

데이터 트래픽 특성을 고려한 적정 채널 용량 산정

Estimation of Channel Capacity for Data Traffic Transmission

박현민
배재대학교 경영학과

Hyun Min Park(hmpark12@pcu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 다양한 이동통신 서비스의 원활한 데이터 전송을 위한 적정 채널 용량의 산정 방법을 제시한다. 서비스 유형별 패킷 전송에 대한 허용 지연시간 기준을 모두 충족하기 위해서는 적절한 채널 용량이 확보되어야 한다. 이러한 채널 산정 과정을 분석하기 위해 디지털 통신시스템의 이산시간 운영 특성과 패킷 기반 트래픽의 집단 발생 상황을 $Geo^x/G/1$ 비선점형 우선순위 대기행렬로 모델링하였다. 휴리스틱한 평균 대기시간 분석 방법을 이용하여 다양한 전송 우선순위를 갖는 서비스 유형별 평균 대기 시간을 도출하였다. 이를 이용하여 무선 서비스 지연에 관한 품질 척도(QoS)를 충족시키는 적정 채널 용량의 산정 과정을 제시하였다. 본 연구 결과인 적정 채널 용량 산정 방법은 이동통신 데이터 서비스의 품질 만족도를 높이고 네트워크의 경제적 운용에 도움이 될 것으로 기대한다.

■ 중심어 : | 데이터 트래픽 | 채널 용량 | 대기시간 | $Geo^x/G/1$ 비선점형 우선순위 대기행렬 |

Abstract

We present an estimation model for optimal channel capacity required to data traffic transmission. The optimal channel capacity should be calculated in order to satisfy the permitted transmission delay of each wireless data services. Considering the discrete-time operation of digital communication systems and batch arrival of packet-switched traffic for various wireless services, $Geo^x/G/1$ non-preemptive priority queueing model is analyzed. Based on the heuristic interpretation of the mean waiting time, the mean waiting times of various data packets which have the service priority. Using the mean waiting times of service classes, we propose the procedure of determining the optimal channel capacity to satisfy the quality of service requirement of the mean delay of wireless services. We look forward to applying our results to improvement in wireless data services and economic operation of the network facilities.

■ keyword : | Data Traffic | Channel Capacity | Waiting Time | $Geo^x/G/1$ Non-preemptive Priority Queues |

I. 서론

이동통신 서비스는 스마트폰과 태블릿 PC 대중화에 힘입어 성장세를 지속하고 있다. 또한 음성 통화에 맞추어졌던 이동통신 서비스가 모바일 웹 검색, 영상 통

화, 실시간 VOD 서비스, 온라인 게임 등의 데이터 서비스 위주로 개편되었다. 그리고 2020년 상용화가 예상되는 5세대 이동통신 서비스는 초고화질 영상 서비스의 제공, 홀로그램, 감성 서비스 구현 등의 기술적 진화와 맞물려 데이터 트래픽의 폭발적인 증가를 예상하게 한다.

* 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2014S1A5A8019778)

접수일자 : 2017년 01월 23일

심사완료일 : 2017년 02월 03일

수정일자 : 2017년 02월 03일

교신저자 : 박현민, e-mail : hmpark12@pcu.ac.kr

이러한 이동통신 데이터 서비스에 대한 높은 수요 증가는 통신 채널 용량의 충분한 확보를 요구한다. 통신 채널 용량의 넉넉한 확보 요구는 이동통신용 주파수 자원 추가 또는 기지국을 포함한 네트워크의 증설에 의해 충족된다. 먼저 이동통신 채널 용량은 주파수 소요량과 직결된다. 최근 이동통신 시장의 급격한 성장과 다양한 데이터 서비스에 대한 수요 증가에 대응하기 위해, 미래장조과확하는 주파수 대역의 추가 확보와 효율적 활용을 위한 모바일 광개토폰랜을 발표하였다. 희소성을 갖는 주파수 자원을 이용 효율성이 높은 산업 분야에 적절히 분배하기 위해서는 무엇보다 용도별 필요 주파수 대역의 정확한 예측이 필요하다. 또한, 이동통신 서비스 제공자의 입장에서 이용자의 품질 만족도를 높이면서 네트워크의 경제적 운용을 달성하기 위해서는 정확한 통신 채널 용량 산정이 선행되어야 한다. 통신망 투자 의사결정과 효율적 네트워크 운영 정책 마련을 위해서는 정교한 채널 용량 산정이 필요하다.

