

## TRS 기반 무선망 용량 설계

이진기, 성기혁, 박명혜, 정영호, 유동희, 정강식, 김미영, 박승권, 김홍익  
전력연구원, 한전 전자통신처, 한양대학교

### Channel Capacity Design in TRS Network

Jin-Kee Lee, Kee-Hyuk Sung, Myung-Hye Park, Young-Ho Jung, Dong-Hee Yoo, Kang-Sik Jung, Mi-Young Kim, Seng-Kyun Park, Hong-Ic Kim  
KEPRI, KEPCO, Hanyang University

**Abstract** - TRS 무선망은 셀룰라 시스템과 동일한 네트워킹 교환 기술로서 다수의 기지국으로 배치된 광역의 서비스 시스템에 의해 그 내에서는 어디를 가더라도 교신이 가능하도록 되어있다. TRS 시스템 설계에서 고려해야 하는 우선사항은 용량에 관한 설계이다. 예상된 가입자로부터 지역별 통화량을 조사와 가입자당 통화량을 조사한 후, 각 세부 구역별 통화량 값을 구한 다음 가용 주파수 대역과 가입자당 수용 가입자의 값으로부터 FA당 통화 용량 및 기지국 유형별 가입자 수용용량을 계산한다. 더불어 통화품질 수준을 고려하는 엔지니어링이 필요하게 된다. 본 논문은 TRS 무선망에서의 용량설계 연구내용의 일부로, 최종적인 채널용량을 산정함으로써 최종적 목표인 기지국 수/유형/용량을 결정하는 것을 목표로 한다.

## 1. 서론

TRS 시스템의 가장 큰 특징은 일대 다수의 그룹 및 지령 통신방식이다. TRS 시스템의 구성은 여러 개의 그룹으로 구성되며, 각 그룹은 업무내용에 관련된 유사한 목적을 가진 사용자들의 단말기로 구성된다. 이렇게 사용자들을 그룹화하여 지정된 무선채널을 다수의 가입자가 공동으로 이용함으로써 시스템 및 주파수의 효율을 극대화 시킨다. 이전에는 자기 채널 개념이 있어 옆에 빈 채널이 있어도 사용하지 못했으나 디지털은 통화대기 상태에서 빈 채널이 발견되면 빈 채널로 통화를 유도한다. 본 논문에서는 TRS 무선망에서의 용량설계에 대한 연구내용을 소개한다.

## 2. 본론

### 2.1 TRS 채널 용량 분석

모든 TRS 시스템 설계에서 고려해야 하는 사항이 바로 용량에 관한 설계이다. 용량은 매우 중요한 설계 파라미터이다. 왜냐하면 궁극적으로 시스템 가격이나 시스템 퍼포먼스에 영향을 미치기 때문이다.

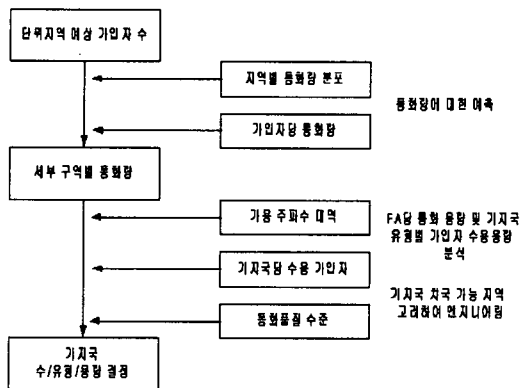
만일 시스템이 충분한 용량을 가지지 않은 채로 설계된다면, 무선 기기 사용자들은 항상 통화하고자 할 때 통화량과 다르다 인해 통화연결이 지연되고 불안정해질 것이다. 반대로 너무 큰 용량을 갖는 시스템으로 설계한다면, 사용자 대비하여 큰 비용 손실을 가져올 수 있다.

따라서 적당한 크기의 용량을 갖는 시스템 설계는 시스템 비용과 퍼포먼스 측면에서 중요한 파라미터이다. 또한 사용자 역시 안정적이고 신속한 통화 연결과 서비스를 제공 받을 수 있다.

기지국 설정 process에서 보듯이 최종 기지국의 수/유형/용량 결정을 하기 위해서는 여러 가지 절차가 필요하다. 우선 예상된 가입자로부터 지역별 통화량을 조사와 가입자당 통화량을 조사한 후 전반적인 통화량에 대한 예측이 이루어져야 한다.

