

# 호 폭주 비상재난통신 디지털 TRS(Trunked Radio System) 수신채널할당 기법

## The Receive Channel Allocation Scheme on the Digital Trunk Radio System for the Emergency and Disaster Communication in the call congestion

이순화\*, 오갑근\*\*, 홍완표\*\*\*

Soon-Hwa Lee\*, Kab-Keun Oh\*\* and Wan-Pyo Hong\*\*\*

### 요 약

이동통신 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 현재의 시장 요구 속에서 유한적인 자원인 주파수는 부족현상에 시달리고 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 여러 각도에서 이동통신을 위한 주파수 효율성 제고를 위한 채널할당 연구가 있다. 그러나 대부분의 연구가 1:1 개별통화 위주의 이동통신에 집중되어있다. 따라서 본 논문에서는 기지국별단말의 군집성에 영향을 받는 비상재난통신을 위한 디지털 TRS 시스템 환경에서 1:N 그룹통화에 적합한 수신채널할당 기법을 제안하고 호손율 및 부하분산에서 성능개선이 있음을 보인다.

### Abstract

Nowdays the mobile traffic have been greatly increasing. This traffic increment has been caused the lack of frequency. To solve this problem, many study to improve the frequency efficiency in the field of mobile communication has been performed in a variety angle. However this kind of study was focused to 1:1 traffic. This paper propose the allocation scheme of the receiving channel in 1:N group traffic. This method apply to the TRS(Trunk Radio System) that use for the emergency disaster telecommunications. The result of the study show the performance improvement in the call loss ratio and load distribution in the group channel.

Keywords : TRS, Channel allocation, Emergency disaster communications, IS-95

### I. 서 론

이동통신 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 현재의 시장 요구 속에서 유한적인 자원인 주파수는 날로 부족해지고 있다. 이 문제를 해결하기 위한 하나의

방법으로서 주파수 효율성 제고를 위한 채널할당 연구가 있다[1-2].

셀룰러 에서는 동일 주파수채널 간섭이 발생하지 않도록 어느 정도 떨어진 셀에서 재사용을 통해 주파수 이용효율을 증가시키는 연구와 더불어 부하균형

\* 행정안전부 소방방재청

\*\* A&D 엔지니어링(주)

\*\*\* 한세대학교 IT학부

· 제1저자 (First Author) : 이순화

· 교신저자 (Corresponding Author) : 오갑근, 홍완표

· 투고일자 : 2009년 11월 26일

· 심사(수정)일자 : 2009년 11월 27일 (수정일자 : 2009년 12월 16일)

· 게재일자 : 2009년 12월 30일

을 포함하는 채널할당에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있으나 아직 TRS는 셀룰러 기법을 차용하고 있을 뿐 별도의 연구가 활발하게 진행되고 있지는 못한 실정이다.

최적화된 채널할당을 위해서는 트래픽 부하를 균등하도록 제어할 수 있는 유연한 동적채널할당방식이 필요하다. 셀룰러에서는 한 착신 단말이 하나의 부하로 볼 수 있으나 TRS 그룹통화는 1:N이므로 단말이 아닌 그룹 수가 하나의 부하로 볼 수 있다. 따라서 셀룰러의 기법을 차용하는 것은 합리적이지 못하며 새로운 요구사항과 시각이 필요하다.

본 논문의 구성으로 제2장에서는 셀룰러의 기존 채널할당과 관련한 연구에 대하여 설명하고 제3장에서는 TRS 그룹통화에 적합한 새로운 동적채널할당 알고리즘을 제안한다. 이어서 제4장의 모의실험 성능평가의 결과를 확인한 후 제5장에서 결론 및 본 논문에서 다루어진 연구의 한계점에 대하여 논한다.

