

# 신뢰도에 기반한 Erlang B Table 보정

박종서<sup>0†</sup>, 안준식<sup>\*</sup>, 이경근<sup>◇</sup>, 장주욱<sup>†</sup>

서강대학교<sup>†</sup>, 세종대학교<sup>◇</sup>, SK Telecom<sup>\*</sup>

netofpos@eeca1.sogang.ac.kr<sup>0</sup>, creep133@netsgo.com

kglee@sejong.ac.kr, jjang@sogang.ac.kr

## Compensation of Erlang B Table with Degree of Confidence

JongSuh Park<sup>0†</sup>, JoonSik Ahn<sup>\*</sup>, KyungGeun Lee<sup>◇</sup>, JuWook Jang<sup>†</sup>

Sogang University<sup>†</sup>, Sejong University<sup>◇</sup>, SK Telecom<sup>\*</sup>

### 요 약

얼랑(Erlang) B 이론에 의해 산출된 목표호손율이 보장된 값이라고 믿고 있으나 신뢰도에 따른 분석결과 보장정도가 50%수준 밖에 미치지 못하는 결과를 알 수 있다. 신뢰도라는 것은 목표 호손율(Block Rate)을 통해 회선을 산출하였을 때 실측호손율을 어느 비율까지 수용할 수 있는지에 대한 기준이다. 신뢰도를 적용한 결과 얼랑 B 이론은 평균에 의해 값을 산출하는 것이 때문에 실측호손율이 얼랑 B 이론에 의해 산출된 호손율 이상일때는 GoS를 100% 보장할 수가 없다. 그러므로 회선산출하는데 있어서 신뢰도를 추가하여 보정된 얼랑B Table을 산출하는 방법을 제시한다.

### 1. 서 론

Traffic Engineering 에서 가장 문제시 되고 있는 요소중에 하나가 바로 GoS(Grade of Service)이다. GoS 는 교환망의 접속품질 교환망이 정상적으로 운용되고 있을때 가입자의 호 발생에서부터 착신국까지의 접속과정에서 호의 접속손실, 접속지연 등의 서비스 품질을 말한다[3]. GoS 을 만족시키기 위해서는 경제성과 신뢰성을 보장하는 회선용량산출방법이 필요하다. 유선전화망(PSTN)을 시작으로하여 몇가지 Blocking 모델들이 제시되었고 현재 음성통신망에서도 유선전화망에서 적용된 모델들을 사용하여 운영하고 있는 실태이다[1][2][3]. 그런 모델중에 하나가 얼랑 B 이론이고 현재 음성통신망에서 가장 많이 사용하고 있다.

그렇지만 얼랑 B 이론 또한 평균값이기 때문에 확률론에 근거한 결과이다. 현재이동통신망에서 실측호손율의 결과를 보면 이론 호손율과 비교하였을 때 항상 같은 결과가 나오는 것은 아니다. 트래픽의 성질이 Poisson분포의 특성을 [1][2][3] 갖는다 해도 확률적 특성 즉 무한한 시도가 아님에 따라 실측 호손율이 얼랑 B호손율보다 값이 클 때도 있고, 작을 때도 있다. 얼랑 B 이론에 따른 값은 반복횟수를 무한대로 설정하고 평균을 적용한 근사식에 계산된 결과에 불과하다.

반면에 시뮬레이션에서는 이러한 확률적인 결과를 증명하기 위해 사용하였고, 이 근거를 통해 기존의 회선산출방법에서 제시되었던 방법과는 다르게 각 얼랑 B값에 대한 신뢰도(Degree of Confidence)를 추가함으로써 좀 더 구체적으로 회선용량선정을 구분할 수 있는 산출근거를 본 논문에서 제시하고자 하였다. 본 논문은 2장 얼랑 B이론과 문제점에 대해서 얘기하고, 3장은 시뮬레이션을 통해 얼랑 B 이론을 검증하고 결과값을 통해 4상에서는 시뮬레이션에 따른 보정회선테이블을 산출하였고, 5장 결론 및 추후과제로 구성되어있다.

### 2. 얼랑 B 이론

#### 2.1 이론

얼랑 B이론은 목표호손율을 정하여 트래픽용량에 맞는 회선용량을 산출하는데 사용된다. 얼랑 B이론을 통해 만들어진

표를 기준으로 하여 일반적으로 목표호손율을 1%에 가깝게 설계를 할 수 있도록 값을 택하여 회선을 산출하고 있는 실정이다.

얼랑 B이론은 몇가지 전제조건하에 적용이 된다. 첫째 호도착간격(Call Arrival Rate)이 부지수(Negative Exponential)한 분포를 가져야 하고 두번째로 호가 손실(dropped)되면 제거(cleared)되어야 한다. 마지막으로 평균보류시간(Average Holding Time)이 일정 또는 지수분포(Exponential Distribution)해야 한다[1][2][3].

