

Trunked Land Mobile Radio System의 트래픽 성능분석

Performance Evaluation of Trunked Land Mobile Radio System

이하철* · 김원균** · 이병섭**

Ha-Cheol Lee* · Won-gyun Kim** · Byung-Seub Lee**

요 약

본 논문에서는 LCD(Lost Call Delayed)시스템에 적용할 수 있는 대시식 완전선군의 무한입선모델(M/M/s모델)과 Erlang-C분포식을 이용하여 Trunked Land Mobile Radio System의 성능분석방법을 제시하였다. 일반적으로 TRS(Trunked Radio System)라고 알려져 있는 본 시스템의 성능을 분석하기 위해 대시식 완전선군의 무한 입선모델로 모델링하여 시스템의 채널수, 트래픽량, 단말기당 평균사용시간과 임의의 호가 t초 이상 지연될 확률과의 관계식을 도출하였고 이를 이용하여 호의 지연시간별 시스템 채널수, 트래픽량, 지연확률과의 관계를 시뮬레이션하였다. 또한 시스템의 trunking방식을 통화(message) 및 송신(transmission)방식으로 구분하여 방식별 성능을 정량적으로 비교분석한 결과 송신 trunking방식의 성능이 우수함을 확인하였다. 결국 본 논문의 목적은 TRS서비스 이용자의 품질을 고려한 TRS통신망의 용량설계방안을 제시하는 데 있다.

Abstract

In this paper, a performance evaluation method for the Trunked Land Mobile Radio System, so called TRS(Trunked Radio System), is presented. The proposed evaluation method employs LCD(Lost Call Delayed) system model and Erlang-C distribution. In this system, queues are used to hold call requests that are initially blocked. When a user attempts a call and a channel is not immediately available, the call request may be delayed until a channel becomes available. For evaluating system performance, therefore, the probability that any caller is delayed in the queue for a waiting time greater than t seconds is derived and simulated by using such parameters as total number of available channels, traffic load and average duration of a call. Furthermore, the performance of the message and the transmission trunked channel assignment strategies is compared. The performance simulation results show that transmission trunking is shown to be more efficient than message trunking.

Keywords : TRS, 트래픽, Trunking

*유한전문대학 정보통신과(Dept. of Telecomm., Yuhan Junior College)

**한국항공대학교 항공통신정보공학과(Dept. of Telecomm. Eng., Hankuk Aviation University)

· 논문 번호 : 970327-019

· 수정완료일자 : 1997년 8월 22일

I. 서 론

기존의 공중통신은 주로 전화망, 전용회선망, 팩킷통신망 및 회선교환망 등 주로 유선통신망에 의하여 이루어져 왔다. 그러나 근래에 들어 이용자들 간에 이동성이 있는 통신서비스의 요구가 높아짐에 따라 무선방식에 의한 공중통신 서비스가 개발되어 보급되고 있다.

무선통신 서비스를 제공하고 있는 통신망은 현재 셀룰러망, Pager망 및 TRS통신망¹⁾ 등이 있으며 최근에는 개인휴대통신망(PCN)의 개발/보급을 서두르고 있다. 기존의 무선통신망 중의 하나인 TRS통신망은 전화망의 “중계(trunk)” 개념에서 출발하였다. 즉 한 가입자의 통화량은 그리 많지 않으며 여러 가입자가 동시에 통화하는 경우도 그리 많지 않다는 데 근거를 두고 있는 데 각 사용자가 특정한 주파수를 전용하여 사용하던 종래의 무선통신방식과 달리 여러 개의 주파수를 다수의 가입자에게 공동으로 이용하게 함으로써 주파수 이용률 및 경제성이 매우 높다. 이러한 TRS통신망은 채널당 가입자수를 최대화하기 위하여 통화시간은 일반적으로 1~3분 정도로 제한하고 있으며 통신방식은 주로 PTT(Press To Talk)를 이용한 단신방식을 채택하고 있다. 이렇게 하여 여러가지 음성서비스를 제공하는 데 그 대표적인 것이 일제통신(All Call), 그룹통신(Group Call), 개별통신(Individual Call) 및 긴급통신(Emergency Call) 등이 있다.

TRS통신망에 대한 연구는 국내에서 기술현황²⁾ 등을 분석하는 정도이었으며 최근에 TRS통신사업자 선정과 관련하여 주파수분배방안 및 트래픽 성능분석³⁾에 대한 연구가 시작되었다. 외국의 경우 모토롤라가 미국에서 운용중인 800 MHz 대역의 시스템에 대하여 송신 및 통화 trunking 방식의 성능⁴⁾을 비교하기 위해 채널당 단말수에 따른 지연확률과 지연시간과의 관계를 도출하였으며 최근에는 무선채널할당 알고리즘의 성능⁵⁾을 컴퓨터 시

뮬레이션하였다. TRS통신방식에서 트래픽의 분석은 대단히 중요한 의미를 갖는다. 시스템용량은 한정된 통신채널로 일정시간 동안 얼마나 많은 사용자가 사용할 수 있는가에 대한 지표이며 시스템 설계시 가입자수에 대한 무선주파수 채널을 적절히 배정할 수 있는 주요한 요소이다. 즉 음성통신방식에서 주파수의 수 및 채널간격, 송신출력, 통화대기, 접속신호 및 시스템의 전체부하를 주요 시스템 설계사항으로 고려하고 있다.