## II. 관련연구

### 2-1. IS-95 정적채널할당

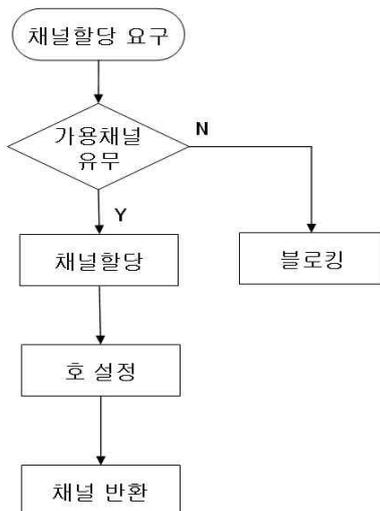


그림 1. IS-95 정적채널할당

Figure 1. steady channel Allocation of IS-95

그림1과 같이 셀 내에서 신규호가 발생하면 기지

국은 현재 셀 내에서 채널할당 요구 시 채널을 검사해서 가용한 채널이 있을 경우 호에 채널을 할당하고 통화가 끝나면 채널을 반환한다. 만일 가용채널이 없다면 호는 거절한다.

### 2-2. IS-95 동적채널할당

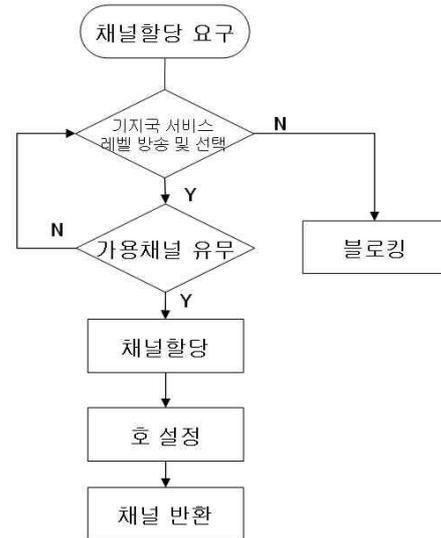


그림 2. IS-95 동적채널할당

Figure 2. Dynamic channel Allocation of IS-95

IS-95 정적채널할당 기법은 양호한 수신신호세기 기준치 만족여부를 바탕으로 기지국을 임의적으로 선택하게 되므로 부하분배를 고려한 적응적 선택이 될 수 없다 따라서 이를 보완하고자 그림2와 같은 동적채널할당 방식도 추가 적용되고 있다[3-5].

TETRA 시스템도 IS-95방식과 같이 기지국 선정 을 위하여 수신 신호세기와 기지국의 부하량을 고려하고 있으며 브로드캐스트(broadcast) 파라미터(parameter)에 두개 비트의 서비스 레벨을 두고 있다[3]. 이러한 파라미터들은 단말기가 기지국 선정에 필요한 정보를 획득하여 두 개의 기지국이 동일한 수신 신호세기 레벨 등급이라면 부하가 덜한 기지국을 선택하게 될 것이다. 다만 개별통화 서비스에는 유용한 방법은 될 수 있으나 트래픽 발생이 단말수가 아닌 기지국별 단말의 군집성에 영향을 받는 그룹통화에 있어서는 최적화되었다고 볼 수 없다.

2-3. 기타채널할당

기존 채널할당 문제점을 개선하고자 전역적 장소(Global Pool)에서 관리하여 요청이 들어오면 해당 셀에 채널을 할당하는 방법들이 제안되고 있으나 실제 시스템에 적용하기에는 많은 문제가 발생하므로 사용되지 않는다[6-8]. 이와 같은 이유로 채널차용법(Channel Borrowing)법이 연구되고 있다. 이는 서비스 영역전체에 할당된 전 채널을 고정법에 의해 각 셀에 분배하고 그 채널들을 명목상의 채널로 하여 우선적으로 사용한다. 호의 발생에 의해 각 기지국은 먼저 명목상의 채널을 사용하여 채널을 할당하고 이것이 부족할 경우 인접 셀로부터 사용하지 않는 채널을 차용해서 사용하는 방법이다. 이때 빌려오는 채널은 다른 기지국에 대해 동일 채널간섭이 일어나지 않아야 한다[6-8].