그 다음 각 세부 구역별 통화량 값을 구한 다음 가용 주파수 대역과 가입자당 수용 가입자의 값으로부터 FA당 통화

용량 및 기지국 유형별 가입자 수용용량을 계산하게 된다. 또한 통화품질 수준을 정한 다음 기지국 치국 가능 지역을 고려하는 엔지니어링이 필요하게 된다. 이러한 과정을 걸쳐 최종적 목표인 기지국 수/유형/용량을 결정할 수 있게 된다.



< 그림 1 > 기지국 설정 프로세스

그리고 채널 용량 분석 및 산출을 하기 전에 선행되어야 할 과정이 트래픽 분석이다. 기존에는 음성만을 서비스 했으나 현대에는 서비스의 다양화로 인해 음성은 물론 데이터, 그룹통화, 영상 등을 서비스하게 될 것이다.

또한 유선 구간과 무선 구간에 대한 구분이 필요하다. 유선 구간은 TRS 무전기의 전화접속을 위한 TRS 무전기 사용자와 구내교환기간 필요 용량을 산정하기 위해 필요한 것으로 위의 데이터들을 이용하여 Erlang-B를 이용하여 필요 채널을 산출한다. 이러한 Erlang-B 기준은 대기호를 갖지않는 유선전화의 필요 용량 산정 시 적용되는 기준으로 국내의 기존 망사업자와 국가 공공망에서 적용중에 있다.

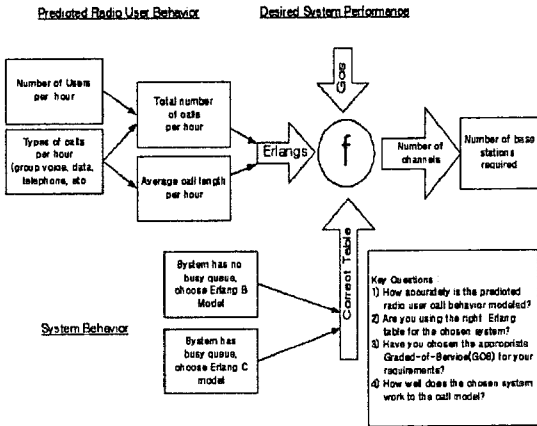
무선 구간은 TRS 중계소와 단말기간의 필요 용량을 산정하기 위하여 Erlang-C를 기준으로 필요 채널(주파수)용량을 산출하여, 이러한 Erlang-C 기준은 대기호를 갖는 무선 트렁킹 방식(TRS)의 필요 채널 용량 산정 시 적용되는 기준으로 국내의 기존 망사업자와 국가 공공망에서 적용중에 있다.

### 2.2 채널 용량 산출방법

TRS 채널 용량 분석 및 산출은 다음과 같은 Process를 거치면서 진행된다. 먼저 예상되는 가입자를 기준으로 여러 가지 절차를 걸쳐 시스템 성능에 대한 정보를 입력 후 최종 기지국 수를 산출한다. 이 과정에서 블록도에서와 같이 Erlang 값을 구하기 위해서는 call 유형과 시간당 사용자 수를 이용한다. 여기서 총 call수와 평균 통화시간으로 Erlang을 구한 후 유선구간인지 무선인지인지 구별한 후 계산식 f에 대입하여 필요한 채널을 산출하는 과정이 도출된다.

<그림 2>에서 보듯이 각종 데이터를 토대로 Erlang 값을 계산하게 된다. Erlang 값의 계산은 지극히 수학적인 방법으로 이루어진다. 일반적으로 Erlang값과 채널 수는 비선

형적인 관계를 가진다. 따라서 부정확한 Erlang B,C의 사용과 잘못된 콜 모델링은 상당한 큰 채널 용량의 차이를 가져올 수 있다. 이러한 결과는 기지국의 수와 설치하게 될 시스템의 수에 있어 상당한 오차를 보일 수 있다. 그러므로 무엇보다도 정확한 Erlang 값을 유도하는 것이 좋다. 가령 두 회사의 Erlang 값이 오차를 보인다면 다시 점검해 보는 것이 좋다.



