

트래픽 특성에 따른 셀룰러 코어 망의 효율적인 설계

김호수⁰ 장주욱, 이경근, 이정수
서강대학교, 세종대학교, SK Telecom
{kimlake⁰, jjang}@sogang.ac.kr, kglee@sejong.ac.kr, ljs7606@sktelecom.com

Efficient Cellular Core Network Design based on Traffic Characteristics

HoSoo Kim⁰, JuWook Jang, KyungGeun Lee, JeongSoo Lee
Sogang University, Sejong University, SK Telecom

요 약

현재 셀룰러(Cellular) 코어(Core) 망에서의 회선산출은 얼랑(Erlang) B 이론으로부터 출발하고 있다. 시도호(attempted call)의 특성이 포아송(Poisson) 분포임을 가정한 얼랑 공식으로부터 유도된 얼랑 B 테이블을 통해 각 구간의 트래픽 및 목표 호손율(Block Rate)에 맞는 적절한 회선 수를 산출한다. 본 논문에서는 유선 전화망에서 주로 쓰이던 얼랑 B 이론이 이동통신 셀룰러 코어 망에서도 적용될 수 있는지의 여부를 판단하기 위해서 1500만 이상의 가입자를 보유하고 있는 셀룰러 코어 망을 실험대상으로 하였다. 트래픽 분포 및 얼랑 B 호손율을 검증하기 위해 실측 실험을 하였으며, 과금 데이터(Billing Data)를 이용하여 실측 실험과 같은 결과를 얻기 위해 Block Generating Program을 개발하였다. 총 108개 루트(Route)에 대한 측정 실험 결과 50%의 트래픽만이 포아송 분포 특성을 만족함을 알아내었고, 포아송 분포를 벗어난 트래픽에서의 얼랑 B 테이블의 보정 방법을 실제 실험 데이터의 통계특성에 따라 도출하는 방식을 제안한다.

1. 서 론

얼랑 B 테이블은 해당 트래픽에 대한 사업자가 원하는 목표 호손율(Block)을 대입함으로써 적절한 회선을 구해준다.[1,3] 이 얼랑 B 테이블은 얼랑 B 이론에 의해 주어지는 데 얼랑 B 이론은 다음과 같은 전제조건하에서 적용된다. 1) Interarrival Time 분포가 Negative Exponential하다. 즉, 트래픽이 포아송 분포를 이룬다. 2) 채널 Holding Time 이 Constant 또는 Exponential 하다. 3) 블록 호가 Clear 된다. [1,2,3,4] 이런 가정하에 적용되는 얼랑 B 이론은 여러 엔지니어링 기법 중에서 가장 일반적으로 사용되는 이론으로 원래 유선전화망에서부터 시작하여 현재는 이동통신망에도 유사하게 사용되고 있다.[3,4,5]

본 논문에서는 얼랑 B 이론이 이동통신 코어 망에 적용 가능한지의 여부 판단 및 검증을 위해서 현재 운영중인 이동통신 코어 망에 대한 실측 실험 및 시뮬레이션 (BGP-Block Generating Program)을 통해 얼랑 B 전제조건들이 타당한지를 검증하고 새로운 회선 산출법을 제시한다. 2장에서는 현재 망에 대한 얼랑 B 호손율을 분석하고, 3장에서는 운용 망에 대한 실측실험을 진행하였다. 4장에서는 실측실험의 한계를 극복하기 위해 과금 데이터를 이용하여 시뮬레이션 하고, 5장에서 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

2. 얼랑 B 호손율 분석

호손율(Block Rate)이란 보통 호(Call)가 접속되는 동안 채널(회선)이나 교환기에서 폐쇄될 확률을 말한다. 이중 얼랑 B에서의 호손율은 채널에서의 호의 손실을 뜻하며, 교환기로부터의 응답은 자국 중계선 폭주 와 타국 중계선 폭주로 발생한다. 이중 얼랑 B의 호손율을 분석하기 위해서는 자국 중계선 폭주에 대한 응답을 사용해야 한다. 앞선 내용을 바탕으로 이동통신 코어 망에서 얼랑 B 이론이 제대로 적용되고 있는지 분석 할 필요가 있다. 얼랑 B와의 비교는 해당 트래픽과 회선수에 대한 호손율의 차이로

