

# 이동통신망에서 대중교통을 위한 통합 그룹위치등록 방법 및 성능 평가

서재영 · 백장현<sup>\*</sup>

전북대학교 산업정보시스템공학과

## Integrated Group Location Tracking Scheme and Its Performance Evaluation for Public Transportation Systems in Mobile Communication Networks

Jae Young Seo · Jang Hyun Baek

Dept. of Industrial and Information Systems Engineering, Chonbuk National University

In this study, we propose an improved group location tracking scheme (GLS) called integrated GLS (IGLS) which, in addition to the group location registration of the GLS, sends an integrated group registration message to a virtual visitor location register (VCLR) instead of sending an individual group registration message. This integrated procedure of proposed scheme leads registration cost of group registration and group location registration to be reduced significantly. Numerical results demonstrate that our proposed IGLS outperforms conventional GLS and delayed GLS (dGLS). The IGLS can be applied effectively on public transportation systems such as subway, train and bus.

**Keyword:** mobile communication, location registration, group location tracking

### 1. 서론

위치등록(location registration)이란 이동국(MS, Mobile Station)의 위치가 변하는 경우 시스템의 데이터베이스(VLR/HLR, Visitor Location Register/Home Location Register)에 저장된 자신의 위치 정보를 갱신하는 일련의 과정을 말한다. 이러한 위치등록은 이동국으로 걸려오는 착신호의 원활한 연결을 위하여 이동통신망에서 필수적으로 제공해야하는 기능이다.

셀의 소형화 및 가입자의 이동성 증가로 인한 위치등록 및 페이징 트래픽의 증가를 효율적으로 관리하지 못하면 지속적으로 증가하는 이동통신 가입자에게 좋은 품질의 통신서비스

를 제공할 수 없다. 특히 3세대(3G) 이동통신시스템인 IMT-2000 및 이후 전개될 4세대 이동통신(4G)에서는 음성 트래픽보다는 고속의 멀티미디어 트래픽이 대부분을 차지할 것으로 예상되기 때문에 한정된 자원인 무선 채널을 효율적으로 관리하기 위한 무선자원관리에 대한 연구가 더욱 중요하다.

위치등록 및 페이징 트래픽을 줄이기 위한 효율적인 이동성 관리 기법에 대한 여러 가지 연구 결과가 발표되었다(Baek, 2005; Feng, 2007; Kim, 2008; Mao, 2006; Roy, 2007). 이러한 여러 가지 연구결과 중, 본 연구에서는 그룹위치등록(group location tracking)을 다루고자 한다. 그룹위치등록이란 다수의 이동국을 태운 대중 교통수단(TS, Transportation System)이 자신의 ID인

This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government(MOEHRD, Basic Research Promotion Fund) (KRF-2006-311-D00963).

<sup>\*</sup>연락처 : 백장현 교수, 561-756 전북 전주시 덕진동 1가 664-14 전북대학교 산업정보시스템공학과, Fax : 063-270-2333,

E-mail : jbaek@chonbuk.ac.kr

투고일(2009년 04월 05일), 심사일(1차 : 2009년 05월 13일), 게재확정일(2009년 05월 14일).

RID(Representative ID)를 이용하여 TS에 탑승중인 이동국의 위치등록을 한 번에 수행함으로써 위치등록 부하를 줄이고자 하는 방법이다(Mao, 2006).

도시화가 확산되고 인근 도시간의 교류가 활발해짐에 따라 시내버스, 지하철과 같은 도시의 근거리 이동에서 시외버스나 철도와 같은 장거리 이동까지 대중 교통수단도 함께 발달되었다. 그런데 대중 교통수단에 승하차하는 다수의 이동가입자(이동국)들에 대하여 기존의 IS-41을 이용하여 개별적으로 위치등록을 수행하게 하면, TS에 타고 있는 다수의 이동국들이 한꺼번에 위치등록을 수행하게 되어 과도한 위치등록 트래픽이 발생하게 된다.