< 그림 2 > 용량설계 프로세스

좀더 덧붙이자면 정확한 Erlang 값 계산과 Erlang Table 사용이 사업자나 사용자 모두의 측면에서 상당히 중요한 부분을 차지하기 때문이다. 또한 GOS(Grade-of-Service)가 중요한데 이것은 말 그대로 서비스 레벨이다. 즉 서비스를 받고 있는 사용자들에게 합리적이고 적절한 서비스를 제공하는 서비스 수준이 된다. 따라서 사업자가 GOS와 장비, 기타 비용 사이에서 심각하게 고려해야 하는 사항이다.

결국 궁극적으로 채널 용량 산출이라는 것은 서비스 받고 있는 사용자들에게 가장 적절하고 안정된 서비스 제공을 위한 중요한 과정인 것이다.

### 2.2.1 유선구간 용량 산정

TRS 무전기의 전화접속을 위한 TRS 무전기 사용자와 구내 교환기간 필요 용량을 산정하기 위하여는 Erlang-B를 기준으로 필요 채널(회선)용량을 산출하며, 이러한 Erlang-B 기준은 대기호를 갖지 않는 유선전화의 필요 용량 산정 시 적용되는 기준이다. Erlang B는 BHT, 블로킹, 회선수 같은 세 가지 요소들 중 어느 하나를 알고 있을 때, 다른 두 가지 요소를 예측하기 위한 계산이다.

또한 Erlang-B 트래픽 모델은 차단된 콜이 재 라우팅될 때 사용된다. 따라서 콜이 원래의 trunk 그룹으로 되돌아 오지 않는다. 이 모델은 랜덤 트래픽 도착 경향을 가정한다. 사용자가 한번 통화시도를 할 때, 만약 그룹이 차단된다면 그 콜은 재 라우팅 된다. Erlang-B 트래픽 모델은 콜이 재 라우팅 되기 때문에 재 시도율을 고려할 필요가 없는 first-attempt trunk groups에 주로 사용된다.

Erlang-B 트래픽 모델은 다음과 같은 가정에 근거를 두고 있다.

- 무한한 sources의 수
- 랜덤한 트래픽 도착 경향
- 차단된 콜은 지워짐
- 콜 유지시간은 지수 분포

$$P_c = \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^c \frac{1}{C!} P_0 = \frac{A^c \frac{1}{C!}}{\sum_{n=0}^{\infty} A^n \frac{1}{n!}}$$

Erlang B Formula의 Blocking probability는  $A = \lambda / \mu = \lambda H$ 이다. 여기서  $\lambda$ 는 최번시 단위시간당 평균 통화 횟수를 의미

하고 H는 최번시 평균 호 점유시간(초)을 의미한다. 또한 C는 채널 수를 의미한다. 결국 Blocking probability는 A와 C에 관계됨을 알 수 있다. 따라서 BHT와 BLOCKING은 erlang값 산출에 영향을 미치는 요소로써 반드시 고려해야 한다.

따라서 유선 구간 채널 용량 산출시 다음과 같은 파라미터를 알아야 한다.

- H: 최번시 평균 호 점유시간(초)단위단말기(그룹/개별 통화)
- $\lambda$ : 최번시 단위시간당 평균 통화 횟수 단위단말기(그룹/개별통화)
- 사용 단말기수(휴대용 무전기, 차량거치용, 훈련통계 본부형 등)
- 단말기 사용율(그룹/개별)
- 사용자 요구조건(GOS)
- 밀집율

즉,  $\lambda$ 와 H로 단위 erlang 값을 계산 후 전체적인 erlang 값을 구하기 위해서 사용 단말기수를 곱하여 전체 erlang 값을 구하고 서비스 지역의 밀집정도를 나타내는 밀집율을 곱함으로써 최종 전체 erlang 값을 구할 수 있다. 그러나 여기서 주의할 것은 흔히 GOS(Grade of Service)를 적절히 정해야 하는데 흔히 블로킹 비율이라고 한다. 따라서 좋은 서비스를 위해서는 0.01의 GOS를 갖추면 되지만 보통의 경우 0.01~0.05 사이의 값을 사용한다. 그리고 전체적인 단말기 사용율을 곱해줌으로써 현재 사용되는 단말기만을 고려할 수 있다. 전체적인 계산 과정은 다음과 같다.

$$A1(\text{단위 단말기 erlang값}) = \lambda \times H / 3600$$

↓

$$A(\text{전체단말기 erlang값}) = A1 \times (\text{사용 단말기수}) \times \text{밀집율}$$

↓

필요 채널 산출(P(0)값을 이용해 erlang b Table 필요채널수 산출)

최종 전체 erlang 값으로부터 erlang b Table을 참조하여 적절한 채널 수를 구할 수 있다.