트래픽을 전송하는 네트워크 시스템의 용량은 한 셀에 주어진 트래픽을 처리하기 위해 필요한 서비스 채널 수를 의미한다. 최근 통신시스템의 기술 진화에 발맞추어 네트워크 적정 용량 산출에 대한 다양한 연구가 전개되고 있다. 채널 용량의 연구는 국가적 차원의 주파수 정책과 맞물려 결과의 높은 정확성과 예측 가능성을 요구하고 있다. 국제전기통신연합(ITU: International Telecommunication Unions)의 Radio-communication Sector 에서는 대기행렬이론의 얼랑 공식(Erlang formula)을 기초로 하여 적정 채널 용량의 산정 방법을 권고안 형태로 제시해왔다[1][2]. 주파수 소요량 산정에 직결되는 세대별 통신시스템에 따른 용량 산정 방법을 정리하면 다음의 [표 1]와 같다.

표 1. ITU 권고안의 채널 용량 산정 방법 비교

구분	ITU-R M.1390	ITU-R M.1768
대상	2G	3G 이후
산정 방법	회선교환: Erlang B 패킷교환: Erlang C	패킷교환: 서비스 품질척도(지연시간)에 맞는 비선점 우선순위 대기행렬모형 활용
내용	회선교환 관련 서비스에 초점을 맞추어, 호의 차단을 계산 과정 소개	데이터 패킷의 종류를 세분화하여 전체 채널 용량을 M/G/1 우선순위 모형의 대기시간 확률식을 통해 계산

특히, ITU-R M.1768에서 권고한 채널 용량 산정의 방법은 다양한 데이터 통신 서비스를 고려하여 이들의 서비스 우선순위가 차별화되어 있고, 각각의 서비스에 대한 QoS(허용 지연시간)도 상이하다는 현실 상황을 반영하였다. 이는 이동통신 서비스 종류에 상관없이 얼랑 C-공식으로 일률적인 호 체류시간과 지연시간의 관계를 분석한 이전 방식을 개선한 것이다. 패킷 교환 데이터 서비스의 구현 상황과 가장 적합한 M/G/1 비선점형 우선순위 모형(non-preemptive priority queue)으로 필요 채널 용량의 산정 방법을 제시하였다[2].

그런데 이전의 채널 용량 산정 방법은 차세대 이동통신망에서의 데이터 트래픽이 자기유사성(self-similarity)과 버스트(burstiness)의 특성을 간과하고 있다. 기존의 포아송 분포로 패킷 발생을 모형화 하는 것은 모델링의 한계라는 점을 몇몇의 연구에서 제기하고 있다[3-6]. 특히, 대용량 비디오 스트리밍 트래픽의 경우 연속적인 서비스 패킷들이 집단(bulk)의 특성을 갖고 유입되며, 구동되는 디지털 통신시스템은 이산시간 형태로 시간 축이 구분되어 구동된다. 따라서 이러한 데이터 패킷의 벌크 유입 특성과 이산시간 형태의 패킷 송수신 환경을 고려한 채널 용량의 산출 방법이 새롭게 제시되어야 한다.