이러한 대중교통 환경에서 위치등록 트래픽의 과도한 발생을 완화하여 효율적인 이동성 관리를 가능하게 하려는 노력들이 제시되어 왔다(Chung, 2003; Han, 2001; Yumiba, 2002). IS-41에서는 각각의 이동국이 개별적으로 위치등록 및 페이징 진행을 수행하는 반면, 그룹위치등록(GLS, Group Location tracking Scheme)에서는 다수의 이동국들을 대신하여 TS의 RID로 한 번에 위치등록을 수행하게 함으로써 위치등록 부하를 크게 감소시킬 수 있다(Han, 2001).

본 연구에서는, GLS의 그룹위치등록을 기본으로 제공하면서, TS내 다수 이동국들의 그룹등록 요청 메시지를 하나의 통합된 그룹등록 메시지로 VVLR에 전송한 후 VVLR에서는 통합된 그룹등록 메시지로서 개별 이동국의 위치정보를 분리하여 해당 HLR에 전송하는 방법을 채택함으로써 위치등록 부하를 최소화하고자 한다. 아울러 수리적 분석을 통하여 본 연구에서 제안하는 통합 그룹위치등록(IGLS, Integrated Group Location tracking Scheme)과 기존의 GLS 및 dGLS(delayed GLS)의 성능을 비교하고자 한다. 제안하는 방법이 기존의 방법들에 비하여 우수한 성능을 가짐을 보이고 또한 어떠한 운용 환경에서 최적의 성능을 나타내는지 파악하고자 한다.

서론에 이어 제 2장에서는 기존의 그룹위치등록 방법인 GLS와 dGLS를 비교하며 고찰하고 제 3장에서는 제안하는 IGLS의 세부절차를 기술한 후 제 4장에서는 성능 분석을 위한 수식을 전개한다. 제 5장에서는 다양한 경우에 대한 수리적 결과를 통하여 제안하는 IGLS가 기존의 GLS 및 dGLS에 비하여 우수한 성능을 가짐을 보이고 제 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 그룹위치등록(Group location tracking scheme)과 RID 및 VVLR

2세대 디지털 방식인 CDMA와 TDMA에서 사용자 인증 및 호 처리에 관한 표준으로 채택된 IS-41에서는 이동국이 새로운 위치영역(Location Area, LA)에 진입하면 새로운 영역을 VLR/HLR에 등록하는 일련의 위치등록절차를 수행한다. 다수의 이동국이 대중 교통수단에 탑승한 상황에서는 TS가 새로운 영역에 진입하면 TS에 탑승중인 다수의 이동국이 한꺼번에 위치등록

을 요청하게 된다. 이에 따라 위치등록으로 인한 트래픽이 크게 증가하게 된다.

IS-41에서 각 이동국의 개별적인 위치등록으로 인한 트래픽 집중 현상을 개선하기 위하여 Han and Cho(2001)는 TS에 BS(Base Station)를 설치하여 RID를 부여하고, TS의 위치정보를 저장하는 VVLR(virtual VLR)을 도입하여 그룹으로 위치등록이 가능한 새로운 방법(GLS, Group Location tracking Scheme)을 제안하였다.

GLS에서 이동국은 개별 이동국의 위치등록 대신 RID를 이용한 VVLR과 HLR로의 그룹등록(group registration)을 수행한다. 이동국이 TS에 승차하면 이전에 위치등록을 수행한 위치영역의 ID와 TS에 설치된 BS에서 송출하는 RID가 서로 다르다는 것을 알고, HLR에 TS의 RID를 전송하고 TS의 위치정보 DB인 VVLR에 그룹등록을 수행한다. 또한 이동국이 하차하게 되면 VVLR에 있는 해당 TS의 이동국 목록에서 이동국 정보를 삭제하고 현재의 VLR을 HLR에 등록하는 그룹등록 취소(group registration cancellation) 절차를 수행한다.

IS-41에서는 착신호 연결을 위해서 위치등록과 호 전달의 2가지 절차가 필요한 반면 그룹위치등록 방법에서는 다음과 같은 4가지 절차가 필요하다.