따라서 본 논문에서는 LCD(Lost Call Delayed) 시스템인 TRS의 성능분석 연구를 수행하였다. 이를 위해 대시식 완전선군의 무한입선모델(M/M/s모델)과 일랑-C(Erlang-C)분포식을 이용하여 시스템의 트래픽을 모델링하였으며 시스템의 채널수, 트래픽량, 단말기당 평균사용시간과 임의의 호가 t 초 이상 지연될 확률과의 관계식을 도출하였다. 이를 이용하여 호의 지연시간별 시스템 채널수, 트래픽량, 지연확률과의 관계를 시뮬레이션하였으며, 또한 시스템의 trunking방식을 통화(message) 및 송신(transmission)방식으로 구분하여 방식별 성능을 정량적으로 비교분석한 결과 송신 trunking 방식의 성능이 우수함을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 TRS의 구성 및 기능, 특징, 호접속방식 및 trunking 방식에 대하여 설명하고, III 장에서는 TRS의 성능분석모델을 제시하여 성능 파라메타간의 관계식을 도출한다. IV 장에서는 시스템 성능 파라메타간의 관계식을 이용하여 시뮬레이션을 통한 성능분석을 수행하였으며 끝으로 V 장에서 결론을 맺었다.

II. Trunked Land Mobile Radio System기설

2-1 구성 및 기능

TRS는 한정된 무선주파수를 다수의 이동가입자가 공유하여 통신을 행할 수 있게 하는 시스템을 말한다. 이 시스템의 구성은 그림 1과 같이 이동국 및 지령국을 포함하는 단말기, 기지국 및 교환국으로

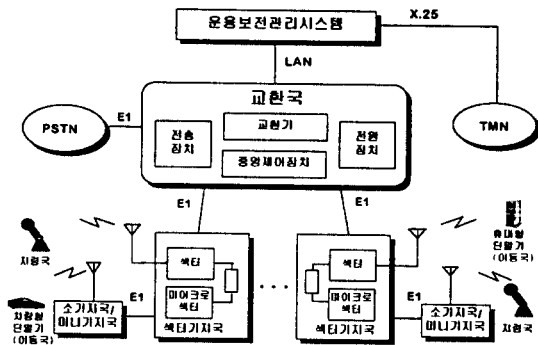


그림 1. TRS통신망의 구성도
Fig. 1. Configuration of TRS Network.

구성된다.

우선 이동국은 한개 또는 복수의 가입자 그룹에 속하여 운용되는 단말기로서 지령국 및 타 이동국과 통신을 할 수 있으며 기지국을 경유, 교환국을 통하여 전화망과의 접속이 가능하다. 지령국은 이동국을 제어하기 위하여 본부에 설치하는 무선국으로 이동국으로 지령을 보내거나 이동국을 관리, 제어하는 기능을 수행한다.

기지국은 지령국과 이동국, 이동국 상호간의 통화를 중계하는 무선국으로 한 개의 서비스 지역에 한 개의 기지국이 설치되며 20채널 이상의 중계기를 수용할 수 있다. 즉 이동국 및 지령국의 호 접속 요구에 따라 통화채널을 제어하고 지정하는 역할을 수행하며 통화 우선순위 부여 및 통화모니터 기능도 갖고 있다.

교환국은 단말기와 기지국을 제어/관리하며 시스템 파라미터 생성, 과금자료 생성, 이동체 위치 추적, 전화망 접속 등의 기능을 수행한다.

2-2 특 징

TRS의 가장 큰 특징은 일대 다수의 통신이며 사용자 그룹을 분리하는 방법으로 준 가청신호방식과 프로토콜을 사용한다. TRS는 채널당 가입자수를

최대화하기 위하여 통화시간은 일반적으로 1~3분 정도로 제한하고 있으며 통신방식은 대부분 PTT (Press To Talk)를 이용한 단신방식을 이용하고 있다. 주로 일체통신, 그룹통신, 개별통신, 긴급통신, 전화망접속 통신 등과 같은 음성통신서비스를 제공하나 팩시밀리 및 컴퓨터통신 등 비음성서비스도 제공가능하며 주요 특징은 다음과 같다.

