

전자교환기 품질관리를 위한 발생 호수와 재시도 호수 추정

차경천¹ · 전덕빈^{*2}

¹Forbizone Inc. / ²한국과학기술원 테크노경영대학원

Attempt and Retry Estimation for the Quality-Control of Electronic Switching System

Kyoung Cheon Cha¹ · Duk Bin Jun²

¹Forbizone Inc., Seoul, 130-722

²Graduate School of Management, KAIST, Seoul, 130-722

The call-attempt behavior in a telecommunications service is influenced by the launch of new services and the choice of subscribers. On Feb 28, 2005, there was a disastrous shut-down of major local electronic switching systems (ESS) due to an abrupt increase of call-attempts. This incident turned out to be a strong proof that appropriate forecasting attempts are necessary not only for the capacity planning of network but also for the quality control of ESS. In this paper, forecasting models are first developed to estimate the daily ESS call-attempts and user retrial rates and then meaningful interpretations of results will follow. Finally future research topics will be presented.

Keywords: call-attempt, retry, ESS(Electronic switching system), quality control

1. 서론

통화의 원활한 소통 및 서비스 품질에 관련된 문제는 통신사업자와 가입자 사이에 많은 논란과 연구의 대상이었다. 일반적으로 가입자는 높은 수준의 서비스를 원하지만 이를 만족시키기 위해서 통신사업자는 막대한 투자를 해야 한다. 과도한 투자로 인한 요금의 인상은 가입자에게 효용 대비 비용의 증가를 가져오므로 적정 규모의 투자와 적정 수준의 서비스 품질을 유지할 수 있는 통화량 관리가 필요하다.

통신서비스의 품질척도에 대해서는 다양한 의견이 존재한다(KT, 1984; Malec *et al.*, 1993; Seitz *et al.*, 1994). 통신서비스 품질관리를 위해 분석되는 자료는 분석 목적에 따라 다양하다. 예를 들면 최번시 통화 발생 호수, 통화 소통률, 통화 완료율 등이다. 최근 이동전화서비스의 확산으로 가입자의 PSTN 통화량은 이동전화로 대체되고 있는 실정이다. 이를 극복하기 위해

PSTN 사업자들은 지능망 등 다양한 부가서비스를 개발하여 고객들에게 적극적인 편의와 효용을 제공하고 있다. 이와 같이 통신서비스의 통화사용량은 사업자의 서비스 제공과 소비자의 선택에 따라 변화한다는 것을 경험하게 된다(Ben-Akiva and Gershenfeld, 1998).

통화량 변동은 크게 두 가지로 구분하여 볼 수 있다. 첫째는 장기추세이고, 둘째는 단기변동이다. 장기추세는 새로운 서비스의 등장과 대체 서비스의 출현 등으로 발생하는 장기적인 통화량의 증감이다. 최근의 PSTN 통화량은 장기적으로 감소하는 것으로 판단된다. 이러한 장기추세의 변화는 교환시설 투자를 위한 중요한 의사결정 정보로 활용될 수 있다. 단기변동은 반복적이거나, 한시적인 요인에 의한 통화량의 변화이다. 요일별 특성, 카드 결제일의 효과, 월말 효과, 점심시간의 일시적 통화량 감소 등이 이에 해당된다. 또한 사용자의 전화 사용 행태에 의한 단기변동이 발생할 수 있다. 이러한 통화량의 단

*연락처 : 전덕빈 교수, 130-722 서울시 동대문구 청량리2동 207-43 한국과학기술원 테크노경영대학원, Fax : 02) 958-3604,

Email : dbjun@kgsm.kaist.ac.kr

2005년 5월 17일 접수, 1회 수정 후 2005년 6월 14일 게재 확정.

기변동을 파악하는 것은 전화교환기 운용과 망관리의 품질확보를 위해 매우 중요하다. 따라서 이러한 통화량 구조변화 요인의 효과를 미리 예측하여 대비하는 것은 장기적인 목적뿐만 아니라, 단기적인 망운용을 위해서도 매우 중요하다.