- 1) 그룹등록 : 이동국이 TS에 탑승하면서 HLR에 TS의 RID를 등록하는 절차
- 2) 그룹등록 취소 : 이동국이 TS에서 하차하면서 변경된 위치정보(VLR의 ID)를 HLR에 등록하는 절차
- 3) 그룹위치등록 : TS의 위치정보를 VVLR에 등록하는 절차
- 4) 호 전달 : 착신호 발생 시 해당 이동국의 HLR과 VVLR을 통하여 이동국의 위치정보를 알아내어 호를 연결하는 절차

그런데 하나의 위치영역 내에 여러 개의 승강장(station)이 있을 경우, 어떤 위치영역에서 승차한 이동국이 그 위치영역을 벗어나기 전에 다른 승강장에서 하차할 수도 있다. GLS에서는 이와 같은 경우에도 불필요하게 그룹등록과 그룹등록 취소를 수행한다는 문제점이 있다. Chung and Sung[2003]은 이러한 불필요한 트래픽을 줄이기 위하여, 새로운 위치영역에 진입할 때만 이동국의 그룹등록을 수행하는 dGLS(delayed GLS)을 제안하였다.

위치영역 내 승강장의 수  $m$ 이 1이라고 가정한 GLS와 달리, dGLS에서는 위치영역 내에 다수의 승강장이 존재한다고 가정하여( $m \geq 1$ ) GLS의 개선방안을 제시하였다. 하지만 dGLS의 경우에도 TS가 새로운 위치영역에 진입하는 순간 다수의 이동국이 개별적으로 그룹등록 메시지를 전송함으로써 한꺼번에 과도한 트래픽이 발생하는 경향이 있다.

따라서 본 연구에서는 위치등록을 위한 트래픽을 줄이기 위하여 다수의 이동국들이 통합된 그룹등록메시지로 그룹등록을 수행하는 개선된 방법을 제안한다.

### 3. 통합 그룹위치등록(IGLS, Integrated Group Location tracking Scheme)

IGLS에서는 TS의 RID와 VVLR을 이용한 그룹 단위 위치등록을 제안하였고, 일반적으로 IS-41에 비하여 위치등록비용이 감소됨을 보였다(Han, 2001). 또한 dGLS에서는 그룹등록을 위치등록 발생 시까지 지연시킴으로써, 동일한 위치영역에서 승차 후 바로 하차하는 이동국에 대해서는 그룹등록과 그룹등록 취소를 수행하지 않게 함으로써 위치등록 비용을 줄였다(Chung, 2003).

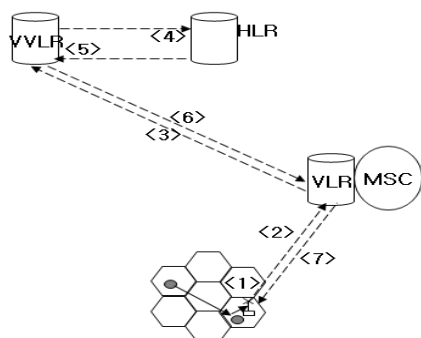
본 연구에서는 새로운 위치영역에 진입하는 경우 이전 위치영역에서 승차한 이동국들이 수행하는 그룹등록의 효율화에 초점을 맞추어 dGLS의 개선 방안을 제안하고 이를 IGLS(Integrated Group Location tracking Scheme)라 명명하기로 한다.

IGLS에서는 그룹등록 및 그룹등록 취소의 순서를 이동국 → VLR(인접한 MSC) → HLR → VVLR에서 이동국 → VLR(인접한 MSC) → VVLR → HLR로 변경한다. 이와 같이 순서를 변경함으로써 그룹등록을 수행할 때 TS의 BS는 이동국들의 그룹등록 메시지를 하나로 통합하여 통합된 그룹등록 메시지를 VLR에 전송할 수 있다. 통합된 그룹등록 메시지에는 이동국들의 ID, TS의 RID, VLR의 고유 ID가 포함된다. VLR은 통합된 그룹등록 메시지를 VVLR로 전송하고 VVLR은 통합된 메시지에 포함된 이동국들의 HLR에 TS의 RID를 전송하는 것이다.

