

페이징 채널 지연시간 분석 Delay Analysis of Paging Channel Messages

정 용 주

부산외국어대학교 경영정보학과

Abstract

이동통신 시스템에서 가입자수가 증가하고 다양한 서비스가 구현됨으로써 전체적인 장비 또는 자원에 대한 부하가 증가하고 있다. 특히, 셀의 반경이 작아지고 단문(Short Message)을 활용한 다양한 부가 서비스가 개발됨으로써 이와 관련된 정보를 전달하는 페이징 메시지의 분류도 복잡해지고 페이징 채널의 부하도 커지고 있다.

본 연구에서는 먼저, 이동통신시스템에서 페이징 채널의 구조와 역할을 분석하고 페이징 채널에서 전송하는 메시지를 그 기능과 특성에 따라 분류한다. 긴급하게 전송되어야 하는 메시지를 보호하기 위한 우선권 부여 방법을 모색하고, 각 방법에 있어서 메시지 종류별 전송지연시간(Delay)을 수리적으로 도출하고 결과를 비교한다.

1. 서론

Digital Cellular System의 성공적 도입과 PCS 사업자의 등장으로 이동통신 시장에서 가입자 유치를 위한 기술과 서비스 측면에서의 경쟁이 치열해지고 있다. 가입자 증가와 더불어 다양한 서비스가 개발됨으로써 장비나 유무선 자원에 대한 부하도 증가되고 있는 추세이다.

특히, 한정된 자원을 사용하는 무선상의 특징으로 인하여 무선자원을 효율적으로 사용하는 것은 시스템의 전체 성능을 좌우하는 중요한 과제로 인식되고 있다. 본 논문에서는 무선자원 중에서 기지국(Base Station)으로부터 이동국(Mobile Station)으로 각종 신호정보, 제어정보 및 단문(Short Message)을 전달하는 채널로 사용되는 페이징 채널(Paging Channel)의 성능을 평가하는 기준으로 사용될 수 있는 전송지연시간(Delay)을 분석한다.

2. 페이징 채널 구조

ANSI-95 표준을 따르는 CDMA System의 하향(downlink) 채널에는 주로 시스템 정보와 제어 신호를 전달하는 파일럿 채널(Pilot Channel), 동기채널(Sync. Channel), 페이징 채널과 음성정보를 전달하는 통화채널(Traffic Channel)이 있다. 파일럿 채널과 동기채널은 기지국 확보(Acquisition)와 시스템정보의 일부를 취득하기 위해 사용되는 방송형 채널로써 트래픽과 관계없이 일정한 속도로 전송된다.

반면 페이징 채널의 경우 이동국 호발착신(Call Initiation/Termination), 단문, 시스템 정보 및 채널할당(Channel Assignment) 메시지를 전달하는 채널로써 가입자수, 위치영역(Location Area), 가입자당 호발생빈도(Call Setup Rate) 등의 시스템 내.외부적인 요소에 따라 페이징 채널에 대한 부하가 결정된다.

본 논문에서는 페이징 채널로 전송되는 메시지를 일반 페이지 메시지(General Page Message, GPM), 채널할당메시지(Channel Assignment Message, CAM), 단문(Short Message, SM)으로 구분하고 이들 각각의 전송지연시간을 수리적으로 도출한다. 전송지연시간은 메시지가 발생한 시점에서 전송이 완료될 때까지 소요되는 시간으로 정의한다.

GPM은 이동국 착신호가 발생하였을 때 수신 이동국을 찾기 위하여 사용되는 메시지로서 이동국 착신호에 한 개의 메시지가 발생한다. CAM은 이동국 발착신호에 대하여 통화채널을 형성하기 위하여 기지국에서 이동국으로 채널할당을 명령하는 메시지로서 이동국 호착신 또는 호발신에 대하여 하나의 CAM이 발생한다. SM은 이동국에서 다른 이동국으로 또는 네트워크에서 이동국으로 음성사서함통지(Voice Message Notification), 텍스트 등의 짧은 메시지를 전달하는 메시지를 전달하는데 사용된다.