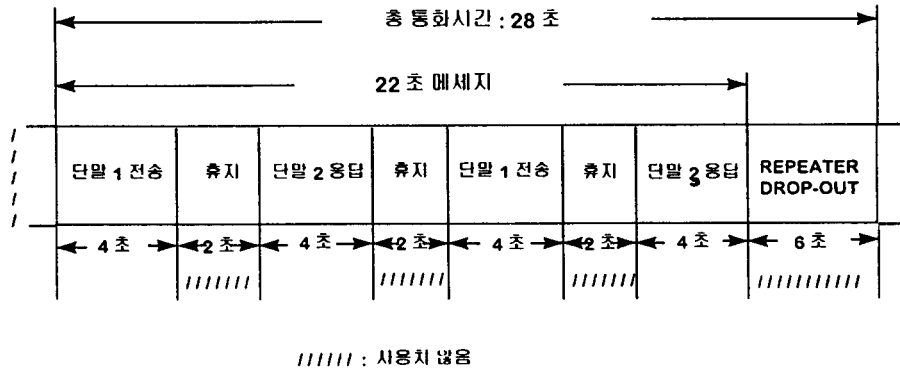
- 단말기는 기지국의 어떤 채널이라도 사용가능
- 통화 중에 채널을 점용할 수 있고 통화품질이 양호하며 잡음 및 혼신이 적음
- 통화내용에 대한 보안성이 양호함
- 통화폭주시에도 통화예약등록이 가능함
- 통화시간의 제한기능에 의한 채널의 이용률 향상
- 넓은 지역을 단일통화권으로 형성할 수 있으므로 설비투자 및 운영유지비가 저렴
- 개인 및 그룹의 음성통신 이외에 데이터통신, 전화망접속 통신가능
- Dynamic regrouping 및 call priority 기능제공

2-3 Trunking 방식

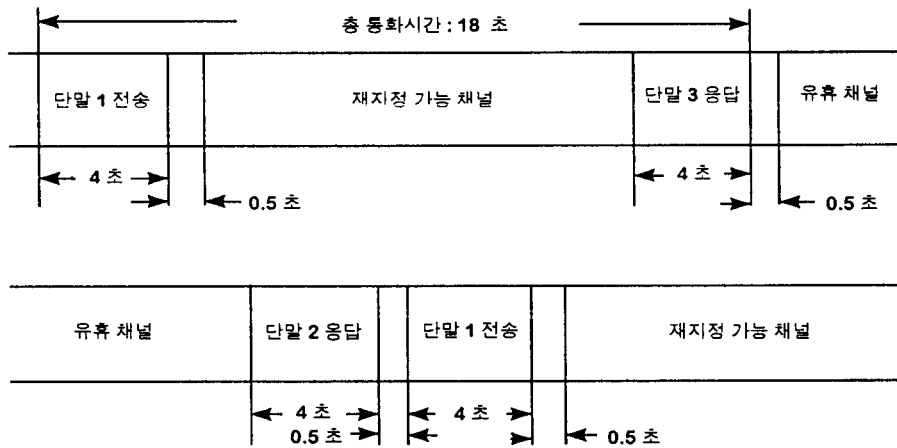
Trunking방식은 무선주파수의 사용효율을 높이기 위해서 통화 도중 무음성시간이 존재할 경우 채널을 회수하여 채널점유시간을 합리적으로 제어하기 위한 방식인데 그림 2와 같이 통화 trunking (message trunking) 방식과 송신 trunking (transmission trunking) 방식으로 구분된다.

통화 trunking방식은 가입자가 PTT를 누르고 통화를 하다가 PTT를 놓아도 다음번 통화시 이전에 사용하던 통화채널을 시스템이 재지정하기 위해 대기시간(3~10초)동안 해당 주파수채널을 대기시키며 만약 이 대기시간 동안 가입자가 다시 PTT를 누르지 않을 경우 그 채널을 다른 단말기가 사용할 수 있도록 대기채널군으로 되돌리는 방식이다.

송신 trunking방식은 가입자가 PTT를 동작시킬 때마다 시스템이 새로운 채널을 지정하고 PTT를 놓으면 대기시간없이 바로 채널을 회수하여 대



(a)



(b)

그림 2. Trunking방식, (a) 통화 trunking방식 (b) 송신 trunking방식

Fig. 2. Trunking method, (a) message trunking (b) transmission trunking.

기채널군에 편입시킨다. 그러나 주파수 사용도가 높은 시간대에 송수신 음성신호의 연속성을 높이기 위해 송신 trunking방식에 1초 이하의 가변 대기시간을 도입한 준 송신 trunking방식이 사용되기도 한다.

Ⅲ. 트래픽 성능분석모델

여타 통신시스템에서와 마찬가지로 TRS에서도 모든 가입자가 1개의 회선을 동시에 요구하는 확률이 매우 적기 때문에 queueing이론을 기반으로 하여 트래픽을 해석한다. TRS의 성능을 queueing이론으로 해석할 경우 무한한 수의 가입자가 존재하고 이들이 균일한 호접속을 요구하는 것으로 가정한다.

이러한 가정에서 시스템의 성능은 완전선군의 무

한입선모델에 적용할 수 있는 얼랑-C공식을 이용하여 평균지연시간(average waiting time), 지연통화의 평균지연시간(average waiting time for delayed call), 지연확률(queueing probability)로 평가한다.

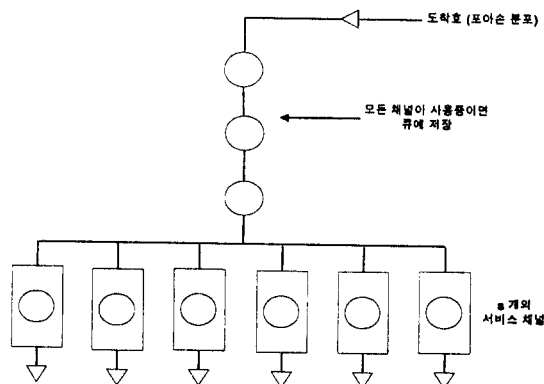


그림 3. 대시식 완전선군의 무한입선모델
Fig. 3. Infinite input model of LCD system.