이러한 차이점을 반영하여 착신호 연결에 필요한 4가지 절차에 대하여 상세히 기술하면 다음과 같다.

#### 3.1 그룹등록 절차

이동국이 TS에 탑승한 후 처음으로 새로운 영역에 진입하면 TS에 승차하였음을 알 수 있도록 VVLR의 TS별 이동국 목록에 이동국의 ID를 등록하고 HLR에 TS의 RID를 등록하는 절차이다. 그룹등록 절차는 <그림 1>과 같이 7단계로 구성되며 단계별로 설명하면 다음과 같다.



----- Initial group registration

Figure 1. 그룹등록 절차

- 1) 이동국이 TS에 승차하면 TS의 BS로부터 broadcasting/pilot 신호를 수신하게 된다. 이동국이 새로운 영역에 진입하기

전에 하차하게 되면 위치등록에 관련된 별도의 처리는 일어나지 않는다. 반면에 TS에 탑승한 채로 새로운 영역에 진입하면 그룹등록 메시지를 TS의 BS에 전송한다.

- 2) TS의 BS는 그룹등록을 수행할 이동국들의 ID, TS의 RID, VLR의 고유 ID를 포함하는 하나의 통합된 그룹등록 메시지를 작성하여 MSC로 보낸다.
- 3) MSC는 통합된 그룹등록 메시지를 VVLR에 전송한다.
- 4) VVLR은 DB내의 TS별 이동국 목록에 통합된 그룹등록 메시지에 포함된 이동국들의 ID를 저장하고, 이동국들의 해당 HLR로 RID 정보를 전송한다.
- 5) HLR에서는 RID 정보를 저장하고 VVLR에 Ack 메시지를 보낸다.
- 6) VVLR에서는 MSC에 Ack 메시지를 보낸다.
- 7) MSC에서는 해당 이동국에 Ack 메시지를 보낸다.

#### 3.2 그룹등록 취소 절차

이동국이 TS에서 하차하였음을 VVLR과 HLR에 알리는 절차이다. 그룹등록 취소 절차는 <그림 1>의 그룹등록 절차와 동일한 순서로 진행되지만 각 단계별로 다른 작업이 진행된다. 그룹등록 취소 절차가 완료되면 이동국은 정상적인 IS-41의 절차에 따라 위치등록과 호 전달 과정을 수행하게 된다.

- 1) 이동국이 하차하면서 BS에 그룹등록 취소 메시지를 보낸다.
- 2) BS는 MSC에 이동국의 그룹등록 취소 메시지를 전달한다.
- 3) MSC는 VLR을 갱신하고 그룹등록 취소 메시지를 VVLR에 전송한다.
- 4) VVLR은 TS의 이동국 목록에서 이동국 ID를 삭제한 후 해당 HLR에 새로운 VLR 정보를 전달한다. 그리고 MSC에 Ack를 전송한다.
- 5) HLR에서는 이동국의 새로운 VLR 정보를 저장하고 VVLR에 Ack 메시지를 보낸다.
- 6) VVLR에서는 MSC에 Ack 메시지를 보낸다.
- 7) MSC는 해당 이동국에 Ack 메시지를 보낸다.

#### 3.3 그룹위치등록 절차

TS가 새로운 위치영역에 진입하면 새로운 위치영역을 VVLR에 저장하는 절차로서 각 단계는 다음과 같다.

- 1) TS가 새로운 위치영역에 진입하게 되면 TS의 BS는 새로운 MSC에 그룹위치등록 메시지를 보낸다.
- 2) 새로운 MSC는 VLR의 정보를 갱신한다. 그리고 TS의 VVLR에 그룹위치등록 메시지를 보낸다.
- 3) VVLR에서는 TS의 위치정보를 갱신하고 MSC에 Ack 메시지를 전송한다.
- 4) VVLR에서는 이전의 MSC에 그룹위치등록 삭제 메시지를 보낸다.
- 5) 이전 MSC는 VLR에서 TS의 정보를 삭제하고 VVLR에 Ack

메시지를 전송한다.