통화량이 집중될 때 자신의 통화가 완료되지 않을 경우, 일반적으로 가입자들은 통화가 집중되는 시간을 피하기보다는 곧바로 재시도하는 행태를 보인다. 재시도는 집중된 통화량을 기하급수적으로 증가시키는, 즉 단기적으로 통화량을 증가시키는 요인이다. 이는 가입자가 통화를 시도할 때는 전화망의 상태에 관계없이 통화완료 여부에만 관심을 갖기 때문이다. 통화시도의 단계에서 통화가 되지 않으면 통화의 시급성에 비례하여 계속 재시도를 하게 되고, 이러한 재시도는 통화량을 증가시켜 실제적으로 전화망의 서비스 수준을 감소시킨다.

지금까지의 통화량에 대한 연구는 주로 대기모형과 모의실험을 통하여 이루어졌고(Frost *et al.*, 1994; Olabe, 1997; Schroeder, 1999; Greinder *et al.*, 1999), 기존 연구에서는 통화량의 변동을 계량적으로 분석 또는 예측하지 않았다. 기존 연구는 대부분 국가 전체 통화량과 같은 총합된(aggreated) 자료만을 분석의 대상으로 삼았다(Lago, 1970; Yatrakis, 1972; Craver, 1976; Rea and Lage, 1978; Craver and Neckowitz, 1980; Schultz and Triantis, 1982; Kunisawa *et al.*, 1986; Beweley and Fiebig, 1988). 또한 이들 연구들은 분석대상 데이터로 분기별 또는 월별 통화량 자료를 사용하였다. 통신망의 원활한 운용을 위해서는 즉각적인 통화량 증감을 알 수 있는 일별 또는 시간대별, 예를 들면 5분 간격 정도의 통화량 데이터를 사용하여야 한다. 그 이유는 전화교환기의 과부하로 인한 전자교환기의 마비/장애(system shut-down)는 10~20분 사이에 발생 가능하기 때문이다. 최근 통신서비스 사업자로부터 통신망 설계와 운용을 위해 특정 요인에 의한 통화량 증감효과를 계량적으로 분석하고자 하는 요구가 발생하고 있다.

본 논문에서는 전자교환기의 발생 호수 모형을 개발하고, 재시도 호수를 추정하고자 한다. 2장에서는 전자교환기 일별 총 발생 호수 모형을 개발하고, 하루 내 5분간 통화량 모형과 재시도 호수 추정방법을 개발한다. 3장에서는 개발된 모형을 국내 특정지역 시내 전자교환기 발생 호수 데이터에 적용하여 본다. 마지막으로 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

2. 발생 호수 모형과 재시도 추정

지난 2005년 2월 28일 국내 전자교환기 통화량 폭주로 인한 장애가 발생함에 따라 통화량 예측을 통한 교환기 품질관리의 중요성이 대두되었다. 이는 교환시설 확충 등의 장기적인 목적이 외에도 단기적인 교환기 장애극복을 위해 매우 중요한 문제로 인식되고 있다. 본 장에서는 일별 총 발생 호수 모형을 개발하고자 한다. 또한 전자교환기 품질관리 및 운용을 위해 중요한 하루 내 5분간 발생 호수와 재시도 호수를 추정하고자 한다.

2.1 일별 총 발생 호수 모형

일별 총 발생 호수는 장기추세와 일별 특성인 단기변동에 의해 설명될 수 있다. 전자교환기에서 예상할 수 있는 장기추세는 이동전화의 보급 또는 새로운 신규 대체 서비스의 등장으로 인한 통화량의 증감일 것이다. 장기추세를 제외한 통화량 변동 요인은 단기적으로 발생하는 일별 특성에 의한 것이다. 이는 교환기 운용과 장애발생에 직접적인 영향을 미칠 것이다.

요인별 통화량 변동효과를 분석하고, 예측하여 사전적으로 대비하기 위해서는 일별 특성이 같은 날을 분류하는 데이터베이스의 작성이 필요하다. 과거에 경험한 통화량 증감에 대한 특성이 같은 날과 그때의 일별 총 통화량 및 하루 중 시간대별 통화량의 분포를 함께 저장해야 한다. 데이터베이스 작성은 일별 총 발생 호수 모형에서 통화량 증감에 대한 가설검증을 한 다음 이루어져야 한다. 하루 중 시간대별 통화량은 시스템에서 가능한 시간대와, DB 저장에 용이한 데이터에 따라 5분 간격 데이터, 1시간별 데이터, 최번시 통화량 등 다양하다. 교환기 운용과 장애 대비를 위해서는 5분간 데이터가 적절하다고 판단되나, 저장해야 할 데이터의 양이 방대하여 현실적으로는 어려움이 따른다. 따라서 최번시(peak time) 또는 특정 시간대의 데이터만 저장하는 등의 선택과 집중관리가 필요하다.