평균지연시간은 호가 채널을 요구한 후 이를 할당받을 때 까지의 시간평균치를 말하며 이 때 채널이 할당되지 않아 통화를 종료하는 경우도 고려한다. 지연통화의 평균지연시간은 평균지연시간에서 채널이 할당되지 않아 통화를 종료하는 경우를 제외한 평균지연시간이다. 지연확률은 유한개의 채널을 갖는 시스템에 있어서 채널할당을 요구하는 단말기가 대기하여야 하는 확률을 의미한다. 예를 들어 지연확률이 3%, 평균지연시간이 2초, 지연통화의 평균지연시간이 6초일 경우 전체 통화 중 97%가 호접속요구와 동시에 바로 채널을 할당받으며 나머지 3%에 해당하는 통화는 평균 6초를 기다리게 되어 전체적으로 모든 단말기는 2초 정도의 지연시간이 예상된다.

결국 통화 및 송신 trunking방식의 성능을 비교 분석하기 위하여 시스템의 채널수, 호 발생빈도, 호의 보류시간 및 트래픽량을 파악한 후에 채널당 단말기 수에 따른 평균지연시간, 지연확률을 구할 수 있다. 이를 위해 TRS 트래픽모델을 그림 3과 같이

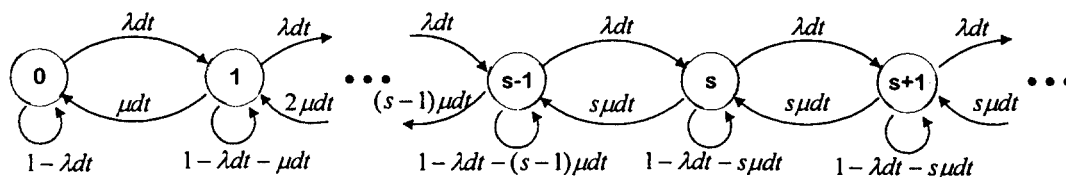


그림 4. 상태전이도
Fig. 4. State transition diagram.

표 1. 상태전이분석표
Table 1. State transition table.

시스템 내의 가입자수 k		dt 시간 내의 사건	전이확률
시간 t+dt	시간 t		
s+q	s+q-1	하나의 호 도착	$\lambda dt P_{s+q-1}(t)$
	s+q	호 도착과 종료 없음	$[1 - (\lambda + s\mu) dt] P_{s+q}(t)$
	s+q+1	하나의 호 종료	$s\mu dt P_{s+q+1}(t)$
s+Q	s+Q-1	하나의 호 도착	$\lambda dt P_{s+Q-1}(t)$
	s+Q	호의 종료 없음	$(1 - s\mu dt) P_{s+Q}(t)$

s개의 서비스채널을 갖는 대시식 완전선군의 무한 입선모델로 가정한다.

즉 입력되는 호는 λ (회/초)의 도착률로서 포아손 분포를 갖고 호의 보유시간은 평균 $H=1/\mu$ (초)로서 지수분포를 갖으며 시스템의 서비스 채널 수가 s개일 때 도착된 호가 k개이면 무한 입선의 즉시식($0 \leq k \leq s$)과 무한 입선의 대시식($s \leq k$)으로 구분하여 해석한다.

따라서 $s \leq k$ 인 무한 입선의 대시식인 경우 시스템의 상태천이도는 그림 4와 같으며 큐의 크기를 Q로 하여 큐에 대기 중인 호의 수를 q로 할 때 큐에서 dt 시간간격 동안에 가능한 상태천이, 천이에 따른 사건, 천이확률 등을 요약하면 표 1과 같다.

t+dt 시간에 큐에 q개의 호가 대기하고 있을 확률은 다음과 같다.

$$P_{s+q}(t+dt) = \lambda dt P_{s+q-1}(t) + [1 - (\lambda + s\mu)dt] P_{s+q}(t) + s\mu dt P_{s+q+1}(t), \quad (0 \leq q < Q) \quad (1)$$

$$\frac{P_{s+q}(t+dt) - P_{s+q}(t)}{dt} = \lambda P_{s+q-1}(t) - (\lambda + s\mu) P_{s+q}(t) + s\mu P_{s+q+1}(t), \quad (0 \leq q < Q) \quad (2)$$

정상상태($t \rightarrow \infty$)에서 좌변은 0이 되므로 $a = \frac{\lambda}{\mu}$ 로 하고 $k = s + q$ 로 하여 식 (2)를 다시 쓰면

$$aP_{k-1} - (a+s)P_k + sP_{k+1} = 0, \quad (s \leq k \leq s+Q-1) \quad (3)$$

$q=Q$ 에 대해서도 똑같은 방법으로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_{s+Q}(t+dt) = \lambda dt P_{s+Q-1}(t) + (1 - s\mu dt) P_{s+Q}(t) \quad (q=Q) \quad (4)$$

$$\frac{P_{s+Q}(t+dt) - P_{s+Q}(t)}{dt} = \lambda P_{s+Q-1}(t) - s\mu P_{s+Q}(t) \quad (q=Q) \quad (5)$$