할 수 있다. 그림 1은 CGS(Cellular Gateway System)에서 MSC(Mobile Switching Center)로 가는 490개의 루트(Route) 중에서 96개의 루트에서 호손율(Block)이 발생한 것을 표시한다. 여기서 CGS와 MSC는 보통 이동통신 코어 망을 구성하는 대표적인 교환기들로 CGS는 각 MSC들의 호를 묶어서 처리해 주는 관문교환기 역할을 한다.[5] 그림 1의 데이터는 2002년 5,6,7월(3개월) 교환기로부터의 통계이다. 점선으로 표시된 것은 얼랑 B 이론라인이고, 각 점들은 실제 데이터로부터 구해진 호손율이다. 그림1에서 보면 얼랑 B 이론 호손율과 실제 데이터로부터의 실측 호손율은 일치하지 않으며, 오히려 실측 호손율이 좀 더 높게 발생하는 것을 볼 수 있다. 따라서 트래픽 특성 또는 채널 유지 시간이 얼랑 전제조건과 맞지 않을 수도 있음을 예상 할 수 있다.

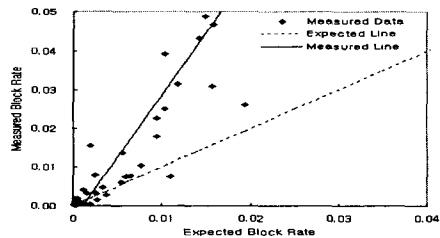


그림 1 실측 블록 vs 이론 블록

3. 호손율 발생 실측 실험

실제로 운영중인 셀룰러 코어 망에서는 사실상 특별한 경우를 제외하고 호손율이 거의 발생하지 않도록 충분한 마진을 두고 있다. 보통 사업자들은 얼랑 B 테이블에 의해 구해진 회선에 우회나 트래픽 증가 등의 요소들을 반영하여 마진을 잡기 때문에 원하는

호손실 데이터를 추출하는 것은 쉽지 않다. 따라서 얼랑 B 이론을 검증하기 위해서 해당 트래픽 발생시에 호손실을 강제로 발생시켜야 한다. 이런 이유로 현재 운영 망에 대해서 호손실 발생 실험을 진행하였다.

3.1 실험 환경 및 방법

호손실 발생 실험은 실제 운영중인 망에 대한 실험이기 때문에 그림 2에서 처럼 Primary 링크와 백업 링크로 배치해 Primary 링크에서 발생한 호들을 다 처리 할 수 없을 때는 자동으로 백업 링크로 돌아가게 하여 호 소용에도 문제 없게 하면서 그 백업링크로 오는 호를 Primary 링크에 대한 호손실로 처리하였다.

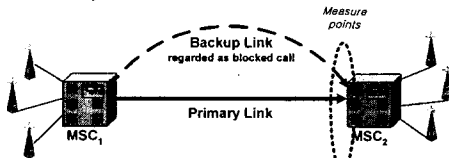


그림 2 실험 실험 토폴로지

실험 실험은 평균 트래픽 및 실제 회선수가 다른 2개의 루트에서 진행하였으며 그 과정은 그림 3과 같다.

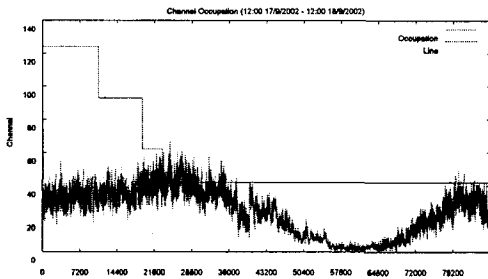


그림 3 실험 실험 과정

그림 3은 2002.09.17 12시부터 2002.09.18 12시까지의 24시간 동안의 채널을 점유하고 있는 트래픽 분포를 나타낸다. 횡으로 그려진 실선은 회선수 감소를 유도한 채널을 나타 내고 있으며, 평상시 124개의 채널을 사용하는 실험 루트에서 호손실이 발생할 때까지 시간에 따라 적절히 회선을 감소시켰음을 나타내고 있다. 그림 3에서 횡으로 그려진 실선 위로 나타난 호들이 손실된 호들이다.