이에 본 연구는 데이터 트래픽 전송 과정을 현실 시스템 진화에 맞게 묘사하고 이에 맞는 분석 방법을 적용하여, 적정 채널 용량의 예측 정확도를 높일 수 있는 절차를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 연구 주제와 관련된 선행 연구를 정리한다. 3장에서는 이산시간 단위로 운용되는 디지털 통신시스템 특성과 집단 패킷의 전송 과정을 묘사하기 위한 대기행렬을 모델링하고, 적정 채널 용량을 산정하는 절차를 제시한다. 마지막 4장에서 연구 결과를 정리한다.

II. 관련 연구

본 연구와 관련된 국내·외 연구 현황을 살펴보면, 데이터 트래픽의 특성 변화를 분석한 연구와 채널 용량 산정에 대한 방법론 적용 연구로 구분할 수 있다. 먼저 데이터 트래픽 특성에 관한 연구로써 인터넷 기반의 데

이터 트래픽은 버스트성과 자기유사성을 가진다는 것을 입증하고 셀 손실 확률과 유효대역폭을 산정하였다[5][6].

현영주 등[7]은 4세대 이동통신 이후 고품질로 지원되는 화상전화, 스트리밍, 주문형 비디오 등의 서비스를 무선·이동 환경에서 제공하기 위한 점유 주파수 대역폭을 산정하였다.

Fan & Mars[8]는 자기유사 트래픽의 대기행렬 성능인 셀 손실과 지연 확률의 식을 제시하여 ATM 네트워크 성능 분석에 적용하였다.

또한 정용주 외의 연구[9]에서는 유선망의 데이터 트래픽의 특성 분석 및 모델링 과정에서 데이터 트래픽이 다양한 시간적척도(time scale) 상에서 변동성을 가짐을 설명하였고, 김창호 등[3]은 이러한 속성을 반영한 유효대역폭 산출 공식들의 타당성을 다양한 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

통신 네트워크 시스템 용량 산정에 있어 대기행렬 등의 방법을 적용한 연구들은 다음과 같다. 정현규는 음성 및 비음성 서비스의 혼합 트래픽 환경에서 트래픽 밀도계산을 위한 Erlang 용량과 데이터 스트림의 상호변환 관계를 분석하였다[10].

Irnich & Walke의 연구[11]는 데이터 서비스의 유형을 세분화한 후 지연시간 민감도에 따라 순위화하여, 패킷 교환에 대한 시스템 용량 산정이 기존 M/M/c의 열람 C-공식 보다는 M/G/1 비선점형 우선순위 대기행렬모형이 적합하다는 것을 설명하였다.

ITU-R M.1768[2]에서 패킷 교환 트래픽은 지연시간을 QoS로 하고 M/G/1 비선점형 우선순위 대기행렬모형을 이용하여 채널 용량을 산정하였다.

코이여 Takagi et al.[12]은 IP 패킷은 복수 개의 프레임으로 나뉘어 전송되므로, 전송 서비스를 요청하는 패킷의 도착 상황이 다수 프레임의 집단(batch)을 구성하여 이루어진다고 가정하였다. 이에 집단 도착의 $M^X/G/1$ 비선점형 우선순위 대기행렬 모형을 시스템 용량 산정에 도입하였다.

III. 채널 용량 산정 방법 설계

1. 연구 내용의 개요

특정 무선 서비스의 요구 발생률과 전송 패킷 단위 크기, 서비스에 대한 허용 지연시간에 대한 QoS(quality of service) 정보를 이용하여 데이터 트래픽 전송에 필요한 채널 용량을 산출해 낼 수 있다. 임의의 전송 패킷이 전송 네트워크에 도착한 시점에서의 버퍼 내 대기시간을 무변환(transform-free) 형태로 수치화하여 평균 대기시간을 분석할 수 있다[13-15]. 이러한 평균 대기시간 분석 방법을 확장하여, 이산시간 특성과 버스트성을 고려한 채널 용량 산정에 적용하고자 한다. 확장의 핵심 포인트는 다음과 같다.

