

Erlang식의 전화 트래픽에서 최적의 회선수 결정

정 연 진

고려대학교 컴퓨터과학기술대학원 정보통신학과

yeun11@daum.net

Determination of the Optimal Number of Trunks in Telephony Traffic based on Erlang Formular

Yeun-Jin Jeong

Dept. of Information and Communication, Graduate School of Computer Science and Technology, Korea University

요 약

콜 센터에서 CTI(Computer Telephony Integration)서버를 통해 호(Call)를 제어할 때, 무한 입선 대기식 모델에서는 과잉호에 대한 지연확률이 발생한다. 이 지연 확률이 콜 센터에서 기준으로 삼은 시간 이후에는 호의 손실로 판단하게 되므로 호 접속 실패율을 최소화 하기 위한 노력이 필요하다. 본 논문에서는 AVAYA의 트래픽 계산기를 이용한 모의 실험을 통해 시간당 호 량과 대기시간 변화에 따른 호접속 실패를 최소화 하기 위한 trunk 수와 인원수에 대해 제시하였다.

1. 서론

1970년대에 형성된 초기 개념의 CTI기술의 목적은 디지털 PBX(Private Branch eXchange)를 원격에서 제어할 수 있는 메인 프레임 컴퓨터를 개발하기 위하여 태동되었다. 이후 1990년대에 들어와서는 PC기술이 CTI기술과 통합되면서 여러 가지 CTI 표준이 만들어졌다[1].

최근의 CTI는 발달된 인터넷에 연결된 컴퓨터의 지능을 이용하여 전화 통화를 제어하는 목적으로 개발되고 있다. CTI기술 개념의 큰 흐름은 초기에는 전화망의 핵심인 교환기를 원격 제어하기 위한 교환기 운영자를 위한 기능 중심이었으나 현재는 PC가 개인에게 보급되고 또 이들이 인터넷으로 모두 결합되어 운영되는 상태에서 고객 개인이 직접 자기 PC에서 전화망이 제공하는 지능을 제어하고 활용할 수 있게 해주는 형태로 변화되었다[2].

CTI 기능은 호 제어, 미디어 처리 및 고객 데이터 관리 영역의 3가지로 나누어진다[2].

첫번째로 호 제어 기능이 하는 일은 다이얼링 기능을 수행하여 호를 설정하거나 해제하는 서비스와 자동으로 호를 전환해주는 라우팅 관련 서비스 및 톤을 인식하고 또 발생시키는 일과 같은 인 밴드 시그널링 인식 및 처리 기능이 있다. 두번째로 미디어 처리 기능이 하는 일은 음성이나 팩스의 기록, 응답 및 전송 기능과 문서의 음성 변환, 음성 인식 및 호의 모니터링 및 과금이 있다. 마지막으로 개인 정보 관리 기능이 하는 일은 통화 요청자와 피요청자의 확인 정보에 대응하는 개인 정보 데이터베이스의 처리 기능을 활용하여 전화 고객을 관리하는 일이다.

본 논문에서는 모의실험을 통하여 평균 호 점유시간, 시간당 호량, 목표관리시간 및 목표관리시간 이내 응답 확률의 조건을 사용하여 결과값을 구하여 대기식 모델을 사용하는 콜센터의 최적의 trunk 회선 및 인원수를 구하는데 목적을 두었다.

2. 최적의 회선수에 관한 연구

전화 트래픽 계산에는 보통 BHT(Busy Hour Traffic)이라는 하루 중 가장 많은 호량을 기준으로 한다[3].

$$BHT = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda h = a \text{ [Erlang]} \quad (2-1)$$

λ = call arrival rate (시간당 호량)

$h = \frac{1}{\mu}$ = averager holding time (평균 회선 점유시간)

트래픽 모델에는 무한 입선, 즉 무한대의 호가 발생하는 것과 서비스 채널의 수는 한계가 있다는 것을 가정한다[4]. 또한 각 호들은 서로간에 독립적으로 랜덤하게 발생하고, 단위 시간당 평균 호량은 일정하며, 입력되는 호는 Poisson 분포를 따르고, 항상 먼저 도착한 호를 우선으로 처리함을 가정한다. 시간당 호가 인입되더라도 순차적으로 균등한 시간에 입력되는 것이 아니라, 일정하지 않은 시간 간격으로 호 들이 입력된다. 따라서 호 도착 확률은 Poisson process를 따른다. 이산확률분포중에서 이항분포 다음으로 현실문제에 대한 응용도가 높으며, 단위시간, 단위구간 또는 단위면적에서 발생하는 사건발생 수의 분석에 주로 활용된다[5].