3.2 실험 결과 샘플 분석

실험 실험으로 5개의 샘플을 추출하였고, 샘플 분석을 위해서 교환기 및 과금 데이터를 사용하였다. 교환기 데이터는 1시간 단위로 시도호에 대한 호손실 결과를, 그리고 초 단위 과금 데이터는 트래픽의 특성을 분석하는데 사용하였다.

표 1 실험 실험 결과 샘플

샘플	시도호	AHT	트래픽 (Erl.)	채널	실측 Block (%)	이론 Block (%)
A	1193	80	26.5	42	1.01	0.13
B	1408	72	28.2	42	1.35	0.32
C	2086	70	40.6	42	8.91	9.53
D	2519	61	42.7	42	10.92	12.24
E	2976	56	46.3	42	17.37	16.99

표 1의 결과에 따르면 샘플 C,D,E는 실측 호손율과 얼랑 B 이론 호손율이 비슷하거나 실측 호손율이 낮았으나, 샘플 A,B는 실측 호손율이 이론 호손율보다 높게 발생하였다. 이러한 이유를 찾아내기 위해 각 샘플에 대한 과금 데이터를 이용하여 1) Interarrival Time 분포 2) VMR(Variance to Mean Ratio) 분석을 하였고, 각 과정

을 그림 4에 나타냈다.

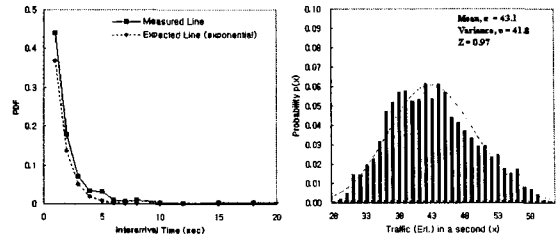


그림 4 Interarrival Time 분포 분석 및 VMR 분석

3.2.1 Interarrival Time 분포 분석 - Chi Square 검증

각 샘플에 대한 트래픽의 포아송 분포 여부를 판단하기 위해서 Interarrival Time에 대한 Chi Square 검증을 실시하였다.[5] Chi Square 검증의 가설은 “트래픽이 포아송하면 Interarrival Time 분포가 Negative Exponential 하다”라고 세운 후 구해진 Q 값에 대해 Chi Square 값 범위 안에 들어오면 가설을 채택하는 형식으로 진행하였다.

3.2.2 트래픽 특성 구분 - VMR 분석

Chi Square 검증은 트래픽이 포아송 분포를 따르는지 여부를 판단할 수는 있지만 트래픽의 특성을 규정지어 줄 수 없다. 따라서, 각 샘플에 대한 트래픽 특성을 부여하기 위해서 과금 데이터를 이용하여 VMR 분석을 진행하였다. VMR은 분산을 평균으로 나눈 비율로 식 1과 같이 나타내는데, VMR값이 1에 가까우면 포아송 트래픽, VMR값이 1보다 크면 평균 트래픽 대비 분산이 큰 Peaked 트래픽, VMR값이 1보다 작으면 평균 트래픽 대비 분산이 작은 Smooth 트래픽으로 구분하게 된다.[1,3,7]

$$VMR = \frac{V(A)}{E(A)} \quad (1)$$

V(A) : 트래픽에 대한 분산
E(A) : 트래픽에 대한 평균

3.2.3 샘플 분석 결과

실험 실험 분석 결과를 아래의 표와 그림으로 정리하였다.

표 2 실험 실험 분석 결과

샘플	Chi 검증	VMR	특성
A	기각	1.46	Peaked
B	기각	1.92	Peaked
C	기각	0.73	Smooth
D	승인	1.08	Poisson
E	승인	0.97	Poisson