3.4 호 전달 절차

호가 도착하는 경우의 절차를 IS-41과 비교하면, 그룹위치등록에서는 VVLR과 연동하는 추가적인 단계가 필요하다. 즉, HLR에서 VVLR로 TS의 위치정보를 요청하는 추가적인 절차가 필요하게 된다.

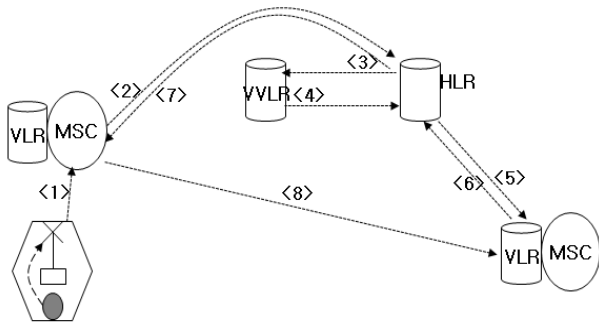


Figure 2. 호 전달 절차

- 1) 발신 이동국은 호 초기화 메시지를 BS를 통하여 MSC에 전송한다.
- 2) MSC에서는 착신 이동국의 HLR에 위치정보 요청 메시지를 보낸다.
- 3) HLR은 TS의 위치정보 요청 메시지를 해당 VVLR에 보낸다.
- 4) VVLR은 HLR에 TS의 위치정보를 보낸다.
- 5) HLR에서는 착신 이동국의 VLR을 알아내고 해당 VLR에 라우팅 요청 메시지를 보낸다.
- 6) MSC에서는 HLR에 착신 이동국에 할당된 TLDN(temporary local directory number)를 보낸다.
- 7) HLR은 전송 받은 TLDN을 발신 이동국의 VLR에 보낸다.
- 8) TLDN을 이용하여 호를 연결한다.

4. 성능 분석

본 장에서는 수리적인 분석을 통하여 그룹위치등록 방법인 GLS, dGLS 그리고 제안하는 IGLS의 성능을 평가하고자 한다. 먼저, 이동국이 위치영역 내  $i$ 번째 승강장( $1 \leq i \leq m$ )에서 승차하게 될 확률은 확률밀도함수가  $g(i)$ 인 분포를 따르고, 임의의 승강장에서 하차할 확률은  $p$ 라고 가정한다. 이동국이 TS에 승차한 이후 통과하게 될 승강장의 수는 기하분포를 따른다고 가정한다(Chung, 2003).

먼저 다음과 같은 기호를 정의하자.

$C_{GLS}$  : GLS의 총 위치등록 비용

$C_{dGLS}$  : dGLS의 총 위치등록 비용

$C_{IGLS}$  : IGLS의 총 위치등록 비용

각 위치등록 방법에 대한 비용과 가중치에 대한 기호를 정리하면 다음과 같다

	IS-41	GLS, dGLS	IGLS	가중치
그룹등록 비용		$C_g$	$C_g^*$	$w_g$
그룹위치등록 비용		$C_r$	$C_r$	$w_r$
호 전달 비용	$C_d'$	$C_d$	$C_d$	$w_d$
그룹등록취소 비용		$C_c$	$C_c^*$	$w_c$

$h_{A-B}, h'_{A-B}$ 을 각각 A와 B 사이에 하나의 메시지를 전송하는데 필요한 비용,  $h_{A-B}$ 에 대한 Ack 메시지를 전송하는데 필요한 비용으로 정의하자. 그러면 VLR, VVLR, 그리고 HLR 사이 메시지 전송에 필요한 비용은 다음과 같다.