첫째, 기존 연속시간의 평균 대기시간방법을 이산시간 버전으로 확장한다. 디지털 통신 네트워크의 운용 상황에 보다 적합하도록 이산시간의 분석 방법을 채택한다. 이산시간 대기행렬은 ATM, 셀, 패킷 등이 시간축으로 나누어진 슬롯(slot)단위로 전송 시간이 측정되어 TDM(time division multiplex) 방식 등의 디지털 데이터 통신 운용 상황 묘사에 적합하다[16].

둘째, 기존 평균 대기시간 분석 방법에서 패킷 발생의 버스트성 묘사를 위해 집단 도착의 가정을 추가한다. 특정 무선 서비스에 대한 집단 패킷의 도착 간격이 기하분포를 따른다고 하고, 패킷의 묶음을 고려하여 Geo^x 도착 형태의 대기행렬모형을 구성한다.

2. 모형 구성 및 기호

데이터 이동통신 시스템의 이산시간 운용 상황을 고려하여 데이터 트래픽 전송에 대한 요청 발생은 무선 서비스 종류에 대해 상호독립이며 기하분포의 발생 과정을 갖는다고 가정한다. 정수로 표현되는 슬롯 단위로 구분된 패킷의 도착간격은 기하분포를 따르는데 이는 연속시간 단위의 포아송분포를 이산시간에 맞게 변환한 것이다. 또한 트래픽 전송에 대한 소요 시간 분포는 서로 다른 서비스 클래스(서비스 유형)의 전송 시간과 독립이며, 도착 과정과도 독립이다. 동일 서비스 클래스의 패킷 전송 서비스 소요 시간분포는 iid (identically independent distributed)임을 가정한다.

데이터 트래픽 전송 상황을 고려한 모델의 가정은 다음과 같다. 첫째, 데이터 트래픽 전송을 요구하는 무선 서비스의 종류는 다양하고, 다양한 무선 서비스 유형별

로 허용 지연시간(QoS)이 상이하다. 예를 들어, 실시간 동영상 재생서비스의 경우는 끊김 없는 스트리밍 서비스가 제공되어야 하므로 전송에 대한 우선순위가 높다. 그러나 메일 송수신 서비스의 경우 일정한 정도의 시간 지연도 감수되므로, 이러한 서비스에 대한 데이터 전송 우선순위는 낮다. 이렇게 다양한 무선 서비스 별로 트래픽 전송의 우선순위를 부여한다.

둘째, 특정 무선 서비스에서 요청하는 트래픽 전송에 있어, 트래픽은 다수의 패킷 묶음으로 이루어져 전송된다. 동일한 서비스에서 요청하는 트래픽 전송이 시작되면 집단(bulk) 형태의 패킷이 네트워크에 도착한다.

셋째, 채널에서 트래픽 전송이 진행 중인 상태에서 우선순위가 높은 클래스의 무선 서비스 트래픽 전송 요구가 도착하여도 진행 중인 패킷 전송이 모두 완료되어야 전송이 될 수 있다. 즉, 비선점형 우선순위 규칙(non-preemptive priority)을 준수한다. 클래스의 상위 순번 서비스 유형에 우선순위가 주어지며, 트래픽 전송이 진행 중인 상태에서 상위 클래스의 트래픽 전송이 요구될지라도, 진행 중인 하위 클래스의 트래픽 전송은 중단 없이 마무리된다. 또한 동일 클래스(동일한 서비스 유형)의 패킷 전송이 동시에 요구되면, FCFS(first come first served)의 규칙에 의해 서비스 순서가 정해진다. 이러한 서비스 상황을 종합하면 Geo^x/G/1 비선점형 우선순위 대기행렬로 정의할 수 있다.

채널 용량 산정을 위한 평균 대기시간 분석에 필요한 기호를 다음과 같이 정의한다. 특정 서비스에 대한 구분을 위해 서비스 클래스(SC)를 아래 첨자로 구분하여, 낮은 숫자의 서비스 클래스가 높은 우선순위를 갖는다.