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} \quad (2-2)$$

i : 시간 내에 i 개의 호가 발생할 확률

시간당 호량을 900이라 하면, 호 도착시간을 초로 환산한다면 $900/3600=0.25$, 즉 4초당 1개의 호가 도착함을 나타내며, 1분에 15호가 입력되므로 λ 를 15로 하면 1분 동안 i 개 이하의 호가 입력될 확률을 나타낸다. 식 (2-2)에는 세가지 조건이 만족해야 한다. 첫째, 단위시간은 무수히 많은 소구간으로 쪼개어질 수 있으며, 여기서 소구간이란 2개 또는 그 이상의 사건이 발생할 확률이 거의 0에 가까운 정도로 짧은 구간을 의미한다. 예를 들어, 1시간 동안 도착호에 관하여 3,600개의 소구간으로

조개어 질 수 있다. 그리고, 1초내에 호가 2개이상 도착할 확률은 거의 0에 가깝다고 할 수 있다. 둘째, 각각의 단위시간은 독립적이다. 즉, 한 단위시간에서 발생하는 도착호량은 다른 단위시간에서 발생하는 도착호량에 영향을 미치지 않는다. 셋째, 각 소구간에서 1개의 도착호 발생 확률은 그 구간의 길이에 비례하며 전구간을 통하여 일정하다.

3. 무한입선의 대기식 모델

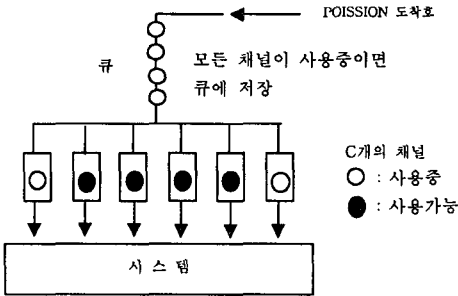


그림 1. 무한입선의 대기식 모델

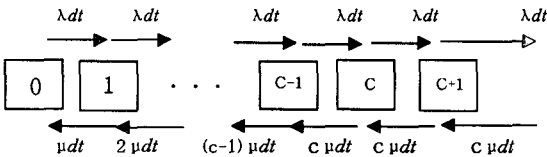


그림 2. 무한입선의 대기식에 대한 상태 천이도

표 1. 무한입선을 갖는 대기식 큐에서의 상태천이

| 시스템내 가입자수 i | 가입자수 i | | dt시간내의 사건 | 천이 확률 |
|-------------|--------|-----|-----------|---------------------------------------|
| | 시간t+dt | 시간t | | |
| C+q | C+q-1 | C+q | 하나의 호 도착 | $\lambda dt P_{C+q-1}(t)$ |
| | C+q | C+q | 호 도착/종료없음 | $[1 - (\lambda + C\mu)dt] P_{C+q}(t)$ |
| | C+q+1 | C+q | 하나의 호 종료 | $C\mu dt P_{C+q+1}(t)$ |
| C+Q | C+Q-1 | C+Q | 하나의 호 도착 | $\lambda dt P_{C+Q-1}(t)$ |
| | C+Q | C+Q | 호의 종료 없음 | $(1 - C\mu dt) P_{C+Q}(t)$ |

시스템 회선 수의 결정 모델 중 무한입선의 대기식 모델은 모든 회선이 사용중인 경우 전화를 하면 대기열에 위치하여 안내말을 듣게 된다[4]. 즉, 안내문이 나오며 호를 대기시키고 있다가 사용가능한 회선이 발생하면 호를 전환하는 경우이다. C 개 이상의 과잉호는 큐에 대기하게 된다. 그러므로, 큐의 상태도 고려해서 트래픽을 분석해야 한다. 시스템 채널수가 C개일 때, 도착한 호가 i개이면 $0 \leq i \leq C-1$ 인 경우에는 식 $P_i = \frac{a^i}{i!} P_0$ 을 사용한다. $C \leq i$ 인 경우에는 무한입선의 대기식을 적용하게 된다. 큐의 크기를 Q로 하여 대기중인 호의 수를 q로 할 때, 큐에 q개의 호가 대기하고 있을 확률은 다음과

같다.