정상상태($t \rightarrow \infty$)에서 좌변은 0이 되므로 $a = \frac{\lambda}{\mu}$ 로 하고 $k = s + Q$ 로 하여 식 (5)를 다시 쓰면

$$aP_{s+Q-1} - sP_{s+Q} = 0 \quad (6)$$

한편 식 (3)과 (6)에서 $s \leq k \leq s+Q$ 에 대해 P_k 는 P_s 에 대해 다음과 같이 반복적인 형태로 표현된다.

$$P_k = \frac{a^{k-s}}{s^{k-s}} P_s, \quad (s \leq k \leq s+Q) \quad (7)$$

따라서 $0 \leq k \leq s$ 인 경우인 무한입선의 즉시식 $P_k = \frac{a^k}{k!} P_0$ 와 식 (7)에서 $s \leq k \leq s+Q$ 에 대한 P_k 를 P_0 에 대해 반복적인 방법으로 구할 수 있다.

$$P_k = \frac{a^k}{s! s^{k-s}} P_0, \quad (s \leq k \leq s+Q) \quad (8)$$

TRS트래픽의 해석을 간단히 하기 위해 큐의 길이(Q)를 무한대(∞)로 하고 출선의 사용률(a/s)이 1보다 작을 때 P_0 는 확률의 정규화 조건에 의해 다음과 같이 구해진다.

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k = \sum_{k=0}^{s-1} \frac{a^k}{k!} P_0 + \sum_{k=s}^{\infty} \frac{s^s}{s!} \left(\frac{a}{s}\right)^k P_0 = P_0 \left(\sum_{k=0}^{s-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{1}{s!} \sum_{k=s}^{\infty} \frac{a^k}{s^{k-s}} \right) = 1 \quad (9)$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{s-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{1}{s!} \sum_{k=s}^{\infty} \frac{a^k}{s^{k-s}}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^{s-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^s}{s!} \frac{s}{s-a}} \quad (10)$$

$P_k = \frac{a^k}{k!} P_0$ ($0 \leq k \leq s$)와 식 (8), 식 (10)으로부터 다음과 같은 결론을 얻는다.

$$P_k = \begin{cases} \frac{a^k}{k!} P_0, & (0 \leq k \leq s) \\ \frac{a^k}{s! s^{k-s}} P_0, & (s < k) \end{cases} \quad (11)$$

이때 모든 채널이 사용 중이어서 도착된 호마다 대기해야 될 확률인 지연확률은 $P(k \geq s)$ 로 주어진다.

$$P_D = P(k \geq s) = \sum_{k=s}^{\infty} P_k = \frac{s^s}{s!} P_0 \sum_{k=s}^{\infty} \left(\frac{a}{s}\right)^k$$

$$= \frac{a^s}{a^s + s! \left(1 - \frac{a}{s}\right) \sum_{k=0}^{s-1} \frac{a^k}{k!}} \quad (12)$$

단, s : 채널수

a : 전체 트래픽량(얼랑)

또한 w 를 지연시간 변수라고 할 때 지연되는 호가 t 초 이상 지연될 확률은

$P(w \geq t | \text{호지연}) = e^{-\frac{(s-a)t}{H}}$ 이므로 임의의 호가 t 초 이상 지연될 확률⁹⁾은 식 (13)과 같다.

$$P'(w \geq t) = P_D e^{-\frac{(s-a)t}{H}}$$

$$= \frac{a^s}{a^s + s! \left(1 - \frac{a}{s}\right) \sum_{k=0}^{s-1} \frac{a^k}{k!}} e^{-\frac{(s-a)t}{H}} \quad (13)$$

단, s : 시스템의 채널수

a : 시스템의 전체 트래픽량(얼랑)

H : Busy시 단말기당 평균사용시간(초)

IV. 시뮬레이션 및 성능평가

식 (13)은 시스템의 채널수(s)와 단말기의 평균 사용시간(H)을 설정하면 시스템의 전체 트래픽량

표 2. 지연시간별 시스템의 성능 분석결과

Table 2. System performance result for waiting time.