단기적으로 통화량에 영향을 미치는 요인은 크게 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 첫 번째는 주기적으로 발생하여 예측 가능한 규칙적인 변동이다. 이는 요일 특성, 월말, 카드 결제일 등과 같이 반복되며 주기적인 요인이다. 두 번째는 예측 불가능한 이벤트와 같은 요인이다. 라디오나 TV에서의 전화 퀴즈 프로그램 등과 같은 이벤트가 이에 해당된다.

과거 일별 총 발생 호수(통화시도 건수)를 이러한 요인을 더미(dummy) 변수로 도출한 다음 간단한 회귀분석으로부터 예측 가능한 규칙적 발생 호수 변동효과를 추정해 볼 수 있다. 식 (1)과 (2)는 요인변수 설명과 분석모형의 예이다.

$s_t \equiv t$ 일의 통화시도 수

$Dum_t^{sun} \equiv$ 일요일은 "1", 그외는 "0"인 더미변수

$Dum_t^{holiday} \equiv$ 공휴일은 "1", 그외는 "0"인 더미변수

$Dum_t^{sat} \equiv$ 토요일은 "1", 그외는 "0"인 더미변수

$Dum_t^{Mon} \equiv$ 월요일은 "1", 그외는 "0"인 더미변수

$Dum_t^{Card-approv} \equiv$ 카드결제일은 "1", 그외는 "0"인 더미변수

$Dum_t^{before-holiday} \equiv$ 공휴일 전날은 "1", 그외는 "0"인 더미변수 (1)

$Dum_t^{after-holiday} \equiv$ 공휴일 다음날은 "1", 그외는 "0"인 더미변수

$$s_t = \alpha + \beta_1 \cdot (Dum_t^{sun} + Dum_t^{holiday}) + \beta_2 \cdot Dum_t^{sat} + \beta_3 \cdot Dum_t^{Mon} + \beta_4 \cdot Dum_t^{Card-approv} + \beta_5 \cdot (Dum_t^{before-holiday} + Dum_t^{after-holiday}) \quad (2)$$

식 (2)는 일요일과 공휴일 효과가 같다고 모형에서 가정한 것이다. 마찬가지로 공휴일 전 날과 다음 날의 효과도 같다고 가정한 것이다.

2.2 하루 내 5분간 발생 호수 모형과 재시도 호수 추정

전자교환기의 품질관리를 위해 하루 내 발생 호수의 변동을 관찰하는 것은 매우 중요하다. 다음의 그림은 요일별 특성에 따라 발생 호수의 크기와 하루 중 분포가 다름을 보여준다. <그림 1>의 (a)는 토요일, (b)는 일요일, (c)는 월요일 그리고 (d)는 화요일의 발생 호수 변동이다. 각 그림은 일주일 전 같은 요일의 발생 호수를 함께 보여주고 있다. 그림으로부터 두 발생 호수의 패턴이 매우 유사한 것을 확인할 수 있다. 발생 호수의 분포는 크게 주중 평일(월요일부터 금요일)과 토요일, 그리고 공휴일을 포함한 일요일의 3가지로 구분할 수 있다. 주중 평일의 발생 호수는 쌍봉우리 분포(bimodal distribution)형태를 뚜렷이 보인다. 이는 점심시간(오전 12시 ~ 오후 1시)으로 인한 발생 호수의 일시적 감소로 판단할 수 있다. 또한 그림의 오른쪽 축은 해당 시간대의 발생 호수 중 완료되지 않은 호의 비율을 그린 것이다. 발생 호수 중에서 상대방과 통화가 이루어진 경우에만 완료된 호로 기록된다. 완료되지 않는 이유는 여러 가지가 존재하겠지만, 대부분 수신자가 부재중이어서 받지 않거나, 통화중 또는 교환기에서 통화량 증가로 발생 호를 처리하지 못해서 발생한다. 따라서 불완료율은 [(발생 호수 - 완료 호수)/발생 호수]로 계산된다.

