(DA)_{tr}$ 측면에서 타임슬롯 4개를 모두 사용하는 'Frequency Efficient Mode'가 타임슬롯 2개만을 사용하는 방식에 비해 성능이 2배만큼 향상된다는 것은 직관적으로 알 수 있다. 따라서 본 논문의 성능평가는 타임슬롯 2개만을 사용하는 환경에서 측정한다.

4-2 제안 알고리즘의 성능평가

제안 알고리즘의 성능평가를 위해서는 $\max\{S_{tr}\}$ 을 기준으로 다음의 경우를 찾아야 한다. 첫째, 경우 1은 제안 알고리즘 모두 기존 DMO 보다 성능이 우수한 경우를 의미한다. 둘째, 경우 2는 제안 알고리즘이 기

존 DMO 보다. TA는 우수하나 DA는 낮은 경우를 의미한다. 셋째, 경우 3은 제안 알고리즘 모두 기존 DMO 운용 방식보다 성능이 낮은 경우를 의미한다. 또한 제안 알고리즘의 성능 변화는 식 (3,7)을 고려할 때 총 단말의 수를 증가시킬 때 가장 민감하게 반응한다. 따라서 $N(TOT)_{ms}$ 는 변화시키고 $N(TOT)_{ch}=10$, $\eta_L=0.7$ 으로 고정하여 관찰한다.

4-2-1 경우 1 : $S(TA)_{tr} > S(DA)_{tr} > S(L)_{tr}$

그림 6과 같이 $N(TOT)_{ms}=60$ 일 경우, 제안 알고리즘 모두 기존 DMO에 비해 $\max\{S_{tr}\}$ 이 우수하다. 구체적인 성능치는 $\max\{S(TA)_{tr}\} \cong 0.377$, $\max\{S(DA)_{tr}\} \cong 0.354$, $\max\{S(L)_{tr}\} \cong 0.275$ 이다.

4-2-2 경우 2 : $S(TA)_{tr} > S(L)_{tr} > S(DA)_{tr}$

그림 7과 같이 $N(TOT)_{ms}=120$ 일 경우 $\max\{S_{tr}\}$ 값이 기존의 DMO에 비해 TA는 높고 DA는 낮은 특성을 보인다. 제안하는 알고리즘은 $N(TOT)_{ms}$ 가 증가할수록 핸드셰이킹 오버헤드와 단위 DMO 채널당 배치되는 단말의 수의 증가로 성능 열화를 보이게 된다. 즉 DA는 이웃 단말로부터 추가 정보를 제공받기 때문에 TA에 비해 핸드셰이킹 오버헤드가 심할 뿐만 아니라 제어 채널도 전용으로 운용하는 특성들이 반영되었기 때문에 이와 같은 성능을 보인다. 구체적인 성능치는 $\max\{S(TA)_{tr}\} \cong 0.302$, $\max\{S(DA)_{tr}\} \cong 0.229$, $\max\{S(L)_{tr}\} \cong 0.263$ 이다.