A_i : 한 슬롯 동안 전송 요청이 발생하는 SC i (i 클래스)의 패킷 수($i = 1, 2, \dots, n$)

s_i : SC i 의 평균 패킷 사이즈 (bits/packet)

C : 채널의 용량

$E[S_i] = \frac{s_i}{C}$: SC i 패킷의 평균 전송 시간

$\rho_i = E[A_i]E[S_i]$: SC i 패킷 전송 서비스의 제공 로드(offered load)

$\rho_k^* = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_k$: SC k 보다 등상위 클래스의

전송 서비스 제공로드 합

$\rho_k^* = \rho_{k+1} + \rho_{k+2} + \dots + \rho_n$: SC k 보다 하위 클래스의 전송 서비스 제공로드 합

A_i^R : 슬롯에 최소 1개 이상의 SC i 패킷이 도착했다는 가정 하에서 동일 i 클래스 내 잔여 패킷 수

W_i : SC i 의 평균 서비스 대기시간

L_i : 서비스 대기 중인 SC i 의 평균 패킷수

각각의 서비스 클래스별로 little's 공식을 따로 적용할 수 있다. 따라서 $L_i = E[A_i]W_i$ 의 관계가 성립한다. 또한, SC i 에 속하는 패킷 전송의 평균 잔여 서비스 시간과 동일 클래스 내 잔여 패킷 수의 기대값은 다음과 같다[16].

$$E[S_i^R] = \frac{E[S_i^2] - S_i^2}{2E[S_i]}, \quad (1)$$

$$E[A_i^R] = \frac{E[A_i^2] - A_i^2}{2E[A_i]}. \quad (2)$$

3. 평균 대기시간 분석

가. 평균 대기시간의 유도

비선점형 우선순위 대기행렬 모형에서의 서비스 클래스별 패킷의 평균 대기시간을 임의 패킷의 도착 시점을 기준으로 수치화 할 수 있다. 특히 이산시간 대기행렬 상황에서 클래스별로 복수개의 패킷이 한꺼번에 전송 요청된다.

슬롯 당 A_i 만큼 도착하는 i 클래스 패킷은 전송되기까지 다음의 시간만큼을 기다려야 한다. 첫째, 전송 요청 당시에 시스템 대기장소(buffer)에 머물고 있는 패킷들 중, 등상위 클래스 패킷들의 예상 전송시간(평균 서비스 시간)을 대기한다. 둘째, 패킷 전송 요청시점에서 진행 중인 서비스 클래스 패킷 전송서비스의 잔여 시간을 추가로 대기해야 한다. 셋째, 집단으로 도착하였을 경우, 집단 내 순번을 고려하여 자기의 순서까지 대기해야한다.

그런데 패킷 전송을 위해 버퍼 내에 대기하는 도중 상위 클래스의 패킷(높은 우선순위를 갖는 SC의 패킷)

이 전송 요청되면, 전송 순위가 뒤로 밀려 대기시간이 추가된다. 만약 우선순위가 가장 높은 SC_1 의 패킷은 서비스 대기 도중 도착하는 다른 클래스의 패킷에 의해 서비스 순서가 밀리지 않으므로 평균 대기시간을 다음의 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} W_1 &= (L_1 + E[A_1^R])E[S_1] + \sum_{i=1}^n \rho_i E[S_i^R] \quad (3) \\ &= E[A_1]W_1E[S_1] + E[A_1^R]E[S_1] \\ &\quad + \sum_{i=1}^n E[A_i] \frac{E[S_i^2 - S_i]}{2} \end{aligned}$$

위의 식을 SC_1 의 평균 대기시간 W_1 로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{E[S_1]E[A_1(A_1 - 1)]}{2(1 - \rho_1)E[A_1]} \quad (4) \\ &\quad + \frac{\sum_{i=1}^n E[A_i]E[S_i(S_i - 1)]}{2(1 - \rho_1)} \end{aligned}$$