2-4. 기존 연구의 한계점

이동통신망은 일반적으로 중첩 통화권을 갖도록 인접 기지국을 배치하여 동일 위치에서 복수개의 양호한 서비스가 가능한 기지국에 접속할 수 있다. 이 경우 기존 연구방식은 채널간섭과 셀룰러 서비스의 부하분산을 목적으로 기지국별 접속하는 단말 수의 편차(기지국간)를 줄이는 방법에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있다.

그러나 디지털 TRS 그룹통화 예서는 하나의 통화그룹에 하나의 수신채널을 할당하므로 단말 수의 편차만을 고려하는 기존의 방식은 합리적이지 못하다. 즉, 기지국에 충분한 가입자용량이 있음에도 불구하고 수신채널의 부족으로 기지국 접속의 허락을 받지 못할 경우가 발생할 수 있다.

따라서 동일 그룹 단말 들이 여러 기지국에 분산되어 있다면 분산된 기지국만큼 수신채널이 할당되어야 하므로 동일 통화그룹이 한 기지국에 집중되도록 수신채널을 할당하는 것이 합리적이다. 그러므로 중첩 셀에서 통화그룹의 분포를 고려하지 않고 단말기가 임의로 기지국을 선택하거나 단순 단말 수의 편차만을 가지고 기지국을 선택하는 기존의 방법은 주파수 자원 측면에서 비효율적이다.

III. 제안하는 동적채널할당

3-1. 초기 기지국 선택 과정

초기 기지국 선택은 단말이 망 연결 과정이나 핸드오프를 위하여 적당한 기지국을 찾기 위하여 수신 단말의 메시지를 착신하기 위하여 수신채널할당을 요구하는 과정을 말한다.

```

IF MS가 채널할당을 요구하는가? THEN
IF 부하 및 채널 임계치를 만족하는 기지국이 있는가? THEN
IF 채널할당을 요구하는 그룹ID를 사전 할당된 기지국이 있는가?
사전할당된 기지국 중 「max(동일한 TG로 접속된 단말 부하량)」
→ ‘우선순위 기지국으로 선정’
ELSE min(단말 부하량)한 기지국 선택
ENDIF
ELSE 블록킹
ENDIF
ELSE 채널할당 과정 없음
ENDIF
    
```

그림 3. 초기 기지국 선택 알고리즘 의사코드  
Figure 3. Initial base station select algorithm pseudo random code

먼저 채널할당을 요구하는 단말은 부하 및 채널 임계치를 만족하는 기지국이 존재하는지 여부를 중첩된 기지국을 대상으로 질의하고 수신채널을 할당 받을 후보 기지국을 선정한다. 이때 부하 및 채널 임계치를 만족하는 기지국이 없을 경우에는 ‘블록킹’ 된다. 부하 및 채널 임계치를 만족하는 기지국이 있는 경우 해당 기지국은 단말이 요구하는 동일 통화그룹(TG: Talk Group)에 이미 채널이 할당되어 있는지 여부를 확인하고, 그 결과를 단말에 통지하게 된다. 기지국의 응답 메시지를 확인한 단말은 우선 기지국을 최종 선정하기 위하여 후보 기지국 중 동일 통화그룹에 속해있는 단말 부하량이 가장 많은 기지국을 우선기지국으로 선정하여 수신채널을 할당 받는다. 만일 동일 통화그룹에 채널이 할당된 기지국이 없다면 단말 부하량이 가장 최소인 기지국을 선택하여 수신채널을 할당받게 된다.