이러한 하루 내 발생 호수 변동의 모형화를 위해 앞 절에서 작성을 제안한 특성이 동일한 날을 저장한 데이터베이스를 활용하여 특성 동일일을 먼저 도출한다. 하루 내 통화량 모형개발을 위해 다음과 같은 가정이 필요하다.

가정: 표준화(standardized)된 일별 5분간 발생 호수는 해당 일과 특성이 같은 과거의 특정일에 비례한다.

가정을 이용하여 데이터베이스에서 요일 특성이 동일한 과거 특정일을 추출한다면, 하루 내 발생 호수 변동의 모형화가 가능하다. 식 (3)은 모형화를 위한 변수의 정의이다.

- $z_{d,t}$: d날의 t시점의 실제 통화 시도수
 - $s_{d,t}$: d날의 t시점의 통화 시도수
 - $r_{d,t}$: d날의 t시점의 통화 재시도수 ($\therefore s_{d,t} = z_{d,t} - r_{d,t}$)
 - $c_{d,t}$: d날의 t시점의 통화 완료수
 - $s_{d,t} - c_{d,t}$: d날의 t시점의 통화 불완료수
 - μ_d : d날의 평균 통화 시도수
 - σ_d : d날의 통화 시도수의 표준편차
- (3)

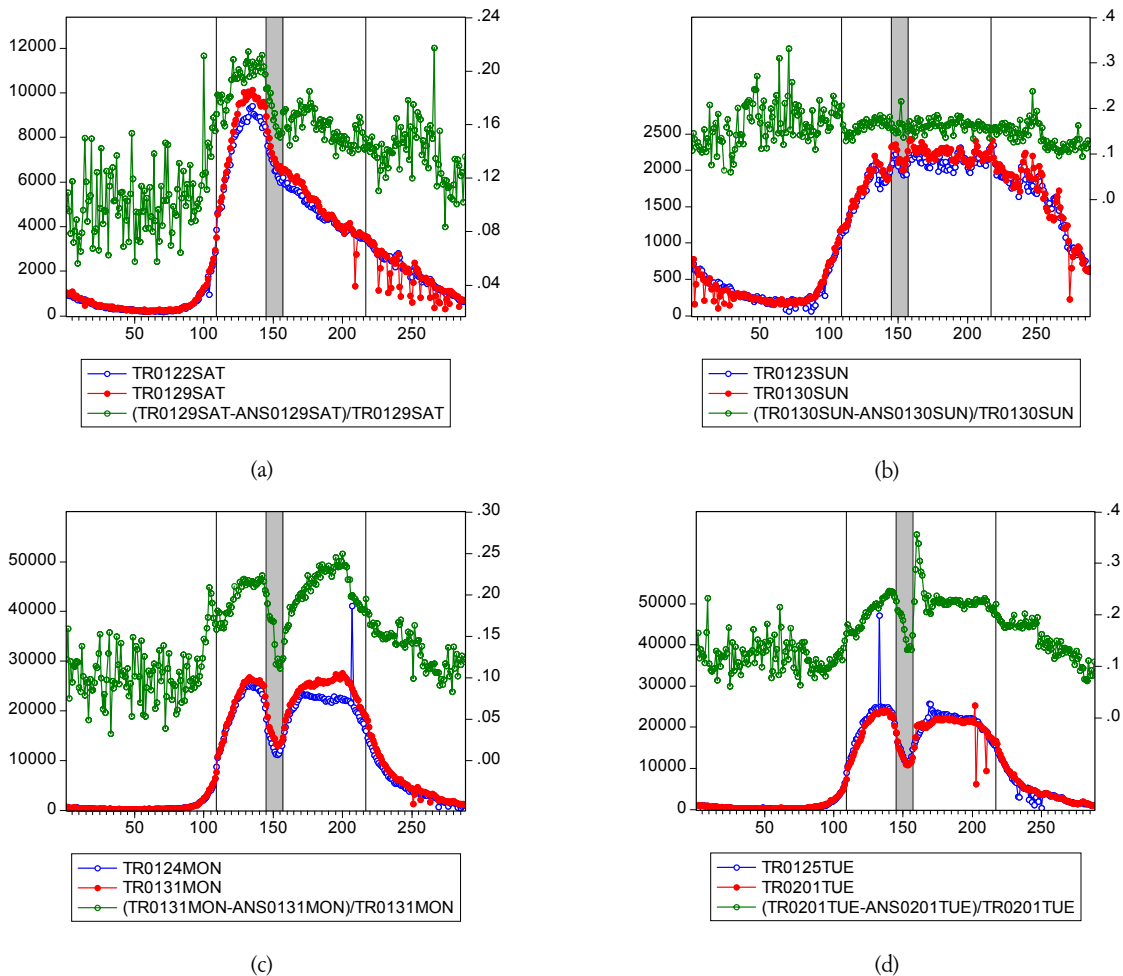


그림 1. 하루 내 발생 호수의 변동유형.

전자교환기에서 관찰할 수 있는 발생 호수 데이터는 $s_{d,t}$ 와 $c_{d,t}$ 이다. 즉 $z_{d,t}$ 와 $r_{d,t}$ 는 관찰 불가능한 데이터이다. 정의된 변수를 이용하여 특성이 동일한 날의 발생 호수를 표준화하여 비교하면 식 (4)와 같은 모형을 개발할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{z_{d,t} - \mu_d}{\sigma_d} &= \rho \frac{z_{d^*,t} - \mu_{d^*}}{\sigma_{d^*}} \\ z_{d,t} &= \mu_d + \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} (z_{d^*,t} - \mu_{d^*}) \\ z_{d,t} &= \mu_d - \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} \mu_{d^*} + \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} z_{d^*,t} \end{aligned} \quad (4)$$

$d^* < d$