### 2.2.2 무선구간 용량 산정

TRS 중계소와 단말기간의 필요용량을 산정하기 위해서는 Erlang-C를 기준으로 필요 채널(주파수)용량을 산출하며, 이러한 Erlang-C 기준은 대기호를 갖는 무선 트렁킹 방식(TRS)의 필요 채널 용량 산정 시 적용되는 기준이다.

어랑 지연 공식(Erlang delay formula)이라고도 하며 대기 이론 또는 전화 교통 공학에서 고객이 포아송 분포에 따라 시스템에 도착한다고 할 때 고객이 서비스를 받을 수 있는 확률을 규정한 공식을 말한다. 이때의 시스템은 고객의 서비스 요청을 받았을 때 서비스 창구가 모두 busy 상태일 때는 이 고객을 큐(queue)에 기억시키고 순서대로 서비스를 행해준다.

Erlang C는 시간당 주어진 통화수, 평균 통화시간, 그리고 통화 응답시 지연시간의 수준 등이 주어졌을 때 콜센터에 얼마나 많은 수의 직원이 소요되는지를 계산할 수 있다.

Erlang C Formula의 Blocking probability는

$$P_c = \frac{A^c}{A^c + C!(1 - \frac{A}{C}) \sum_{n=0}^{C-1} \frac{A^n}{n!}}$$

Erlang c Formula의 Blocking probability는  $A = \lambda / \mu = \lambda H$ 이다. 여기서  $\lambda$ 는 최번시 단위시간당 평균 통화 횟수를 의미하고 H는 최번시 평균 호 점유시간(초)을 의미한다. 또한 C는 채널 수를 의미한다. 결국 Blocking probability는 Erlang B와 마찬가지로 A와 C에 관계됨을 알 수 있다.

따라서 무선 구간 채널 용량 산출시 다음과 같은 파라미터를 알아야 한다.

- H : 최번시 평균 호 점유시간(초)단위단말기(그룹/개별 통화)
- λ : 최번시 단위시간당 평균 통화 횟수 단위단말기(그룹/개별통화)
- 사용 단말기수(휴대용 무선기, 차량거치용, 혼련통제 본부형 등)
- 단말기 사용율(그룹/개별)
- 사용자 요구조건(GOS)

Erlang B와 전체적으로 비슷한 절차를 거친다. 단지 GOS와 단말기 사용율을 고려해 얻은 최종 전체 erlang 값을 이용하여 Erlang C Table을 이용하여 적절한 채널 수를 산정한다. 주요 과정은 다음과 같다.

$$A1(\text{단위 단말기 erlang값}) = \lambda H / 3600$$

$$A(\text{전체단말기 erlang값}) = A1 \times (\text{사용 단말기수})$$

↓  
↓  
↓ 필요 채널 산출(P(0)값을 이용해 Erlang C Table 필요채널 수 산출)

### 2.3 TRS 채널 용량 산정

용량 설계는 각 사이트가 사용할 채널 수를 결정한다. 필요한 채널수는 Base Station의 수를 결정한다. 채널 수를 결정하기 위하여, call modelling이 선행되어야 한다. 우선 다양한 call parameter가 결정되어야 한다. 이 parameter의 몇몇은 busy hour 동안의 총 call 수, 각 call의 평균통화 시간, 그리고 busy hour 시간에 그 시스템을 사용하는 사용자 수 등을 포함한다.

일반적으로 traffic 계산은 하루 24시간중에 최번시에 적용된다. 1 Erlang은 전체 1시간을 채우는 총 사용자에 의한 충분한 Call이 있음을 의미한다. 즉 1 Erlang 보다 작다는 의미는 어느 누구도 통화하지 않는 idle time이 있다는 의미이다. 또한 1 Erlang 보다 크다는 의미는 idle time이 없고 시스템이 busy한 상태로 기다려야 한다는 의미이다.

Erlang은 Traffic intensity의 척도이다. Call modelling은 적당한 Erlangs를 결정하는 데 도움을 준다. 또한 용량 계획은 Erlangs과 필요한 채널 수를 산출하기 위한 또 다른 몇 개의 parameter를 필요로 한다.