Slot 1	Slot 2	...	Slot n	Slot 1	...
--------	--------	-----	--------	--------	-----

<그림 1> 페이징 채널의 슬롯 구조

페이징 채널은 <그림 1>과 같이 n 개의 슬롯으로 구분되어져 각 슬롯의 시작점이 메시지의 전송시작점이 된다. 슬롯에 대한 인덱스는 주기적으로 순환된다.

슬롯 i 에는 슬롯 $i-1$ 이전에 전송하지 못한 메시지와 슬롯 $i-1$ 동안 발생한 메시지를 전송한다. 특정 슬롯에 전송할 메시지가 너무 많아 한 슬롯으로 전송할 수 없을 경우 다음 슬롯에서 전송시도한다.

3. 전송지연시간 도출

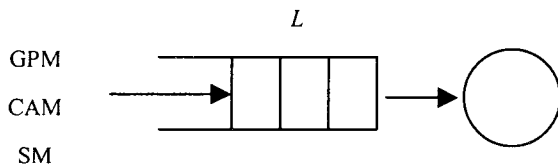
3.1 가정

각 메시지의 전송지연시간을 도출하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

- Slot 의 index 는 주기가 n 인 값으로 주어진다
- 하나의 Slot 에는 N 개의 GPM 를 전송할 수 있다.
- CAM 의 길이는 GPM 의 g 배이다.
- SM 의 길이는 GPM 의 k 배이다.
- 슬롯의 단위 시간을 1 로 가정하여 GPM , CAM, SM 의 서비스 시간은 각각 $1/N, g/N, k/N$ 로 주어진다.
- $\lambda_G, \lambda_S, \lambda_C$: GPM, SM, CAM 의 도착률(arrival rate)로서 슬롯 동안 도착하는 메시지의 수를 나타낸다.
- 따라서 안정상태(Steady State)조건은 다음과 같다.
 $\lambda_G + g \times \lambda_S + k \times \lambda_C \leq N$

3.2 우선권(Priority)이 없는 경우

어느 메시지에도 전송에 우선권이 없을 경우 세 종류의 메시지가 <그림 2>와 같이 buffer 를 공유하고 FIFO 로 전송된다.



<그림 2> 우선권이 없는 경우

메시지의 종류에 관계없이 전송지연시간은 동일하며 W 로 나타낸다. 모든 메시지의 전송지연시간은 다음과 같이 두 가지 요소로 구성된다.

$$W = A + B \quad (1)$$

A 는 특정 메시지가 도착한 시점에서 할당된 슬롯의 시작시각 까지 기다리는 평균시간으로서 포아송 도착을 (Poisson arrival)가정하면 $A = 1/2$ 이다.

B 는 특정 메시지 앞에 있는 모든 메시지 들이 전송될 때까지 걸리는 시간으로서 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$B = \frac{\lambda_G / (\lambda_G + \lambda_C + \lambda_S) L + \lambda_C / (\lambda_G + \lambda_C + \lambda_S) gL + \lambda_S / (\lambda_G + \lambda_C + \lambda_S) kL}{N}$$

$$= \frac{(\lambda_G + g\lambda_C + k\lambda_S)W}{N}$$

(by Little's Formula)

위의 식을 (1)에 대입하여 정리하면,

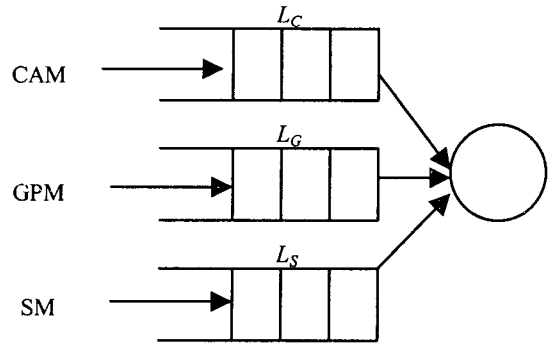
$$W = \frac{N}{2(N - \lambda_G - g\lambda_C - k\lambda_S)}$$

과 같이 전송지연시간이 도출된다.