d^* 는 이미 구성된 데이터베이스에서 추출한 해당 일과 특성이 동일한 과거의 특정일이다. 통신 서비스 가입자가 발생한 통화시도가 모두 통화 완료된다면 이때의 재시도 호수는 “0”이 될 것이다. 그러나 현실적으로 통화중 또는 수신자 부재 등의 이유로 재시도가 존재하기 때문에, 관찰 가능한 통화 발생 호수에는 실제 통화시도 호수에 재시도 호수가 포함되었다고 판단할 수 있다. $z_{d,t}$ 는 관찰 불가능하고, $s_{d,t}$, $z_{d,t}$ 와 $r_{d,t}$ 는 ($s_{d,t} = z_{d,t} + r_{d,t}$)의 관계가 있으므로 식 (5)와 같이 정리할 수 있다.

$$s_{d,t} = r_{d,t} + \mu_d - \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} \mu_{d^*} + \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} (s_{d^*,t} - r_{d^*,t}) \quad (5)$$

$r_{d,t}$ 는 관찰 불가능하므로 모형추정을 위해 재시도 수를 추정하여야 한다. 전화 사용자는 일반적으로 통화가 완료되지 않았을 경우, 다시 재시도하거나 다음에 통화할 때까지 기다린다. 따라서 재시도 호수는 전기 ($t-1$)에 통화가 완료되지 않은 호수에 대해서만 발생하고, 전기에 완료되지 않은 호수에 비례한다고 가정할 수 있다(즉, $r_{d,t} = \beta_2 \cdot (s_{d,t-1} - c_{d,t-1})$). 이러한 가정에 식 (5)는 식 (6)과 같이 정리될 수 있다. β_1 , β_2 그리고 β_3 는 추정해야 할 파라미터이다.

$$\begin{aligned} s_{d,t} &= \beta_2 \cdot (s_{d,t-1} - c_{d,t-1}) + \beta_1 + \beta_3 \cdot [s_{d^*,t} - \beta_2 \cdot (s_{d^*,t-1} - c_{d^*,t-1})] \\ \beta_1 &= \mu_d - \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} \mu_{d^*}; \quad \beta_3 = \rho \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_{d^*}} \end{aligned} \quad (6)$$

추정할 파라미터 β_2 는 전기에 불완료된 통화시도 수에 대한 재시도 비율을 표현하고 있다. 따라서 $\beta_2 \cdot (s_{d,t-1} - c_{d,t-1})$ 는 모형으로부터 추정된 재시도 호수이다.