$$P_i = \frac{a^i P_0}{i!}, (0 \leq i \leq c)$$

$$P_i = \frac{a^i P_0}{c! c^{i-c}}, (c \leq i \leq c+Q) \tag{2-3}$$

일반적인 대기이론에서 식 (2-3)을 제 2의 Erlang 분포 (Second Erlang distribution)라 하며, 전화 트래픽에서는 ErlangC 분포 (Erlang C distribution)라 한다[6]. 큐의 길이에 제한이 없다고 가정하고, 모든 채널이 사용중이면 도착된 호마다 대기하여야 하므로 지연확률(delay probability)은 $P(i \geq C)$ 로 주어진다. 따라서 지연확률 P_D 는

$$P_D = \frac{c a^c}{c!(c-a)} \left/ \sum_{i=0}^{c-1} \frac{a^i}{i!} + \frac{c a^c}{c!(c-a)} \right. \tag{2-4}$$

식 (2-4)을 전화트래픽에서는 ErlangC식(Erlang C formular) 또는 Erlang 대기식이라고 한다[7].

콜센터의 목표인 되도록 많은 호에 응답을 할 수 있는 조건에는 대기식 모델이 더욱 적합하다. 똑같은 a와 C값을 갖는 경우에 호손율이 손실식 모델이 더 크다. 그러나, 실제 대기식 모델의 회선 수는 C+Q이므로 항상 같은 호손율에서는 대기식 모델의 회선수가 손실식 모델의 회선 수보다 많다. 그러므로, 대기식 모델을 선정하는 경우에는 목표관리 시간이 필요한데, 이는 호손율이 지연 확률과 일치하기 때문이며 목표관리 시간 이후의 지연확률을 호손율로 볼 수 있다.

4. 모의 실험 및 결과분석

BHT는 식 (2-1)로 시간당 호량과 평균 회선 점유 시간으로 구하므로 모의실험 범위를 25 ~ 250 [Erlang]로 한다. 범위를 결정하기 위하여 평균 회선 점유시간 = 평균통화시간 + 통화 후 작업시간으로 정한다. 평균 통화시간을 140초로 통화 후 작업시간을 40초로 설정하면 평균 회선 점유 시간은 180초라는 상수이므로, 250[Erlang]의 값은 $\frac{250 \times 3600}{180} = 5000$, 즉 시간당 호량이 5000이 된다. 해당 범위의 Erlang 값과 시간당 호량 값의 관계는 표 2와 같다. 호손율은 보통 0.1% ~ 1%사이에서 결정되어 지는데, 이는 1000번 중 990에서 999정도의 응답확률을 가진다고 볼 수 있다. 따라서 호손율을 0.1%, 0.5%, 1%에 대하여 실시하였다.

대기 모델의 실험값을 얻기 위하여 식(2-4)와 변수 범위는 표2의 범위로 하여 AVAYA의 트래픽 계산기를 사용하였으며 이 trunk 회선 수는 손실식에서의 trunk 수 보다는 항상 크거나 같은데 이는 대기열에 위치하고 있는 호를 유지하기 위하여 그만큼의 trunk회선을 더 확보해야 하기 때문이다.

표 2. Erlang 값과 시간당 호량 값 비교

| Erlang | 시간당 호량 |
|--------|--------|
| 25 | 500 |
| 50 | 1000 |
| 75 | 1500 |
| 100 | 2000 |
| 125 | 2500 |
| 150 | 3000 |
| 175 | 3500 |
| 200 | 4000 |
| 225 | 4500 |
| 250 | 5000 |

4.1 trunk 회선 수 결정

호손율에 대한 각각의 trunk 수를 구한 값을 표 3에 표시하였다. 호손율 값이 작다는 것은 호 응답율이 좋다는 것을 의미하고 이는 trunk 회선수가 더욱 많이 필요하다는 의미이다.

표 3. 대기식 모델에서 호손율에 따른 trunk 수

| Erlang | 0.001 | 0.005 | 0.1 |
|--------|----------|----------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 44(+3) | 40(+2) | 38(+2) |
| 50 | 78(+7) | 73(+7) | 70(+6) |
| 75 | 112(+12) | 105(+11) | 102(+11) |
| 100 | 145(+17) | 137(+16) | 133(+16) |
| 125 | 177(+21) | 169(+21) | 164(+20) |
| 150 | 210(+27) | 200(+26) | 195(+25) |
| 175 | 242(+31) | 231(+30) | 226(+30) |
| 200 | 275(+37) | 263(+36) | 257(+36) |
| 225 | 307(+42) | 295(+42) | 288(+41) |
| 250 | 340(+49) | 327(+48) | 320(+47) |

호량이 1000인 경우 호손율에 따라 각각 10, 5 또는 1개의 호를 손실하는 것에 대한 값 중 호가 45초 이내 응답확률을 90%로 하는 조건에 만족하는 값을 구한 것이다. 25[Erlang]값은 각각 호손율이 1%이면 38회선, 0.5%일 때 40회선, 그리고 0.1%일 때 44회선이다.