3-2. 사후 채널 재할당 과정

초기 기지국 선정 과정이 완료 되었다 하더라도 채널부족, 부하량 초과 등의 사유로 항상 최적화된 기지국을 선택했다고 볼 수는 없다. 따라서 사후에 이를 제어하여 자원의 효율성을 높일 필요가 있다. 이를 위하여 채널 재할당을 위한 내부핸드오프 기법을 제안하여 초기 자원 효율성이 떨어지더라도 사후 채널 재할당을 통하여 만회할 수 있는 기법과 그 과정을 설명하도록 한다.

```

IF 채널 재할당이 필요한가? THEN
중첩지역에서 동일 그룹에 채널이 분산 할당된
기지국을 대상으로 등록 단말 수를 MSO/HLR에
보고
응답한 기지국 중 등록 단말 수가 가장 많은 기지
국 순으로 순위(1~n) 지정
IF 순위가 지정된 기지국의 수는 '1 ≤ n' 을 만족
하는가? THEN
FOR i=1 : n
while(「내부핸드오프를 수행하는 단말이 존재
」 & 「i 번째 순위를 갖는 기지국의
부하 임계치에 도달될 때 까지 각
대상단말은 내부핸드오프 과정 수
행」)
END
채널 재할당 과정 종료
ELSE 채널 재할당 과정 취소
ENDIF
ELSE 채널 재할당 과정 없음
ENDIF
    
```

그림 4. 내부핸드오프 알고리즘 의사코드  
Figure 4. Inner hand-off algorithm pseudo random code

먼저 MSO(Mobile Switching Center)/HLR(Home Location Register)의 위치관리 정보를 바탕으로 채널 재할당 필요 여부를 MSO에서 판단한 후 만일 필요하다면 중첩지역에서 동일 그룹에 채널이 분산 할당된 기지국을 선정한 후 동일 그룹내 단말 등록 수를 MSO에 보고할 것으로 요청한다. 해당 요청을 받은 기지국은 MSO가 지정한 그룹에 등록되어 있

는 단말의 수를 파악하여 MSO에 그 결과를 통보한 다. 기지국으로부터 통보받은 단말 수가 가장 많은 기지국 순으로 순위를 지정하고 순위가 높은 기지국 에 할당된 수신채널로 옮길 것을 기지국을 통하여 단말에 통보하고 '내부 핸드오프' 과정을 수행한다. 다만 '내부 핸드오프' 과정을 수행 중, 우선순위가 높은 기지국의 부하 임계치를 초과하는 경우 차순위 기지국을 대상으로 '내부 핸드오프' 과정을 계속 실 시하도록 한다. 이와 같은 과정을 통하여 기지국 입 장에서 자신에 접속된 단말 중 통화그룹 중복수가 최소이나 타 중첩기지국에서는 중복수가 높아 우선 순위가 높은 통화그룹이라면 타 중첩기지국으로 이 동시키고, 그 반대의 경우에는 가져오는 방식을 취 하게 된다.

디지털 TRS는 그룹통화시 통화그룹이 다수 기지 국에 고르게 분포될 경우, 그에 비례하여 필요 채널 이 늘어나므로 동일 통화그룹은 동일 기지국의 측정 채널에 편중시키는 것이 주파수 자원 입장에서 효율 적이라고 볼 수 있다. 이에 반하여 일반 공중망인 셀룰러서비스는 모두 1:1 개별통화이므로 산술적으로 단말기의 분포가 통화권역이 중첩되어 있는 기지국 에 고르게 분산되는 것이 주파수 자원의 효율과 부하분산에 효과적이다. 내부 핸드오프가 빈번할 경우 통화품질에 문제가 발생할 수 있으나 비상재난통신 사용자들의 이동성이 적고 군집성이 높다는 점을 고 려한다면 셀룰러 망과 달리 부하량이 크게 늘어나지 않을 것으로 예상할 수 있다.