3. 모형응용

분석에 사용된 통화량 데이터는 국내 특정지역 시내 전자교환기의 발생 호수(통화시도 수)이다. 데이터는 2005년 1월 15일부터 2월 14일까지 총 31일 간 5분 간격 통화시도 수와 완료 호수

이다. 5분 간격 데이터를 일별로 모두 합하여 일별 총 발생 호수 데이터를 생성하였다. 다음 절은 앞장에서 개발한 총 발생 호수 모형과 하루 내 발생 호수 변동모형 추정과 재시도 호수의 추정 응용 예이다.

3.1 일별 총 발생 호수

일별 총 통화 발생 호수 모형을 식 (7)과 같이 개발하였다. 추정된 파라미터 아래 숫자들은 추정된 계수의 p-value이다. R^2 는 0.99이며 회귀분석의 표준오차는 104,877이었다. <그림 2>는 적합한 그래프이다. 추정된 식 (7)의 결과로부터 일요일과 공휴일의 효과는 동일하며, 이때의 통화 발생 호수는 평일에 비해 감소함을 알 수 있다. 또한 토요일은 일요일이나 공휴일보다 발생 호수의 감소가 작다. 카드 결제일의 경우 통화 발생 호수를 증가시키며, 월요일의 통화량 증가 효과가 유의하게 분석되었다. 특히 공휴일(일요일 제외) 전, 후 역시 통화량이 감소하는 것으로 분석되었다. 분석한 데이터 중에는 월요일이면서 카드 결제일인 경우가 있었다. 그러나 이들의 승산적(multipliative) 효과는 유의하지 않았다.

$$\begin{aligned} s_t &= 2174202.4 - 1845015.1 \cdot (Dum_t^{sun} + Dum_t^{holiday}) - 1302240.9 \cdot Dum_t^{sat} \\ &\quad + 387502.0 \cdot Dum_t^{Card-approv} + 274019.8 \cdot Dum_t^{Mon} \\ &\quad - 597372.8 \cdot (Dum_t^{before-holiday} + Dum_t^{after-holiday}) \end{aligned} \quad (7)$$

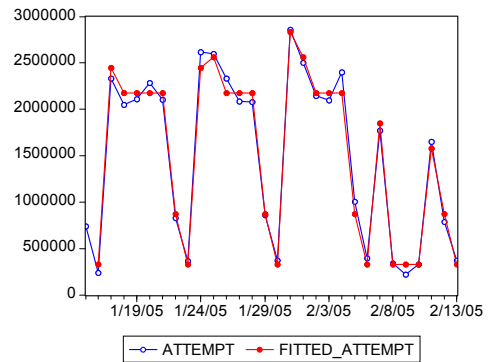


그림 2. 일별 총 통화 발생 호수의 적합 그래프.

본 분석은 한 달 간의 일별 발생 호수를 분석한 것으로, 장기 추세나 월말 효과를 추가적으로 분석할 수 없었다. 추후 장기 간 또는 여러 개월의 데이터가 확보될 경우에는 본 모형에서 고려한 요소 이외에 통화 발생 호수를 증감할 수 있는 요인들을 고려하여 그 유의성을 검증해야 할 것이다.

3.2 하루 내 5분 간 발생 호수 모형과 재시도 호수 추정

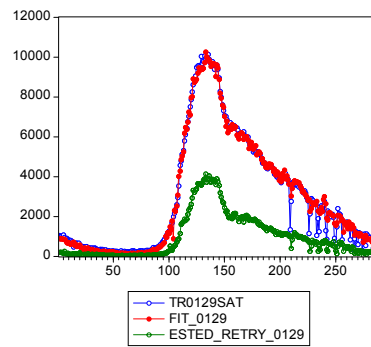
식 (6)의 모형을 비교대상인 동일한 특성을 지닌 과거 특정일 (d^*)의 일별 5분 간격 통화 발생 호수 데이터를 사용하여 추정