여기서 트래픽 부하는 무선 기기 사용자들의 기기 사용 특성을 나타낸다. 다시 말해, 사용자들이 얼마나 자주, 얼마나 오래동안 사용하는 가는 트래픽 부하를 결정한다. 트래픽 부하는 계산에 의해 추정될 수도 있고 과거의 경험적 근거를 토대로 계산될 수 있다. 전통적으로, 음성 트래픽이 중계 시스템의 부하에 크게 영향을 미친다. 이것은 많은 사람들이 통화하거나 혹은 오래 통화하기 때문이다. 만일 대부분의 데이터 어플리케이션이 데이터 전송에 있어서 랜덤하거나, burst가 짧거나 빠르게 되면 음성의 경우보다도 시스템에 미치는 부하는 작다.

콜 수와 콜 유형 그리고 콜 지속 시간의 모델링은 적절한 콜 모델링에서 가장 중요한 절차중에 하나이다. 만일 이러한 것들이 잘 진행되었다면, 새로운 시스템에서 TRS 사용자들을 가장 잘 표현하는 Erlang 수치를 얻을 수 있다.

< 표 1 > 트래픽 통화유형 분류

Service	# of Users	% by Service	Users by Service	Erlangs per User	Loading, Erl
Voice Dispatch	5,000	75%	3,750	0.01	37.5
Packet Data	5,000	5%	250	0.01	2.5
Telephone Interconnect	5,000	20%	1,000	0.02	20.0
Total	5,000		5,000		60.0

(적용 예)

적용예에서 보는 바와 같이 통화유형을 voice dispatch, packet data, telephone interconnection의 3가지로 나누어서 단말기당 1회 최번시 평균통화시간(통화유형별 적용율), 시간당 평균통화 횟수, 단말기 수량, 최번시 단말기 사용비율, 최번시 중계소당 단말기 밀집율을 통해서 중계소당 통화량을 구한다. 그 다음으로 중계소당 통화량을 기반으로 호손율, 중계소당 타임슬롯수를 고려하여 최종적으로 최종적으로 중계소당 필요 채널수를 아래 표에서와 같은 단계를 통해 산출하게 된다.

< 표 2 > 필요 채널수 산출 절차

구분	계산식
㉠단말기당 1회 최번시 평균통화시간	통화유형별 적용율 (70 : 25 : 5) × 통화유형별 통화시간 (현재:4.2초,119초,198초 향후:5초,125초,210초)
㉡시간당 평균통화 횟수	통화유형별 횟수 (현재:17회,0.54회,1회 향후:25회,0.8회,2회)
㉢단말기 수량	현재 : 기존 단말기수량 향후 : 서비스 예상치 반영
㉣최번시 단말기 사용비율	100%
㉤최번시 중계소당 단말기 밀집율	85%
㉥중계소당 통화량	㉠×㉡×㉢×㉣×㉤ / 3600 값을 더함
㉦호손율	5%
㉧중계소당 필요 타임슬롯수	㉥에 대한 통화타임슬롯수 + 제어타임슬롯수(1)
㉨중계소당 필요 채널수	

### 3. 결 론

본 논문에서는 TRS 무선망에서의 채널용량 산출에 대한 연구내용을 소개하였다.

TRS 시스템 설계에서 고려해야 하는 우선사항은 용량에 관한 설계로서 예상된 가입자로부터 지역별 통화량을 조사와 가입자당 통화량을 조사한 후, 각 세부 구역별 통화량 값을 구한 다음 가용 주파수 대역과 가입자당 수용 가입자의 값으로부터 FA당 통화 용량 및 기지국 유형별 가입자 수용 용량을 계산한다. 본 논문에서는 이러한 과정을 걸쳐 최종적인 채널용량을 산정하는 절차를 수립하였다.

향후 기존 TRS 무선망에서의 트래픽 통계량 분석치를 기반으로 실제 사이트에서의 TRS 시스템 용량 설계에 적용할 수 있는 방안을 도출하고자 한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] The Importance of Traffic Call Modeling In Radio Design, 모토롤라
- [2] 최준희, 홍대형, "CDMA packet 시스템을 위한 무선망 설계", 제 10회통신정보보호합동학술대회는문집, pp797-800, 경주, 2000년 5월
- [3] 임광재, 김백현, 박경섭, "기지국 수신 전력 및 파워로 전력 제어를 고려한 DS/CDMA 시스템 모델링과 무선망 설계", 한국전기전자학회 논문지, Vol. 2, No. 2, 35-45, 1998.12