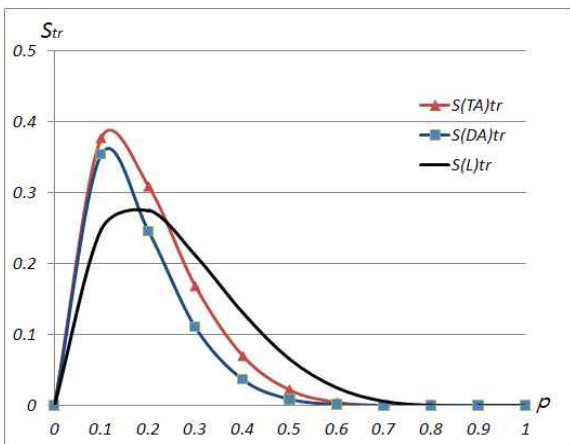


그림 6. 경우 1의 S_{tr} 성능 비교
Fig. 6. S_{tr} performance comparison of case 1

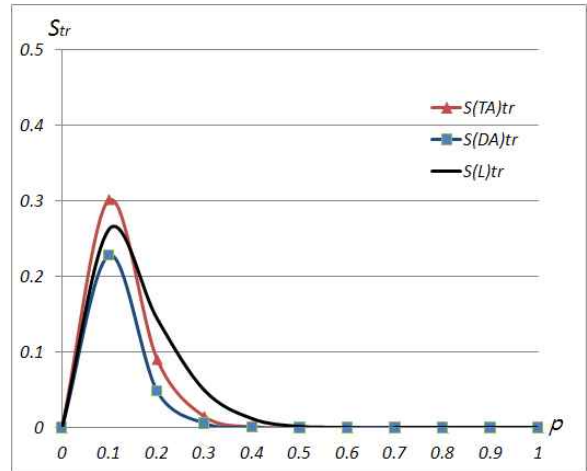


그림 7. 경우 2의 S_{tr} 성능 비교
Fig. 7. S_{tr} performance comparison of case 2

4-2-3 경우 3 : $S(L)_{tr} > S(TA)_{tr} > S(DA)_{tr}$

그림 8과 같이 총 단말의 수인 $N(TOT)_{ms}=180$ 일 경우, $\max\{S_{tr}\}$ 값이 기존의 DMO에 비해 제안 알고리즘 모두 낮은 특성을 보인다. 즉 $N(TOT)_{ms}$ 를 $+\infty$ 로 증가하면 할수록 결국 TA와 DA는 각종 성능 열화 요인들로 인하여 기존 DMO의 η_L 값보다 낮아지게 되는 임계점 이후부터는 성능이 역전 된다는 점을 알 수 있다. 구체적인 성능치는 $\max\{S(TA)_{tr}\} \cong 0.182$, $\max\{S(DA)_{tr}\} \cong 0.111$, $\max\{S(L)_{tr}\} \cong 0.210$ 이다.

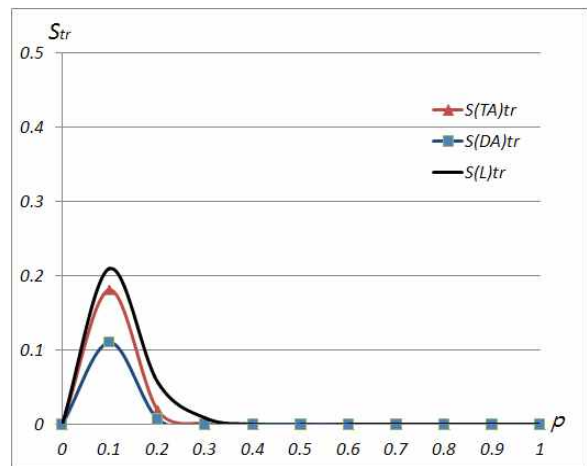


그림 8. 경우 3의 S_{tr} 성능 비교
Fig. 8. S_{tr} performance comparison of case 3

V. 결 론

이 순 화 (Soon-Hwa Lee)



2001년 2월 : 서울과학기술대학교
매체공학과(공학사)
2003년 2월 : 홍익대학교 전자공학과
(공학석사)
2009년 2월 : 홍익대학교 전자공학과
(공학박사)
2006년~2009년 : 소방방재청 정보화

담당관

2009년~현재 : 안전행정부 재난안전통신망구축기획단

관심분야 : 재난통신, 이동통신, 센서네트워크

김 장 복 (Chang-Bock Kim)



1974년 2월 : 연세대학교 전자공학과
(공학사)
1976년 2월 : 연세대학교 전자공학과
(공학석사)
1983년 8월 : 연세대학교 전자공학과
(공학박사)
1979년~현재 : 홍익대학교 전자전기

공학부 교수

관심분야 : 디지털통신, 통신망, 컴퓨터회로망