하였다. 분석에 사용한 동일 특성의 비교대상 일은 대부분 일주일 전이 선택되었으나, 분석기간 중 구정 연휴의 경우, 일요일이나 연휴 중 하루 또는 이틀 전을 분석에 사용하였다. 통계적으로 유의하지 않은 모수는 추정에서 제외하였다. 추정결과는 <표 1>과 같다. 추정된 파라미터는 모두 99% 통계적으로 유의하였다. 추정결과 β_3 의 경우 “1”에 가깝게 추정되어 비교대상 일과의 표준편차의 비가 대체로 비슷하였음을 알 수 있다. 상수인 β_1 은 통계적으로 유의하지 않은 이유로 추정에서 제외된 경우는 식 (6)에서 정의한 바와 같이 비교하는 두 날의 평균의 차가 통계적으로 없는 경우이다. 전기(5분 전)의 완료되지 않은 발생 호수에 대한 재시도 비율로 추정된 β_2 의 경우, “1”에 가깝게 추정된 경우는 완료되지 않은 발생 호수만큼 재시도 호수가 발생한 것으로 해석할 수 있으며, “1”보다 큰 경우는 완료되지 않은 수보다 더 많은 통화 발생 호수가 재시도로 인하여 발생하였다고 분석할 수 있다. 이는 대부분 평일에 발생하고 있어 업무상 중요한 통화일 경우, 완료되지 않은 통화시도는 재시도를 주말이나 공휴일보다 많이 한다고 판단할 수 있다.

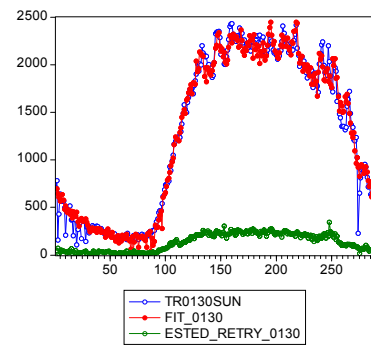
<그림 3>은 통화 발생 호수와 적합된 그래프 그리고 추정된 재시도 수를 그린 예이다. <그림 3>의 (a)는 토요일, (b)는 일요일, (c)는 월요일 그리고 (d)는 화요일의 예이다.

표 1. 하루 내 통화발생 호수 모형 추정결과

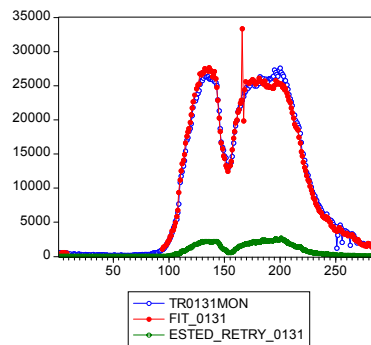
구분	β_1	β_2	β_3	R^2
0122(토)		0.849	1.009	0.99
0123(일)	55.35	1.041	0.941	0.96
0124(월)			1.101	0.97
0125(화)			1.221	0.98
0126(수)			1.094	0.96
0127(목)	324.04	0.439	0.866	0.90
0128(금)	766.46	1.139	0.841	0.84
0129(토)	-89.94	1.920	1.078	0.99
0130(일)	-33.09	0.658	1.056	0.98
0131(월)		0.390	1.212	0.99
0201(화)	500.27	0.434	0.900	0.96
0202(수)	438.84	1.007	0.835	0.89
0203(목)	693.31	4.193	0.134	0.98
0204(금)	711.57	0.333	1.020	0.92
0205(토)	201.28	1.663	1.149	0.98
0206(일)	37.58	0.617	1.059	0.97
0207(월)		2.631	0.734	0.98
0208(화)	379.49	2.186	0.090	0.87
0209(수)	116.95	3.136	0.334	0.93
0210(목)	42.46	2.080	0.805	0.93
0211(금)	107.65	3.084	0.680	0.99
0212(토)	55.45	1.049	0.734	0.99
0213(일)	24.41	1.215	0.889	0.98
0214(월)	167.91	2.978	1.024	0.99



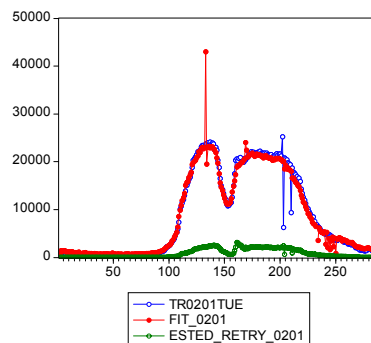
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. 하루 내 통화 발생 호수의 적합 그래프와 추정된 재시도 호수.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 전자교환기의 품질관리를 위해 중요한 발생 호수 모형을 개발하고, 재시도 호수를 추정하였다. 이를 위해 일별로 통화 발생 호수의 변동요인이 비슷한 날과 발생 호수를 저장하는 데이터베이스 작성을 제안하였다. 통화량 변동요인들을 도출하여 일별 총 발생 호수 모형을 개발하여 장기추세와 단기변동 요인들의 효과를 분석하였다. 또한 하루 내 5분 간격 데이터를 사용하여 관찰 불가능한 재시도 호수를 추정하였다.