VI. 성능평가

4-1. 모의실험 환경

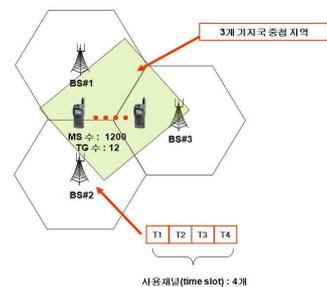


그림 5. 모의실험을 위한 시스템 모델링  
Figure 5. System modeling for simulation

표 1. 실험 환경 구성을 위한 조건과 가정  
Table 1. Conditions and supposition for setup the test environment

구 분	세 부 사 항
기지국 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중첩된 기지국 수 : 3개(기지국당 4채널)</li> <li>• 한 채널당 최대 등록 단말 임계치 : 100개</li> </ul>
단말 및 통화그룹 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중첩 지역에 활성화된 통화그룹 수 : 12개</li> <li>• 전체 단말 수 : 1200개 (균일분포)</li> <li>• 한 그룹당 최대 단말수 : 100개(균일분포)</li> </ul>
호 발생 및 지속시간	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수신측 입장의 수신채널 할당 효율을 구하기 위함</li> <li>• 따라서 발신호는 항상 존재하고, 지속시간은 무한대(<math>\infty</math>)로 설정</li> </ul>

4-2. 성능척도

본 절에서는 제안한 기법의 성능 향상을 측정하기 위한 성능 척도에 대해 기술한다. 우선 시스템의 성능을 도출하기 위한 지표로서 '호손율(Call Blocking Rate)'을 사용한다.

'호손율(P<sub>l</sub>)'은 중첩지역에서 '채널할당을 요구하는 단말 총수' 중 기지국내 여유채널이 없거나 기지국 허용 부하를 초과하여 발생하는 손실에 따라 '채널할당을 받지 못한 단말 총수'의 비율로 가입자에 대한 서비스 및 경제성을 알 수 있는 척도는 식1과 같다.

$$P_l = \frac{\text{채널할당을 받지 못한 단말 총수}}{\text{채널할당을 요구하는 단말 총수}} \quad (1)$$

4-3. 전체방식간 호손율 성능평가

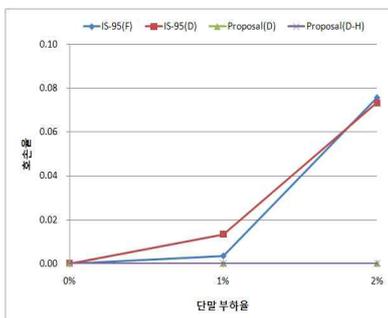


그림 6. 전체방식간 호손율 모의실험 결과(1)  
Figure 6. Result(1) of call loss simulation between all systems

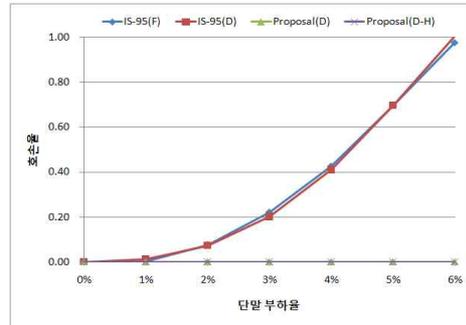


그림 7. 전체방식간 호손율 모의실험 결과(2)  
Figure 7. Result(2) of call loss simulation between all systems

그림6에서 나타내는 「전체방식간 호손율 모의실험 결과(1)」를 보면 기존 정적 IS-95(F) 방식과 동적IS-95(D) 방식은 단말부하율이 '1%'일 때 호손율이 발생됨을 알 수 있다. 또한 그림7에서 나타내는 「전체방식간 호손율 모의실험 결과(2)」를 보면 기존 정적 IS-95(F) 방식과 동적IS-95(D) 방식은 단말부하율이 '6%'일 때 채널할당을 요구하는 모든 요청에 대하여 손실이 발생됨을 알 수 있다. 따라서 기존 IS-95의 정적과 동적방식이 디지털 TRS 그룹통화 서비스의 성능개선과는 무관함을 알 수 있다.