3.3 전송에 우선권(Priority)이 있는 경우

전송의 우선권이 CAM, GPM, SM 순서대로 주어져 있을 경우에 각 메시지의 전송지연시간을 구하고자 한다. Buffer 에 있던 CAM 이 가장 우선적으로 슬롯을 차지하고 CAM 을 다 채운 뒤에도 슬롯의 여유가 있으며 GPM 을 채운다. 마지막으로 SM 을 채우게 된다.

각 메시지는 별도의 buffer 를 가지고 있으며 buffer 내에서는 FIFO 로 전송된다.



<그림 3> 우선권이 있는 경우

- CAM 의 전송지연시간
임의의 CAM 전송지연시간(W_C)은 다음의 두 가지로 구성된다.

$$W_C = A + B_C$$

A 는 임의의 메시지가 도착한 시점에서 다음 슬롯의 시작시각 까지 기다리는 평균시간으로서 포아송 도착을 가정하면 $A = 1/2$ 이 된다. B_C 는 특정 CAM 앞에 있는 CAM 메시지들이 모두 전송될 때까지 걸리는 시간으로서

$$B_C = g\lambda_C L_C / N$$

과 같이 구해진다.

우선권이 없는 경우에서처럼 대입하여 정리

하면, $W_C = \frac{N}{2(N - g\lambda_C)}$ 가 된다.

- GPM 의 전송지연시간

임의의 GPM 전송지연시간(W_G)은 다음의 세 가지 요소로 구성된다.

$$W_G = A + B_G + C_G$$

B_G 는 특정 GPM 앞에 있는 CAM 및 GPM 이 모두 전송될 때까지 걸리는 시간으로서

$$B_G = (gL_C + L_G) / N = (g\lambda_C W_C + \lambda_G W_G) / N$$

과 같이 구해진다.

C_G 는 특정 GPM 이 대기하고 있는 동안 도착한 CAM 이 전송될 때까지 소요되는 시간으로서 CAM 이 GPM 보다 우선권이 높으므로 CAM 이 늦게 도착하더라도 먼저 전송되는 점을 고려한 것이다. C_G 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$C_G = g\lambda_C W_C / N$$

따라서, $W_c = \frac{N^2}{2(N - g\lambda_c)(N - g\lambda_c - \lambda_G)}$ 이 된다.

• SM의 전송지연시간

입의 SM 전송지연시간(W_s)은 다음의 세 가지요소로 구성된다.

$$W_s = A + B_s + C_s$$

B_s 는 특정 SM 앞에 있는 CAM, GPM 및 SM이 모두 전송될 때까지 걸리는 시간으로서

$$B_s = (g\lambda_c + L_G + kL_s) / N$$

$$= (g\lambda_c W_c + \lambda_G W_G + k\lambda_s W_s) / N$$

이다.

C_s 는 특정 SM이 대기하고 있는 동안 도착한 CAM 및 GPM이 전송될 때까지 소요되는 시간으로서 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$C_s = (g\lambda_c W_s + \lambda_G W_s) / N$$

따라서,

$$W_s = \frac{N^2}{2(N - g\lambda_c - \lambda_G)(N - g\lambda_c - \lambda_G - k\lambda_s)}$$

4. 수리적 결과

각 메시지의 전송지연시간을 도출하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

- 하나의 슬롯에 10개의 GPM을 전송할 수 있다. ($N=10$)
- CAM과 GPM의 크기는 동일하고 SM은 GPM의 5배 크기이다. ($g=1, k=5$)

<그림 4>은 $\lambda_G : \lambda_c : \lambda_s = 1 : 2 : 0.4$ 로 유지하면서 전체적인 트래픽을 증가할 때 각 메시지의 전송지연시간을 나타내고 있다. <그림 5>는 $\lambda_G = 1, \lambda_c = 2$ 로 고정시키고 SM 트래픽이 증가할 때 각 메시지의 전송지연시간을 비교한 것이다. 두 그림에서 알 수 있듯이 우선권이 없을 경우의 전송지연시간과 우선권이 있을 때의 SM 전송지연시간은 전체 트래픽이 페이징 채널의 용량에 가까워질 때 갑자기 증가한다.