지연 시간	채널 수	평균 지연확률 (%)	전체 트래픽량 (Erlang)	전체 단말기수 (대)
5초	3	0.19	0.5	300
		1.72	1.0	600
		6.79	1.5	900
		19.32	2.0	1200
		46.29	2.5	1500
10초	20	0.25	17	10200
		1.96	18	10800
		5.32	18.5	11100
		14.27	19	11400
		37.93	19.5	11700

(a), 평균지연시간과 지연확률과의 관계를 나타낸다. 한편 총 단말기수를 M , 단위채널당 단말기 수를 m , 단말기의 시간당 통화횟수를 l 이라고 할 때 $M = sm = 3600a / lH$ 이므로 시스템의 총 트래픽량(a)은 $MlH / 3600 = smH / 3600$ 이 된다. 식 (13)을 이용하여 임의의 호가 발생한 경우에 t 초 이상 지연될 확률, 채널수, 전체 트래픽량의 관계를 그림 5 및 표 2에 나타내었다. 모든 채널(s 개)이 통화 중이고 Busy시 단말기당 평균사용시간(H)은 6초, 각 단말기는 1시간에 1회의 통화($l=1$)를 하는 것으로 가정하면 전체단말기 수와 트래픽량의 관계는 $M = 3600a / lH = 600a$ 이 된다. 그리고 시스템의 성능을 평가하기 위해 임의의 호가 발생한 경우에 t 초 ($t : 5, 10, 20, 30$ 초) 이상 지연될 확률을 구하기로 한다.

예를 들어 TRS에 배정된 채널이 모두 사용 중일 때 임의의 호접속 요구가 5초 이상 지연되고 전체 채널수는 3개이며 평균지연확률이 6.79 %인 경우 시스템에서 처리하는 전체트래픽량은 1.5 Erlang 이고 수용가능 전체 단말기 수는 900대이므로 채널

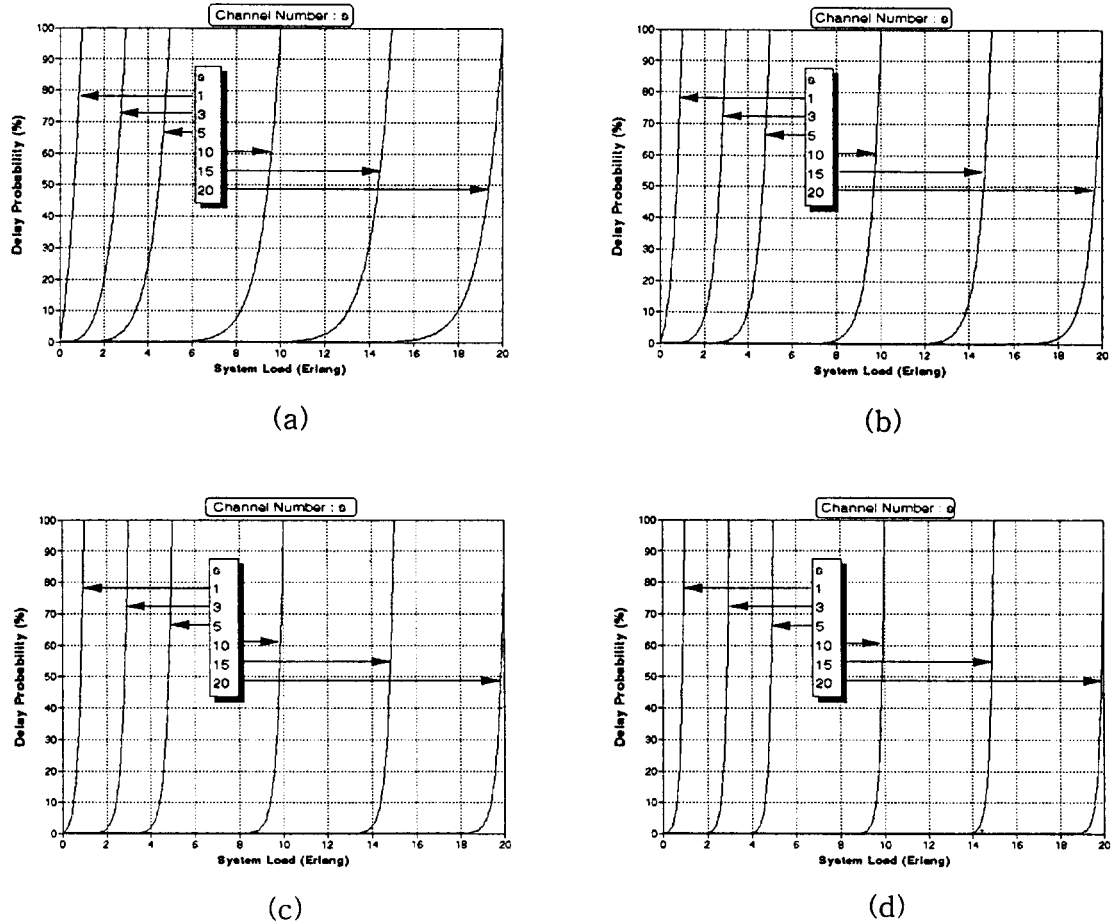


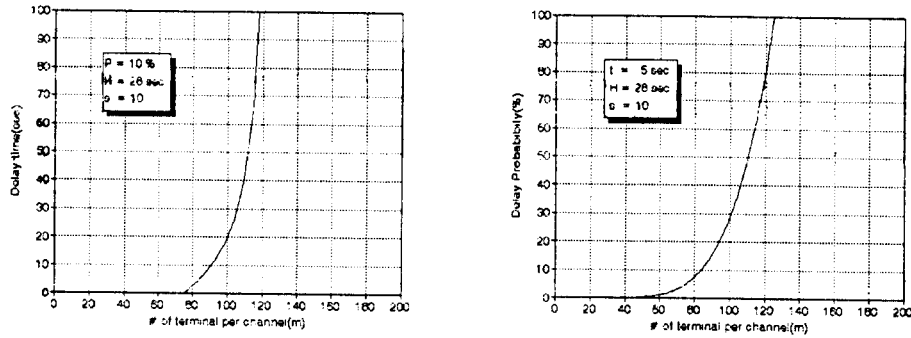
그림 5. 임의의 호가 발생한 경우의 시스템성능, (a) 지연시간이 5초 이상 (b) 지연시간이 10초 이상 (c) 지연시간이 20초 이상 (d) 지연시간이 30초 이상