이에 반하여 제안하는 방식은 초기 기지국을 선정하는 방식만을 적용한Proposal(D)와 사후 채널 재할당을 위해 내부핸드오프까지 추가 적용한 Proposal(D-H)로 구분하여 모의실험을 실시하였으며 단말부하율이 '6%'일 때에도 호손율은 '0'임을 알 수 있으며 이는 제안하는 방식이 기존 IS-95방식에 비하여 효율적인 수신채널관리가 이루어짐을 알 수 있다.

4-4. 제안방식간 호손율 성능평가

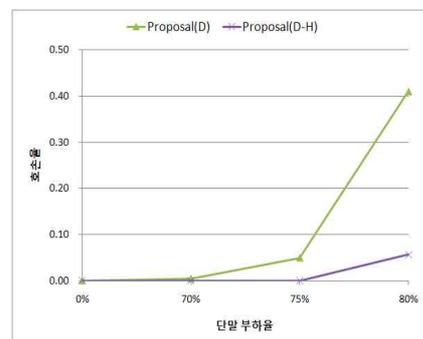


그림 8. 제안방식간 호손율 모의실험 결과(1)  
Figure 8. Result(1) of call loss simulation between the proposed systems

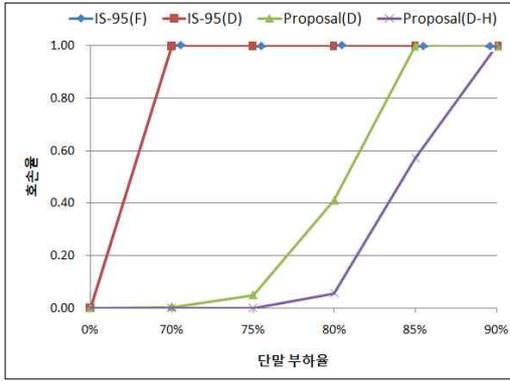


그림 9. 제안방식간 호손율 모의실험 결과(2)  
Figure 9. Result(2) of call loss simulation between the proposed systems

그림8에서 나타내는 「제안방식간 호손율 모의실험 결과(1)」는 기존방식과 제안방식간의 호손율 성능의 차가 높아 별도 구분하여 비교하기 위함이며 그 결과 제안(D)는 단말부하율 '70%'에서 호손실이 발생하고 제안(D-H)는 단말부하율 '75%'에서 호손실이 발생한다. 즉, 채널재할당 내부핸드오프의 추가적용으로 5% 성능개선차가 발생한다. 또한 그림9에서 나타내는 「제안방식간 호손율 모의실험 결과(2)」를 보면 제안(D)는 단말부하율이 '85%'일 때, Proposal (D-H)는 '90%'일 때 채널할당을 요구하는 모든 요청에 대하여 손실이 발생됨을 알 수 있다. 따라서 제안방식에서 사후 채널 재할당 과정을 통해 약 5%의 추가 성능개선이 있음을 알 수 있다.

이를 기존 IS95방식과 비교하면 제안(D)는 IS95(F) 및 IS95(D)에 비하여 호손실 발생에 있어서는 '69%', 채널할당을 모든 요청에 대하여 손실의 경우는 있어서는 '79%'의 단말부하율 성능개선차가 있다. 제안(D-H)는 IS95(F) 및 IS95(D)에 비하여 호손실 발생에 있어서는 '74%', 채널할당을 모든 요청에 대하여 손실의 경우는 있어서는 '84%'의 단말부하율 성능개선차가 있다.