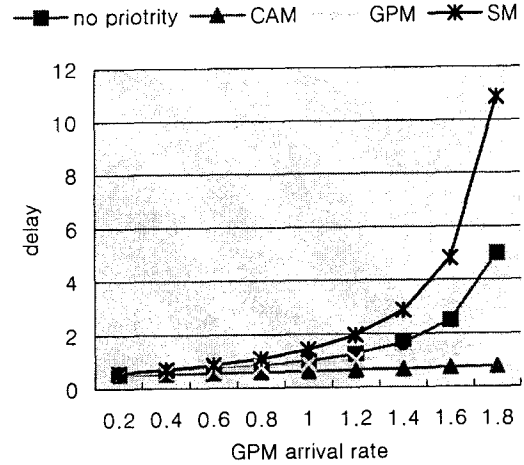
SM의 특성상 어느 정도의 전송지연시간은 허용되나 CAM과 GPM은 전송의 시급성이 요구되므로 CAM과 GPM에 우선권을 부여하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 특히, SM 트래픽이 증가할 경우 우선권이 없으면 전체적인 메시지의 전송지연시간이 증가하게 되어 호설정지연, 호설정완료율저하 등 서비스 품질을 떨어뜨리는 문제를 야기할 수 있다.

5. 결론

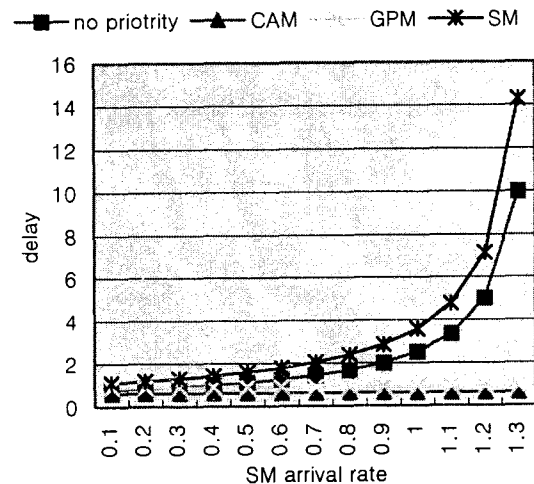
본 연구에서는 CDMA 시스템의 페이징 채널의 특성을 분석하고 페이징 채널로 전송되는 메시지의 평균전송지연시간을 메시지 종류별로 전송에 우선권이 없는 경우와 우선권이 주어진 경우로 구분하여 수리적으로 도출하였다.

메시지의 평균전송지연시간의 관점에서 CAM 또는 GPM에 우선권을 부여하는 것이 페이징 채널의 성능을 향상시키는 것으로 판단된다. 특

히 SM 트래픽이 크고 우선권을 부여하지 않을 경우 SM에 의하여 시급성이 요구되는 CAM 또는 GPM의 전송이 지연되는 경우가 발생하여 전체적인 호설정지연 등의 서비스 품질저하를 유발할 수 있는 것으로 보인다.



<그림 4> 전체 트래픽 증가에 따른 전송지연시간



<그림 5> SM 트래픽 증가에 따른 전송지연시간

참고문헌

- [1] H. Akimaru, K. Kawashima, *Teletraffic Theory and Applications*, Springer-Verlag, 1993
- [2] J-STD-008, *Personal Station-Base Station Compatibility Requirements for 1.8 to 2.0 GHz Code Division Multiple Access(CDMA) Personal Communications Systems*.
- [3] I. Rubin, C.W. Choi, "Delay Analysis for Forward Signaling Channels in Wireless Cellular Networks", *IEEE infocom '96*, Vol. 3.
- [4] H. Jiang, "Reliability, Costs and Delay Performance of Sending Short Messages in Wireless Systems", *IEEE ICUPC '98*, Vol. 2