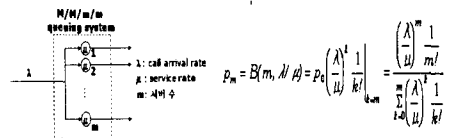


그림 1. 얼랑 B 이론식

그림 1에 있는 식을 보면 B는 호손율이고, m은 서버의 수, 그리고  $\lambda/\mu$ 는 호도착간격과 서비스간격의 비율로 서버에 걸린 트래픽으로 본다. 식에서 나타내고 있듯이 서버의 수에 따라 호손율식의 반복은 커지게 된다.

#### 2.2 문제점

얼랑 B이론 또한 확률론에 의한 결과이기 때문에 100%보장하는 것은 아니다. 예를 들어 동전던지기를 보면 알 수 있다. 앞면이 나올 확률은 항상 0.5이지만 실제적으로 나올 수 있는 확률은 수행횟수를 무한대로 반복했을 때 가능한 것이다.

표1은 위에서 언급한 문제점을 실측자료를 통해 분석한 내용이다. 각 샘플은 동일한 루트(route), 즉 교환국에서 어느 목적지까지 연결된 일련의 통신망 링크의 장비에서 측정되었으며 이 루트의 채널수는 42이고 트래픽은 당일 최번시에 기록된 한시간 평균이다. TRK\_BUSY는 채널에서 손실된 호를 말한다.

표 1. 이론과 실측 호손율의 차이

샘플	브래지 (일방)	회선수	TRK_BUSY	실측호손율	이론호손율	실측/이론
1	36.12	42	517	21.02	19.88	1.058
2	37.99	42	275	12.25	12.83	0.955
3	36.78	42	185	9.73	10.41	0.935
4	27.88	42	19	1.37	0.35	3.9
5	26.25	42	12	1.02	0.13	7.816

표 1 오른쪽 실측/이론 비율을 보면 1 이하의 값이 나와야 하지만 이론과 실측 호손율이 항상 같지 않음을 볼 수 있다. 샘플 4 와 5에서 실측 이론보다 3 배 이상 큰 것을 볼 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 결과

3.1 토폴로지 및 설정

일량 B 이론에 대한 보정을 증명하기 위해 시뮬레이션을 통해서 결과값이 평균에 의한 값임을 증명하였다.

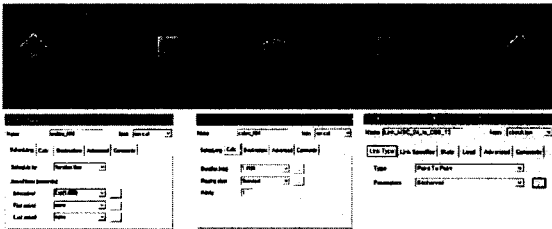


그림 2. 시뮬레이션 토폴로지 및 설정

시뮬레이션을 위해 사용한 토폴로지는 기본적으로 소스-노드-링크-노드-싱크의 구조를 가지고있다. 소스에서는 호를 발생시키고 각 노드는 교환기, 그리고 링크가 회선의 역할을하도록 설정하였다. 소스에서 호를 발생시키기 위해 파라미터 설정에서 호에 대한 평균보류시간과 호유형분포의 식을 입력하여 원하는 결과를 얻을 수 있고 [7], 호손율결과는 링크에서 측정된것이다.

3-1. 일량 B 이론 검증

시뮬레이션을 통해 관찰한 결과는 아래 그림에서 보듯이 시뮬레이션을 반복하여 이론 일량 B 호손율에 수렴하는지 테스트한 결과이다. 링크의 채널수는 42채널, 평균 트래픽은 32.25Erl, AHT는 평균 1분, 표준편차 0.76으로 설정하였다. 각 점은 반복횟수에 대한 누적평균이며, 200회 이상일 때 이론 일량 B 호손율에 수렴해 가는 것을 볼 수 있다. 두 결과를 비교해볼 때 시뮬레이션으로 200회 이상 반복해야 이론적인 일량 B 호손율에 수렴한다.

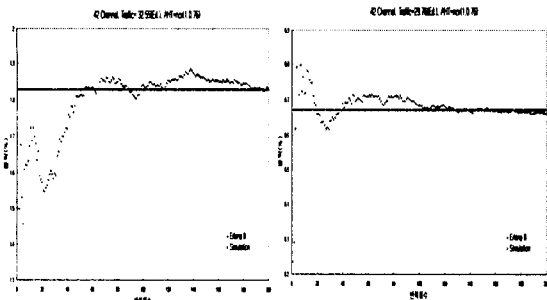


그림 3 일량 B 이론 검증결과

3-2. 실제 음성통신망 모델링

검증을 통하여 시뮬레이션의 가능성을 보여주었고, 실제 음성망에 가장 적합한 네트워크를 형성하기 위해, 실제 측정된 데이터를 가지고 모델링을 하였다.