향후 연구를 위해 최번시 통화량의 특성 등을 도출(이벤트 포함)하여 보다 다양한 통화량 변동 특성요인을 저장하는 데이터베이스의 작성이 필요할 것으로 사료된다. 또한 본 논문에서 분석에 사용한 한 달 데이터보다 더 긴 구간의 데이터를 확보하여 장기추세와 기타 단기 변동요인의 효과분석이 요구된다. 또한 전자교환기 통화량은 여러 교환기가 상호 통화량을 주고받는 관계이므로, 여러 교환기의 통화량 확보와 모형화가 향후 연구과제일 것이다. 모형개발 측면에서는 하루 내 통화량의 변동을 비모수적 방법의 활용을 검토할 필요가 있을 것이다. 또한 정교한 모형개발을 통해 사용자의 사용행태를 반영하는 모형개발이 필요하다.

참고문헌

Ben-Akiva, M. and Gershfeld, S. (1998), Multi-featured Products and Services: Analysing Pricing and Bundling Strategies, *Journal of Forecasting* 17, 175-196.

Beweley, R. and Fiebig, D. G. (1988), Estimation of Price Elasticities for An International Telephone Demand Model, *Journal of Industrial Economics* 36(4), 393-409.

Craver, R. F. (1976), An Estimate of the Price Elasticity of Demand for International Telecommunications, *Telecommunications Journal* 43, 671-675.

Craver, R. F. and Neckowitz, H. (1977), International Telecommunications: the Evolution of Demand Analysis, *Telecommunication Journal* 47, 217-223.

Frost, Victor S. and Benjamin Melamed (1994), Traffic Modeling for Telecommunications Networks, *IEEE Communications Magazine*, 70-81, March.

Greinder, M., Jobmann, M. and Kluppeelberg, C. (1999), Telecommunication traffic, queueing models, and subexponential distributions, *Queueing Systems* 33, 125-152.

Kunisawa, Kiyonori and Yasuichi Horibe (1986), Forecasting International Telecommunications Traffic by the Data Translation Method, *International Journal of Forecasting*, 2, 427-434.

Lago, A. M. (1970), Demand Forecasting Models of International Telecommunications and Their Policy Implications, *Journal of Industrial Economics* 19, 6-21.

Malec, Henry A. (1994), Telecommunications Quality-A TQM Viewpoint, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 12(2), 221-227.

Olabe, J. C. (1997), Modeling Video, Data, and Voice Traffic for Telecommunication Networks and its Impact in Simulation Studies, *Simulation series* 29(3), 127-131.

Rea, J. D. and Lage, G. M. (1978), Estimates of Demand Elasticities for International Telecommunications Services, *Journal of Industrial Economics* 26, 363-381.

Schroeder, J. (1999), Modeling Subscriber Traffic in Space-Based Telecommunications Systems, *Simulation series* 31(4), 193-198.

Schultz, W. R. and Triantis, J. E. (1982), An International Telephone Demand Study Using Pooled Estimation Techniques, *Proceedings on American Statistical Association, Business and Economic Statistics Section*, 537-542.

Seitz, Neal B. (1994), Stephen Wolf, Stephen Voran, and Randy Bloomfield, User-Oriented Measures of Telecommunication Quality, *IEEE Communications Magazine*, 56-66.

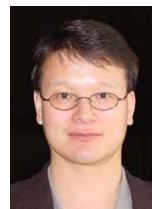
Traffic Management for Electronic Switching Systems, KT, 1984. 9.

Yatrakis, P. G. (1972), Determinants of the Demand for International Telecommunications, *Telecommunications Journal*, 39, 732-746.



차경천

한국과학기술원 경영공학 박사
현재: Forbizone Inc. 연구원
관심분야: 통신 트래픽, 통신서비스 수요
예측 및 전략



전덕빈

서울대학교 산업공학과 학사
University of California, Berkeley 박사
현재: 한국과학기술원 테크노경영대학원
교수
관심분야: 신상품 수요예측, 시계열분석