### V. 결 론

수신채널할당에서 그룹 호 트래픽 전달은 1:N의 그룹 전송이므로 개별통화와 달리 전체 망의 트래픽

용량은 가입자 수가 아닌 그룹 수에 비례한다. 따라서 디지털 TRS에서는 단순한 단말 수가 아닌 그룹의 분포 수를 제어하는 것이 합리적이다. 그 결과 호손율은 IS-95방식에 비해 호손실 발생에 있어서 '69~74%' 단말부하율 성능개선차가 있으며 모든 요청에 대한 호손실의 경우는 '79~84%'의 단말부하율 성능개선차가 있다. 또한 초기 기지국 선택만을 적용한 방식에 비하여 사후 채널 재할당을 위한 내부 핸드오프 적용 시 5% 추가 성능향상차가 있음을 보였다.

그러나 본 연구는 모든 통화그룹의 사용자수가 균등한 환경조건에서 실험한 결과로서 그 한계를 가지게 된다. 실제 사용 환경에서는 트래픽 폭주나 시스템 가용자원이 부족한 추가 고려요인들이 있을 것이고 비 균일한 사용자수를 가질 것이므로 이를 고려한 우선순위의 수신채널할당에 관한 연구가 추가적으로 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] T. S. Rappaport, "Wireless Communications : Principles and Practice", *Prentice Hall*, 1996.
- [2] Vijay Garg, "IS-95 CDMA and CDMA2000: Cellular/PCS system implementation", *Prentice Hall*, 2000.
- [3] J. Dunlop, G. Demessie. Girma, J. Irvine, "Digital Mobile Communications and the Tetra System", *John Wiley and Sons Inc*, Nov. 1999.
- [4] ETSI EN 300-392-1, "General network design", Jan. 2003.
- [5] ETSI EN 300 392-2, "Air Interface (AI)", Feb. 2004.
- [6] J. Tajima, K. Imamura, "A strategy for flexible channel assignment in mobile communication systems", *Vehicular Technology, IEEE Transactions on Volume 37, Issue 2*, pp.92-103, May. 1988.
- [7] S.M. Elnoubi, R. Singh, S.C. Gupta, "A new frequency channel assignment algorithm in high

capacity mobile communication systems", *Vehicular Technology, IEEE Transactions on Volume 31, Issue 3*, pp.125-131, Aug. 1982.

[8] D. Everitt, D. Manfield, "Performance analysis of cellular mobile communication systems with dynamic channel assignment", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on Volume 7, Issue 8*, pp.1172-1180, Oct. 1989.

홍 완 표(洪完杓)



1991년02월: 서울산업대학교 전자공학과 공학사  
 1993년08월: 연세대학교 공학대학원 전자공학전공 공학석사  
 1999년08월: 광운대학교 전자공학과 공학박사  
 1984년08월~1997년11월 정보통신부

체신청, 본부

1983년09월~1997년11월 정보통신부 체신청,본부(통신정책국,전파방송관리국외)

1987년08월~1989년08월 BTMC Defence and Aerospace Dept.

1997년11월~1999년11월: 삼성전자(주) 정보통신총괄

1999년11월~2002년02월: 광운대학교 연구전담교수

2000년01월~2002년01월: 한국정보통신기술사협회장

2002년02월~현재 : 한세대학교 IT학부 교수

관심분야 : 위성통신방송, 정보통신정책

오 갑 근



1993년02월: 서울산업대학교 전자공학과(학사)

2008년08월 : 한세대학교 대학원 정보통신(석사과정)

1969.01~1979.07: 경기체신청 전신전화건설국

1979년07월~1980년12월: 동아건설 사우디지점(리야드)통신주임

1980년01월~1990년12월: 한아통신 전송설계부 부장

1991년01월~1993년07월: 성미전자 영업기획부 부장

1993년08월~1995년09월: 기술사사무소 월드콤 대표

1995년10월~2004년05월: 행정자치부 민방위기획과 서기관

2004년.06월~현재: 소방방재청 통합망사업단 단장

관심분야: TRS/TETRA, 무선통신, 재난통신정책

이 순 화

현재 : 행정안전부 소방방재청