데이터는 요금체계정산을 위해 만들어진 과금기 데이터를 통하여 분석하였는데 그 중에서도 초단위와 시도호에 대한 내역결과가 포함된 교환기 장비에서 추출하였다. 모델링하는데 있어 COMNET III에서 가장 중요한 두 가지 요소는 파라미터 설정에서 호도착간격시간과 평균통화시간이다 [7]. 두 가지 요소에 대한 모델링을 위해서 본 실험에서는 실제음성통신망에서 108개의 루트에 대한 과금기내역을 통해 분석하여 모델링하였다.

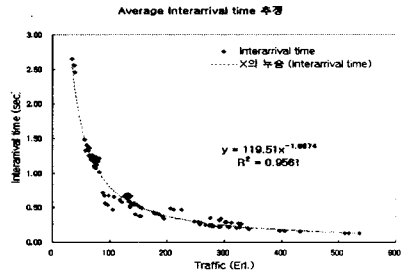


그림 4 호도착간격시간 모델링

그림4는 호도착간격시간을 모델링하기 위해 함수를 설정한 결과의 그림이다. 추세선을 선택한 결과 결정계수는 0.96이라는 값을 가지고 있고 높은 상관관계를 나타내고 있으며 함수는 x의 누승으로 표현할 수 있다.

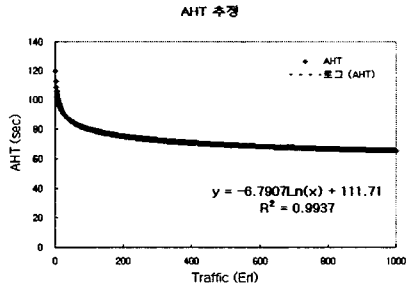


그림 5 평균통화시간 모델링 결과

그림 5는 평균통화시간을 모델링한것에 대한 결과이다. 이 결과도 그림4에서와 같은 방법을 적용하였고 함수는 x의 로그함수식으로 표현하였고 상관관계또한 거의 일치하고 있다.

3-3. 일량 B 호손율 결과

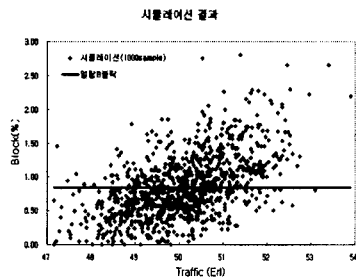


그림 6 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 1000번 즉 1000시간 반복하였고 각 점에 1시간에 대한 회선호손율결과이다. 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같이 이론 열량 B 결과 측 실선을 기준으로 하여 상하로 분산되어있는 것을 관찰할 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 목표호손율은 0.8%에 맞추어 채널과 호도착시간 그리고 평균보류시간을 설정하였으나 실제 시뮬레이션으로 측정된 결과들의 실선 기준으로 분산되어 있는 것을 볼 수 있다. 그리고 각 점들을 더한 평균의 값은 이론 열량 호손율에 수렴하는 것을 그림 3에서 볼 수 있다. 결과적으로 열량 B 호손율라인 위에 분포된 호손율을 수용할 수 없는 것을 알 수 있고 이에 따라 GoS 또한 아무런 기준이 없이 사용되고 있는 것이다.

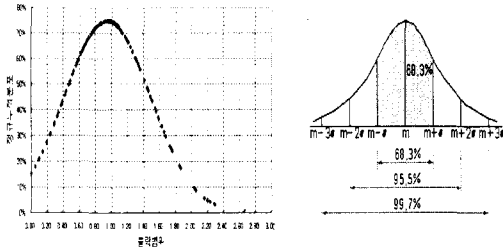


그림 7 호손율의 정규분포도

그림7은 시뮬레이션에서 발생한 호손율들의 분포를 분석한 결과의 그래프이다. 그림과 같이 분포는 정규분포를 따르고 있는 것을 볼 수 있다.  $m$  을 기준으로하여 트래픽에 대한 신뢰도 구간을 그림 7과 같이 설정할 수가 있다.

4. 신뢰도적용후 보정된 열량 B Table

시뮬레이션에서 얻은 호손율의 결과가 정규분포를 따르기 때문에 분포를 통해 신뢰도 수준을 추가하여 보정테이블을 얻을 수 있다. 신뢰도라는 것은 표 2를 적용하여 회선을 산출하였을 때 실측호손율을 어느정도의 비율까지 수용할 수 있는지에 대한 기준이다. 예를 들어 50%신뢰도 값을 적용할 경우 실측호손율결과의 50%만 수용하고 나머지는 이론값 이상이기 때문에 목표호손율 이상으로 결과를 얻을 것이고 GoS를 보장받지 못하게된다. 표 2에서보면 99.9%의 GoS를 만족시키려면 50%으로 회선산출할때보다 7.8%의 마진을 더하여 계산해야되는 것이다.