두 번째 우선순위를 갖는 SC_2 패킷 전송의 대기시간은 먼저 도착하여 버퍼 내 대기 중인 상위 클래스(SC_1) 패킷과 SC_2 패킷의 전송시간과, 시스템에 도착한 해당 패킷이 서비스 전송을 위해 기다리는 동안 도착한 상위 클래스 패킷의 전송시간과 전송 중인 서비스의 잔여 시간이 추가된다. 그리고 같이 도착한 패킷 묶음 내의 순서에 따른 대기시간이 더해진다. 이를 수식으로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} W_2 &= L_1E[S_1] + L_2E[S_2] + E[A_1]W_2E[S_1] \quad (5) \\ &\quad + E[A_2^R]E[S_2] + \sum_{i=1}^n \rho_i E[S_i^R] \\ &= \rho_1 W_1 + \rho_2 W_2 + \rho_1 W_2 + E[A_2^R]E[S_2] \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \frac{E[A_i]E[S_i(S_i - 1)]}{2} \end{aligned}$$

이를 W_2 에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} W_2 &= \frac{\rho_1 W_1}{(1 - \rho_1 - \rho_2)} + \frac{E[S_2]E[A_2(A_2 - 1)]}{2(1 - \rho_1 - \rho_2)E[A_2]} \quad (6) \\ &\quad + \frac{\sum_{i=1}^n E[A_i]E[S_i(S_i - 1)]}{2(1 - \rho_1 - \rho_2)} \end{aligned}$$

SC_3 의 패킷이 시스템에 도착해서 전송이 지연되는 시간을 계산하기 위해서는 먼저 도착한 SC_1 부터 SC_3 패킷의 평균 전송시간과 전송 중인 서비스의 평균 잔여 시간을 합해야한다. 여기에 같이 도착한 패킷 묶음 중 먼저 전송되는 패킷의 전송시간을 추가한다. 또한 시스템에 도착한 SC_3 패킷이 시스템에서 대기하는 도중에 도착한 상위 클래스 패킷에게 서비스 전송의 우선권이 주어지므로, 이 시간만큼을 추가해야한다. 다음의 관계식이 성립한다.

$$\begin{aligned} W_3 &= L_1E[S_1] + L_2E[S_2] + L_3E[S_3] + E[A_1]W_3E[S_1] \\ &\quad + E[A_2]W_3E[S_2] + E[A_3^R]E[S_3] + \sum_{i=1}^n \rho_i E[S_i^R] \\ &= \rho_1 W_1 + \rho_2 W_2 + \rho_3 W_3 + \rho_1 W_3 + \rho_2 W_3 \\ &\quad + E[A_3^R]E[S_3] + \sum_{i=1}^n \frac{E[A_i]E[S_i(S_i - 1)]}{2} \quad (7) \end{aligned}$$

위의 관계식을 다시 정리하면

$$\begin{aligned} W_3 &= \frac{\rho_1 W_1}{1 - \rho_3^+} + \frac{\rho_2 W_2}{1 - \rho_3^+} + \frac{E[S_3]E[A_3(A_3 - 1)]}{2(1 - \rho_3^+)E[A_3]} \quad (8) \\ &\quad + \frac{\sum_{i=1}^n E[A_i]E[S_i(S_i - 1)]}{2(1 - \rho_3^+)} \end{aligned}$$

과 같다. 이와 같은 방법으로 클래스 k 의 패킷 전송 지연시간의 평균값도 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} W_k &= \frac{\sum_{i=1}^{k-1} \rho_i W_i}{1 - \rho_k^+} + \frac{E[S_k]E[A_k(A_k - 1)]}{2(1 - \rho_k^+)E[A_k]} \quad (9) \\ &\quad + \frac{\sum_{i=1}^n E[A_i]E[S_i(S_i - 1)]}{2(1 - \rho_k^+)} \end{aligned}$$

우선순위가 가장 높은 SC_1 의 평균 대기시간(W_1)을 구하고 순차적으로 대입하여 최종 W_k 를 구할 수 있다.