Fig. 5. System performance when call generation occurred, (a) waiting time : more than 5 sec (b) waiting time : more than 10 sec (c) waiting time : more than 20 sec (d) waiting time : more than 30 sec

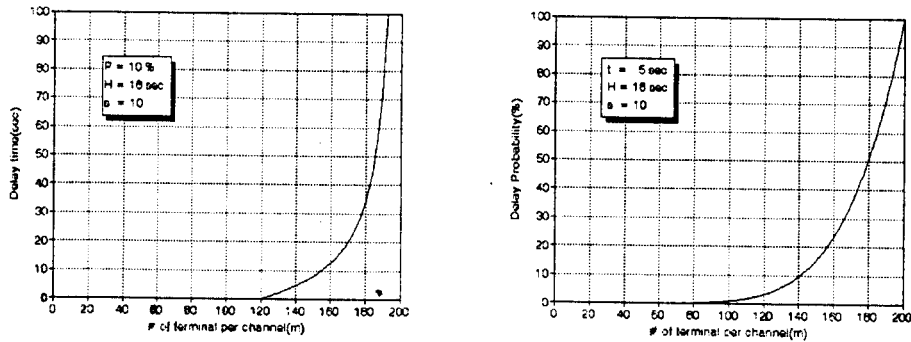
당 트래픽량은 0.5 Erlang이고 채널당 수용가능 단말기수는 300대가 된다. 마찬가지로 10초 이상 지연되고 시스템의 채널수가 20개이며 평균지연확률이 37.93 %인 경우 시스템에서 처리하는 전체 트래픽량은 19.5 Erlang이고 수용가능 전체 단말기수는 11,700대이므로 채널당 트래픽량은 0.975 Erlang이고 채널당 수용가능 단말기수는 585대가 된다.

그리고 위에서 분석한 결과를 토대로 통화 및 송

신 trunking방식의 성능을 비교분석하기 위해서 식 (13)과 $a=MIH/3600=smIH/3600$ 을 이용하여 trunking방식별 채널당 단말기 수에 따른 평균 지연시간과 지연확률을 구한다. 이 때 시스템의 채널수는 10개이고 모든 채널이 통화 중이며 Busy시 단말기당 평균사용시간(H)은 통화 trunking방식의 경우 28초, 송신 trunking방식의 경우는 18초로 한다.⁵⁾ 그리고 각 단말기는 1시간에 1회의 통화



(a)



(b)

그림 6. Trunking방식별 채널당 단말기수에 따른 평균지연시간 및 지연확률, (a) 통화 trunking방식의 경우 (b) 송신 trunking방식의 경우

Fig. 6. Waiting time and queuing probability according to number of terminals per channel, (a) message trunking (b) transmission trunking.

($t=1$)를 하는 것으로 하고 채널당 단말기수에 따른 지연확률 산출시 평균지연시간은 5초로 가정¹¹⁾ 하며 채널당 단말기수에 따른 평균지연시간 산출시 지연확률은 10%로 가정¹¹⁾한다.

통화 trunking방식의 경우 위 조건에서 $s=10$, $H=28$, $a=smlH/3600=280m/3600$ 이 되고 송신 trunking방식의 경우는 $s=10$, $H=18$, $a=smlH/3600=180m/3600$ 이 된다. 통화 및 송신 trunking방식의 성능을 비교분석하기 위하여 채널당 단말기

수에 따른 평균지연시간 및 지연확률에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션한 결과는 그림 6 및 표 3와 같다.

표 3으로 부터 채널당 단말기 수가 90 및 100인 경우를 예를 들면 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 즉 시스템에 배정된 채널이 모두 사용 중이고 채널당 단말기수가 90이라고 할 때 임의의 호발생시 5초 이상 지연될 확률은 통화 trunking방식의 경우는 15.38%, 송신 trunking방식의 경우는 0.41%이므로 송신 trunking방식이 통화 trunking방식보

표 3. Trunking방식별 성능 분석결과

Table 3. Performance result of trunking method.