표2. 보정된 열량 B 호손율

이론 열량 (열량)	이론 호손율 1.0% 신뢰도 가변 표준편차율 (%)							
	정규분포 신뢰도 (%)							
	99.9%	99%	95	90	80	70	60	50
50	7.8	6.3	4.7	3.1	3.1	1.8	1.8	0.0
100	6.0	5.1	4.3	3.4	2.6	1.7	1.7	0.9
200	1.1	3.6	3.2	2.3	1.8	1.4	0.9	0.9
400	2.4	2.1	1.4	1.2	0.9	0.7	0.5	0.2
800	0.8	0.7	0.5	0.2	0.0			
1000	0.5	0.5	0.2					

표2와 같이 각 트래픽에 대해 신뢰도에 따른 호손율을 보정할 수 있는 것이다. 현재 테이블에서는 50%이상에서만 고려하였는데 그 이유는 50%가 바로 신뢰도 구간을 적용하기 전 즉 이론 열량 B 호손율이라고 할 수 있다. 결과적으로 지금까지 열량 B 테이블은 50%수준밖에 미치지 못했다는 것을 보여주고있다. 반대로 때문에 50% 이하는 당연히 보장하기 때문에 고려하지 않아도 되는 것이다. 하지만 트래픽이 증가하면서 이론 열량 B 호손율의 신뢰도는 증가하는 것을 볼

수 있고 트래픽이 1000열량에서는 90%이상의 신뢰도를 갖는다.

표3. 1%호손율 적용시 보정된 회선수

트래픽 (열량)	보정된 채널수								
	채널수	정규분포 신뢰도							
		99.9	99	95	90	80	70	60	50
50	64	69	68	67	66	66	65	65	64
100	117	124	123	122	121	120	119	119	118
200	221	230	229	228	226	225	224	223	223
400	426	436	435	432	431	430	429	428	427
800	829	836	835	833	831	829	829	829	829
1000	1029	1034	1034	1031	1029	1029	1029	1029	1029

표2을 통해서 얻은 보정율을 통해 표3과 같이 신뢰도를 적용시킨 보정된 채널수를 구할 수 있다. 같은 트래픽에 대해서도 신뢰도의 차이에 따라 라인의 수가 적용비율에 따라 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 대용량 설계회선일수록 열량 B 이론의 신뢰도는 높아진다는 결론을 내릴 수 있고 이것이 곧 이 모델의 장점이라고 할 수 있으나 신뢰도를 포함시켜 구체적으로 GoS를 보장할 수 있게되고 구체화된 기준을 제시할 수 있다.

4. 결론

열량B 이론에 의해 산출된 호손율이 목표호손율을 보장을 할 수 있다고 믿고 있으나 신뢰도에 따른 분석결과 50%수준 밖에 미치지 못하는 결과를 알 수 있었다. 열량 B 이론은 평균에 의해 값을 산출하는 식이기에 실측호손율이 평균이상일때는 서비스 100%보장할 수 가 없기 때문이다. 회선산출하는데 있어서 신뢰도를 추가하여 보정된 열량B Table을 산출하는 방법을 제시하였다.신뢰도 구간의 새로운 적용으로 인해 보정된 열량 B 호손율과 채널수를 시뮬레이션 COMNET III을 통해 열량 B호손율을 산출하였고 정규분포에 따른 결과를 통해 분포구간에 신뢰도를 적용하여 보정된 회선표를 도출하였다.

추후로 해결해 할 점이 있다면 본 논문에서는 트래픽의 성질이 Poisson분포라는 점을 가정한 경우에만 시뮬레이션을 통해 증명하고 결과에 따라 보정하는 방법을 제시하였다.하지만 트래픽의 성질이 peaked한 경우에는 이에 맞는 새로운 보정테이블이 추가로 제시되어야 한다.[4][5]

6. 참고문헌

- [1] Haruo Akimaru, Konosuke Kawashima, " Teletraffic - Theory and Applications", 2nd Edition, Springer Verlag, pp3-55, January 1993.
- [2] James R. Boucher "Traffic System Design Handbook: Timesaving Telecommunication Traffic Tables and Programs", IEEE Press, pp. 1-78, 1993.
- [3] Villy B.Iverson, "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] Victor S. Frost , Benjamin Melamed, "Traffic Modeling For Telecommunications Networks", IEEE Communication Magazine, Vol.32,No 3, pp. 70-81, 1994.
- [6] D. Lam, D.C. Cox, and J. Widom, "Teletraffic Modeling for Personal Communications Services." IEEE Communications, 35(2):79-87, February 1997.
- [7] COMNET III 2.1.2 Manual Reference.CACI,2002