나. 채널 용량의 산정

서비스 클래스 별 평균 대기시간 W_1 부터 W_k 을 이용하여, 각각의 서비스 클래스별 QoS(허용 지연시간)를 충족하는 적정 채널 용량을 선형계획법으로 유도할 수 있다.

비선접형 우선순위 대기행렬 모형에서 다양한 서비스 클래스에 따라 패킷의 크기는 다르지만, 이러한 패킷을 전송하는 채널의 용량은 단일 서버 기준(단일의 송·수신 네트워크)으로 정해진 C 이다. 따라서 C 의 값을 변화시키면서 다음의 두 조건을 만족하는 최소의 채널 용량 C 를 도출한다. 첫 번째 조건은 서비스 클래스 별로 허용지연시간(D_i)보다 평균대기시간이 짧아야 한다는 조건이다. 두 번째 조건은 디지털 통신 시스템의 안정 상태 조건으로 각 서비스 클래스별 제공로드(offered load)는 1보다 작아야 한다. 이를 고려하여 [표 2]의 형태로 모델링하여 적정 채널 용량 C 를 구할 수 있다.

표 2. 적정 채널 용량 산정을 위한 선형계획모델

의사결정변수	채널 용량 C
목적함수식	Min. C
제약조건(1)	$W_i < D_i$
제약조건(2)	$\sum_{i=1}^n E[A_i]s_i < C$

IV. 결론

본 논문에서는 데이터 트래픽 전송 과정을 현실 시스템 진화에 맞게 묘사하기 위해 네트워크 시스템의 이산 시간 운용 가정, 유형별 패킷의 집단 송수신 과정 등을 고려하여 적정 채널 용량 산정 과정을 설계하였다. 무선 서비스 유형별 패킷 크기, 평균 전송시간의 정보를 이용한 비선접형 우선순위 대기행렬의 수치 모델을 통해 평균 대기시간 유도 과정을 제시하였다. 이를 이용하여 서비스 유형별 허용 지연시간에 대한 품질척도를 고려한 적정 채널의 용량 산정 절차를 제시하였다. 급증하는 데이터 통신 수요로 인해 서비스 채널의 충분한 확보가 필요시점에서 본 연구 결과인 적정 용량 산출

모델의 활용은 정확한 네트워크 용량의 예측을 가능하게 할 것이다. 적정 채널 용량의 올바른 계산 결과는 허용 지연시간의 품질 수준을 충족시키고 통신 네트워크 운용의 경제성 확보할 수 있어, 통신 사업자 및 통신 정책 담당자의 자원 활용 의사결정에 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

그런데 포아송분포 또는 기하분포를 전제한 패킷의 발생 패턴 분석은 장기의존성(long range dependency)과 상태의존성(state-dependency)을 갖는 자기유사성이 존재한다[4][9]. 본 연구의 채널 용량 산정은 최근의 트래픽 특성 중 이러한 자기유사성을 반영하는데 한계가 있다. 추후 연구에서는 이러한 연구의 한계를 극복하여 데이터 기반 이동통신 패킷 트래픽에 자기유사성 발생 여부를 확인하고, 이를 고려한 채널 용량 산정 모델의 확장이 이루어져야 한다. 이에 다양한 무선 서비스 구현을 위한 데이터 패킷의 네트워크 도착이 서로 상관성을 갖는 DMAP(Discrete-time Markovian Arrival Process) 대기행렬 시스템 분석을 고려해 볼 수 있다. 또한 이동통신 운용상의 실제 데이터 확보와 파라미터 입력을 통해 본 채널 용량 산정 방법의 성능을 수치 예제로 확인하고 민감도 분석을 수행하는 것을 추후 연구과제로 제시한다.