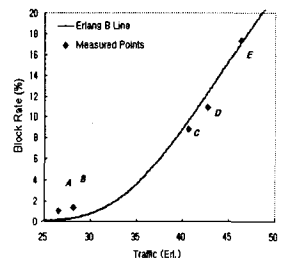


그림 5 실험 실험 결과

표 2에 정리된 분석 결과 Chi 검증에서 Interarrival time 분포가 Exponential로 승인된 트래픽은 VMR 값이 1 근처에 있고, 기각된 트래픽은 VMR값이 1보다 크거나 작다. 이 결과를 바탕으로 앞으로의 트래픽 특성은 VMR값으로 나타내도록 한다. 또한 그림 5에서 샘플 A,B의 Peaked 한 트래픽은 얼랑 B 이론 라인보다 호손실이 위에 나타나며, 샘플 C,D,E의 포아송하거나 Smooth 트래픽의 경우에는 얼랑 B 라인 근처에 나타나거나 밑에 호손실이 발생함을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 4장에서 108개의 루트 트래픽에 대해서 Chi 및 VMR 분석을 통하여 트래픽 특성과 호손실과의 관계를 규명하고자 한다.

4. BGP(Block Generating Program)

현재 운영중인 대규모 망에 대한 채널별, 트래픽별 실측 실험은 운영상의 한계 및 실험 당일 트래픽 예측 불능 등의 여러 가지 이유로 어려움을 가진다. 이런 어려움을 극복하기 위하여 리눅스 Awk 프로그램을 이용하여 개발한 BGP는 과급 데이터만을 가지고 실측 실험과 같이 회선 변화에 따른 호손실을 가상적으로 확인하고 결과를 출력하도록 개발된 시뮬레이션 프로그램이다.

4.1 BGP(Block Generating Program) 진행 과정

BGP는 과급 데이터를 바탕으로 진행하는데 과급데이터 원본은 약 50일량부터 500일량까지, E1 3개(93채널)부터 29개(899채널)까지의 MSC-GSC, MSC-CGS 루트의 총 108개 데이터를 사용하였다. BGP는 원하는 목표 채널을 설정해 주면 각 과급 데이터 원본으로부터 시도호 및 트래픽, AHT(average holding time), 호손율을 출력하도록 프로그램화 한 것이다. 트래픽 특성에 따른 호손실과의 관계를 규명하기 전에 총 108개의 과급 데이터에 대한 트래픽 특성 및 VMR값을 판단해본 결과, 표 3과 같다.

표 3 총 108개 루트 트래픽 분석 결과

Smooth 트래픽	Poisson 트래픽	Peaked 트래픽
22%	50%	28%

VMR은 0.48 부터 3.50 까지의 값을 가졌고, 0.8~1.2 까지의 VMR값을 가지면 포아송 트래픽으로 가정한 결과이다.

4.2 BGP (Block Generating Program) 결과

총 100여 개의 과급 데이터로부터 트래픽 특성에 대한 열량 B 이론 호손율과 BGP 측정 호손율을 분석하였다.

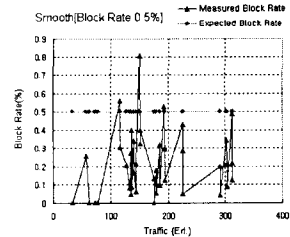


그림 6 Smooth 트래픽

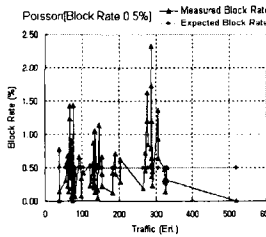


그림 7 포아송 트래픽

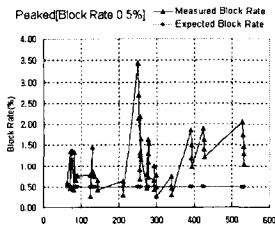


그림 8 Peaked 트래픽

그림 6,7,8 은 트래픽 특성에 따른 호손실의 발생 유형을 분석한 것이다. 그림에서는 열량 B 기대 호손율 0.5%에서의 트래픽 특성에 따른 호손율을 비교하였고, 실제로는 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5%, 1%의 호손율에 대한 열량 B 이론 호손율과 BGP 측정 호손율을 비교 분석하였다. 실제로 모든 호손율에 대해서 트래픽이 Smooth할 경우에는 BGP 측정 호손율이 열량 B 이론 호손율보다 낮게 나타났으며, 포아송인 경우에는 그 중간에, 그리고 Peaked 경우에는 이론 호손율보다 높게 나타났다. 예를 들어 그림 8의 Peaked 트래픽에서는 총 60개 호손실 중 51개의 호손율이 열량 B 이론 호손율보다 높게 나타났다.