표 3의 괄호 안의 숫자는 손실식 모델 대비 대기식 모델의 trunk회선 수의 증가 분이다. 이는 Erlang값이 커질수록 더욱 많은 trunk회선 수의 차이가 존재함을 나타낸다.

4.2 인원수 결정

그림 3은 시간당 호량이 500이고, 목표관리 시간의 변화에 대하여 측정하였다. 평균 회선 점유시간 180초, 응답확률 90%로 설정했을 때 그림이다.

평균 회선 점유 시간을 180초로 지정하였으므로 그 이상의 시간에 대해서는 의미를 두기 어렵다. 그러므로 시간으로 부터의 수치가 180, 90, 60, 45 등의 순으로 줄어들고 있음을 보여준다. 통화가 연결되지 않고 기다리다가 전화를 끊는 시간을 30~45초 사이로 보고 있으므로 이 값에 근접해서 인원을 배치하면 된다.

대기시간

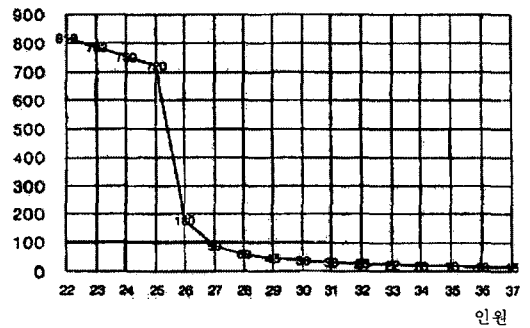


그림 3. 시간당 호량에 따른 목표관리 시간($\lambda = 500$)

5. 결론 및 향후 연구방향

손실식과 대기식 모델의 trunk 수를 비교하면, 그 회선에서 차이가 생긴다. 이는 대기 개념이 포함되는 방식으로 구하는 것이 좀 더 호를 놓치지 않을 확률을 높일 수 있으므로, 대기식 모델의 trunk 회선 수를 inbound 콜센터 시스템에 설치하는 것이 trunk 최적 배치를 유도할 수 있다.

상담인원의 결정에는 평균회선 점유시간을 180초, 목표관리 시간내 응답율을 90%로 하는 조건의 경우, 전화를 건 사람의 끊어버릴 만한 대기 시간이 30~45초 사이에서 결정되므로, 이 값에 근접해서 상담인원을 결정한다.

상담인원이 지속적으로 늘어나도 단축되는 시간은 지수함수 그래프 모양의 감소 형태를 가지므로, 굳이 목표 대기 시간을 30~45초 이하의 시간으로 설정할 경우에는 인원에 대한 지출 비용만을 증가 시킨다.

따라서 상담인원을 무한정 늘이는 것만이 효율적은 아니다. 목표관리 시간을 30~45초 사이에 해당되는 인원의 수치 중 최소값을 취하는 것이 비용대비 매출을 고려할 때 가장 효율적이다. 또한 앞으로는 음성기반의 CTI만이 아닌, VoIP를 기반으로 하는 회선설정에 대한 연구과제가 남아있다.

6. 참고 문헌

- [1] K Asatari, "Standardization on Multimedia Communications: Computer-Telephony-Integration-Related Issues," IEEE Commun. Mag., vol. 36, no.7, 1998, pp. 105-109.
- [2] S-L Chu, Y-B. Lin, "Computer Telephony Integration and Its Application," <http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/public/1q00issue>
- [3] 구홍표 외, "Computer Telephony(컴퓨터 통합형 전화 서비스)", 구민사, 2000
- [4] 김덕환 외, "디지털 전자교환 시스템", 문운당, 2002
- [5] 박명섭 외, "통계학개론", 홍문사, 제3판, 2000
- [6] 김승환 외, "디지털 전자교환기공학", 북두출판사, 2000
- [7] R. M. Feldman, "Applied Probability & Stochastic Process", PWS Publishing Company, 1995