참고 문헌

[1] Rep. ITU-R M1390, *Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial Spectrum Requirements*, 1999.
 [2] Rec. ITU-R M.1768, *Methodology for calculation of spectrum requirements for the future development of the terrestrial component of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000*, 2006.
 [3] 김창호, 이명훈, 이종규, 최영민, 임석구, “3G 이동통신시스템에서 데이터 트래픽의 버스트성과 지연특성을 고려한 큐잉성능 분석,” 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, 제26권, 제1호, pp.469-472, 2003.

[4] 임석구, “자기유사적인 데이터 트래픽 특성을 고려한 대역폭 할당,” 한국콘텐츠학회논문지, 제5권, 제3호, pp.175-181, 2005.

[5] M. Garrett and W. Willinger, “Analysis modeling and generation of self-similar VBR traffic,” Proc. of SIGCOMM 94, 1994.

[6] V. Paxson and S. Floyd, “Wide area traffic: the failure of Poisson modeling,” IEEE/ACM Transactions on Networking Vol.3, No.3, pp.226-244, 1995.

[7] 현영주, 이영환, 장동원, 김경석, “4세대 이동통신을 위한 FDD 방식을 고려한 점유 주파수 대역폭 산출,” 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제10호, pp.9-18, 2007.

[8] Z. Fan and P. Mars, “Accurate approximation of cell loss probability for self-similar traffic in ATM networks,” Electronics Letters, Vol.32, No.19, pp.1719-1751, 1996.

[9] 정용주, 백천현, 김후곤, 최택진, 양원석, 황홍석, “이동통신 멀티미디어 데이터서비스의 트래픽 특성 모델링 및 성능분석,” 한국경영과학회지, 제27권, 제2호, pp.139-155, 2003.

[10] 정현규, “음성 및 데이터를 포함하는 이동통신 혼합 트래픽의 Erlang 용량 산출방법,” 전자통신 동향분석, 제17권, 제5호, pp.37-46, 2002.

[11] T. Irnich, B. Walke, and H. Takagi, “System capacity calculation for packet-switched traffic in the next generation wireless systems, Part I: M/G/1 Nonpreemptive priority queueing model for IP packet transmission,” Proc. of the 19th International Teletraffic Congress, Beijing, China, 2005.

[12] H. Takagi, H. Yoshino, N. Matoba, M. Azuma, and M. Shirakabe, “System capacity calculation for packet-switched traffic in the next generation wireless systems, Part II: Batch arrival M/G/1 nonpreemptive priority queueing model for transmission over radio channel,” Proc. of the 19th International Teletraffic

Congress, Beijing, China, 2005.

[13] 박현민, 채경철, “휴리스틱 방법을 이용한 비축출형 M/G/1 우선순위 대기행렬의 평균대기시간 분석,” 2007 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, pp.228-232, 2007.

[14] K. C. Chae and H. W. Lee, “M^X/G/1 Vacation models with N-policy: Heuristic interpretation of the mean waiting time,” Journal of the Operational Research Society, Vol.46, No.2, pp.258-264, 1995.

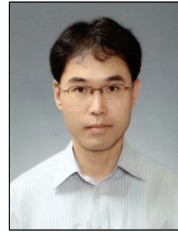
[15] Medhi, *Stochastic Models in Queueing Theory*, 2nd edition, Academic Press, 2003.

[16] 이호우, *대기행렬이론*, 제3판, 시그마프레스, 2006.

저 자 소 개

박 현 민(Hyun Min Park)

정회원



- 1996년 2월 : 연세대학교 경영학과(경영학사)
 - 1998년 8월 : 한국과학기술원 산업공학과(공학석사)
 - 2009년 8월 : 한국과학기술원 산업및시스템공학과(공학박사)
 - 2010년 8월 ~ 현재 : 배재대학교 경영학과 부교수
- <관심분야> : 확률모형, 생산운영관리, 통신경영