4.3 열량 B 보정

앞선 실측 실험과 BGP 측정 실험을 통해서 살펴본 결과 셀룰러 코어 망 트래픽의 약 80%는 열량 B를 이용하는 데에 보정이 필요하다. 실제로 열량 B는 그 전제조건인 포아송 트래픽에 대해서만 회선을 산출하므로 실제로 운영중인 망에 대한 열량 B 사용 회선 산출은 트래픽 특성에 따른 마진을 다시 적용해야 하고, BGP 측정 실험결과 포아송 트래픽과 Peaked 트래픽은 열량 B 호손율보다 크므로 회선산출을 함에 있어서 보정 팩터(이하 F)를 적용해야 한다.

표 4 신뢰도 기반 열량 B 보정 F

호손율 0.5%	신뢰도 기반 보정 F (%)				
	99%	90%	80%	70%	60%
180일량 이하	6.6	6.0	2.7	2.6	1.8
180~360일량	8.6	4.5	3.6	3.1	2.5
360일량 이상	4.6	4.6	3.9	3.9	3.2

표 4는 가장 수요가 빈번한 트래픽의 분포 범위에 따라 신뢰도를 기반으로 열량 B를 보정하는 F(%)들이다. 열량 B는 신뢰도 약 50%를 가지게 되므로 트래픽이 포아송 또는 Peaked 분포를 가질 경우에는 F를 적용해야 목표 호손율 및 통화품질을 유지할 수 있게 된다. 본 논문에서는 호손율 0.5%만 제시하였다. 예를 들어 목표 호손율 0.5%를 만족하며 200일량의 트래픽이 지나가는 열량 B 이론 회선은 227 채널 이고 신뢰도 50% 이하를 갖게 된다. 99%의 신뢰도 안에서 목표 호손율 0.5%를 만족시키기 위해서는 F를 적용하여 구한 247 채널을 사용해야 한다. 또한 그림 1에서의 97개 루트 호손실도 F를 적용하여 회선산출한 결과 99%의 신뢰도 범위 안에서 발생함을 확인하였다.

5. 결론

유선 전화망에서 사용되어져 오던 열량 B 이론이 이동통신 코어 망에서도 적용되어 질 수 있는지에 대한 여부를 분석 하였다. 분석 결과 열량 B 이론 호손율과 실측 호손율이 일치하지 않는 것은 트래픽 특성 때문이라고 판단 할 수 있었다. 따라서 트래픽 특성에 따른 열량 B 데이팅 보정 및 목표 통화품질에 대한 신뢰도를 제시하여 사업자가 통화품질 및 비용 등의 변수를 고려하여 회선 산출에 적용하도록 하였다. 향후 과제로는 새로운 회선산출법을 실제 이동통신 운영망에 적용하여 트래픽 변화에 따른 동작을 확인하는 것과, Peakedness의 영향을 고려한 VMR 값에 따른 회선 산출법, 그리고 트래픽의 양, 채널수, 구간 특성, 비용 등의 파라미터 변수를 고려한 새로운 회선산출법을 제시하고자 한다.

6. 참고문헌

- [1] James R. Boucher "Traffic System Design Handbook: Timesaving Telecommunication Traffic Tables and Programs", IEEE Press, pp. 1-78, 1993.
- [2] Haruo Akimaru, Konosuke Kawashima, " Teletraffic- Theory and Applications", 2nd Edition, Springer Verlag, pp3-55, January 1993.
- [3] Villy B. Iversen, "Teletraffic Engineering Handbook", ITU-D SG 2/16 & ITC, 2002-09-06.
- [4] Robert S. Cahn "Wide Area Network Design - Concepts and Tools for Optimization", Morgan Kaufman Publishers, Inc, pp. 11-142, 1998.
- [5] Derek Lam, Donald C. Cox, Jennifer Widom, "Teletraffic Modeling for Personal Communications Services", IEEE Communications Magazine, pp79-87, February 1997.
- [6] S. Molnar, Gy. Miklos, "Peakedness Characterization in Teletraffic", IFIP TC6, WG6.3 conference Performance of Information and Communications Systems, PICS'98 Lund, Sweden, May 25-28, 1998
- [7] Cisco System, "Traffic Engineering for Voice over Integrated Service Networks", session 2010, 2000.