Trunking 방식	채널당 단말기수	지연확률 (%) ^(주1)	평균지연 시간(초) ^(주2)
통화 Trunking방식	80	7.47	2.73
	90	15.38	9.31
	100	28.63	19.73
	110	49.32	42.23
	120	79.99	150.55
송신 Trunking방식	80	0.17	0
	90	0.41	0
	100	0.90	0
	110	1.80	0
	120	3.33	0.06
	130	5.81	2.21
	140	9.64	4.78

주 1) 채널당 단말기수에 따른 평균지연확률 계산시 평균지연시간은 5초로 가정

주 2) 채널당 단말기수에 따른 평균지연시간 계산시 평균지연확률은 10%로 가정

다 지연확률이 14.97% 정도 감소함을 나타낸다. 마찬가지로 방법으로 시스템에 배정된 채널이 모두 사용 중이고 채널당 단말기수를 100이라고 할 때 임의의 호접속 요구가 10% 이상 지연될 때의 지연시간은 통화 trunking방식의 경우 19.73초, 송신 trunking방식의 경우는 0초이므로 송신 trunking방식이 통화 trunking방식보다 19.73초 정도 단축됨을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 Trunked Land Mobile Radio System기술에 대하여 살펴보았고 송신 및 통화 trunking방식을 중심으로 한 시스템의 트래픽 성능을 분석하였다. 이를 위해 대시식 완전선군에 적용할 수 있는 M/M/s모델과 열량-C 공식을 이용, 채널당 단말기수에 따른 평균지연시간과 지연확률

의 관계를 컴퓨터 시뮬레이션하였다. 그리고 TRS의 트래픽을 대시식 완전선군의 무한입선모델로 가정하여 접속지연시간별로 채널수, 평균지연확률, 전체트래픽량 및 전체 수용가능 단말기 수의 관계도 도출하였다. 이는 하나의 단말기가 통신시 평균 사용시간은 6초, 1시간에 1회의 통신을 하는 것으로 가정하였다.

이러한 분석결과를 이용하여 송신 및 통화 trunking방식의 성능을 비교하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 송신 trunking방식이 통화 trunking방식보다 전체적인 유희시간의 감소로 지연확률 및 평균지연시간의 경우 모두 성능향상이 있음을 알았다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 사용한 단말기당 평균사용시간은 참고문헌³⁾에서 제시한 결과를 적용하였으며 이는 시스템마다 다소 다를 수 있음을 밝혀둔다.

결국 시스템의 trunking방식 등의 트래픽 제어 특성을 정확히 파악한 후 본 논문에서 제시한 성능 분석방법을 적용하면 실제로 통신망 구성 및 운용시에 가입자에게 만족스런 서비스를 제공하기 위한 채널당 최적 단말기수를 산출할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 가정은 TRS가 갖는 특성을 고려하여 가정한 것이며 앞으로 좀 더 정확한 트래픽의 특성 및 수요예측에 대한 연구가 이루어져 본 논문에서 제시한 방법을 적용하면 실제의 TRS통신망 설계 및 운용시에 적용할 수 있는 시스템 성능 산출결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국무선관리사업단 연구보고서, "국내 TRS 주파수의 효율적 분배방안 모색", Aug. 1995.
- [2] 광벽렬, "디지털 TRS의 효율적 전국망 구축 방안 연구", '95 한국이동통신 연구지, pp. 4-17, 1995.
- [3] 유경렬, 정창훈, "주파수공용통신기술", ET-RI 주간기술동향 제660호, pp. 13-34, 1995.
- [4] 오성환, "주파수공용통신시스템 기술현황",

전자진흥, 4권 1호, pp. 46-55, 1994.

- [5] K. Zdunek, "Design considerations for trunked radio systems", *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 194-201, Dallas, May 1986.
- [6] H. H. Hoang, R. Malhame, and G. Chan, "Traffic engineering of trunked land mobile radio dispatch systems", *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference*, pp.

251-257, Dallas, May 1991.

- [7] Arthur Chrapkowski and Gary Grube, "Mobile trunked radio system design and simulation", *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 245-250, Jul. 1991.
- [8] 김승환, 김덕환, "교환망과 트래픽이론", 디지털전자교환시스템, pp. 132-134, 1995.
- [9] Rappaport, "Wireless communications", *IEEE Press*, pp. 555-564, 1996.

이 하 칠



1960년 10월 26일생
 1983년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업(공학사)
 1990년 8월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 졸업(공학석사)

1994년 9월~1997년 8월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 박사과정수료

1983년~1985년 : ETRI 연구원

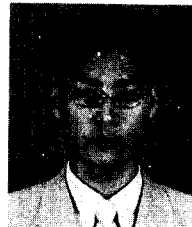
1985년~1995년 : 한국통신 연구개발본부(선임연구원, 팀장)

1995년~현재 : 유한전문대학 정보통신과 조교수

1993년 : 정보통신기술사

[주 관심분야] 무선데이터통신, 무선통신망 트래픽, 무선 ATM

김 원 균



1974년 2월 18일생
 1996년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업(공학사)
 1996년 3월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 석사과정

[주 관심분야] 무선통신, 유무선연동, Wireless ATM, 무선데이터통신

이 병 섭



1957년 1월 1일생
 1979년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업(공학사)
 1981년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1981년 3월~1992년 9월 : 한국전자

통신연구소 실장

1990년 5월 : New Jersey Institute of Technology 졸업(공학박사)

1992년 9월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 부교수

[주 관심분야] 위성통신, 신호처리, Adaptive Array, 무선 ATM망