$h_{VLR-HLR}$  : VLR과 HLR간 하나의 메시지를 전송하는데 필요한 비용

$h_{HLR-VVLR}$  : HLR과 VVLR간 하나의 메시지를 전송하는데 필요한 비용

$h_{VLR-VVLR}$  : VLR과 VVLR간 하나의 메시지를 전송하는데 필요한 비용

GLS와 dGLS의 특성을 고려하면 GLS, dGLS의  $C_g, C_r, C_d, C_d', C_c$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_g = h_{VLR-HLR} + h'_{VLR-HLR} + h_{HLR-VVLR} + h'_{HLR-VVLR}$$

$$C_r = 2(h_{VLR-VVLR} + h'_{VLR-VVLR})$$

$$C_d = h_{HLR-VVLR} + h'_{HLR-VVLR} + h_{VLR-HLR} + h'_{VLR-HLR}$$

$$C_d' = h_{VLR-HLR} + h'_{VLR-HLR}$$

$$C_c = h_{VLR-HLR} + h'_{VLR-HLR} + h_{HLR-VVLR} + h'_{HLR-VVLR}$$

비슷하게 IGLS의  $C_c^*, C_g^*$ 를 구하면 다음과 같다.

$$C_c^* = h_{VLR-VVLR} + h'_{VLR-VVLR} + h_{VVLR-HLR} + h'_{VVLR-HLR}$$

$$C_g^* = \alpha h_{VLR-VVLR} + h'_{VLR-VVLR} + h_{VVLR-HLR} + h'_{VVLR-HLR}$$

$$\text{where } \alpha = \frac{3 + N_{ms}}{4 N_{ms}} \tag{1}$$

제 3장에서 설명한 바와 같이 일반적인 그룹위치등록에서는 이동국의 ID, TS의 RID, VLR의 고유 ID가 포함된 그룹등록 메시지를 VLR에서 VVLR로 전송한다. 각 필드의 크기를 1로 가정하고 부가적인 오버헤드(header 및 tail)와 Ack도 1로 가정하면 하나의 이동국이 VLR에서 VVLR로 전송하는데 소요되는 비용(크기)은 5가 된다( $h_{VLR-VVLR} + h'_{VLR-VVLR} = 5$ ). 반면에

IGLS의 경우 VLR에서 VVLR로 전송되는 통합 그룹등록메시지의 크기는,  $N_{ms}$ 개의 이동국이 통합된 경우 다음과 같은 값을 갖는다.

$$N_{ms} \text{개의 이동국 ID} + \text{TS의 RID} + \text{VLR의 고유 ID} + \text{오버헤드} \\ = N_{ms} + 1 + 1 + 1 = N_{ms} + 3$$

따라서 IGLS의 경우, VLR에서 VVLR로 전송되는 통합 메시지의 크기는 마지막 식에서 보듯이  $\frac{3+N_{ms}}{4N_{ms}} \times h_{VLR-VVLR} + h'_{VLR-VVLR}$ 로 표현된다.

각 위치등록 방법의 총 위치등록 비용을 구하기 위해 다음과 같은 기호를 추가로 정의한다.

- $V$ : TS의 속도(Km/h)
- $d_{LA}$ : 위치영역에서 한 번의 길이(Km)
- $d_s$ : 인접한 두 승강장간 거리(Km)
- $m (= d_{LA}/d_s)$ : 위치영역내 승강장의 수
- $\lambda_m (= V/d_{LA})$ : TS의 위치등록 발생율(회/h)
- $\lambda_c$ : 이동국의 착신호 도착율(회/h)
- $L$ : 이동국이 TS 승차 후 진입하는 위치영역의 수
- $N_{ms}$ : TS에 타고 있는 이동국의 수
- $T_R$ : 이동국이 TS에 머무는 평균 시간

먼저, GLS의 총 위치등록 비용은 다음과 같다.

$$C_{GLS} = w_g C_g N_{MS} + w_r C_r \lambda_m T_R \\ + w_d \lambda_c T_R N_{MS} C_d + w_c C_c N_{MS} \quad (2)$$

첫 번째 항은 그룹등록 비용을, 두 번째 항은 그룹위치등록 비용을, 세 번째 항은 호 연결 비용을, 그리고 마지막 항은 그룹등록취소 비용을 나타낸다.

다음으로, dGLS의 총 위치등록 비용을 구하면 다음과 같다.

$$C_{dGLS} = w_g C_g N_{MS} \Pr(L \geq 1) + w_r C_r \lambda_m T_R \\ + w_d \lambda_c T_R N_{MS} (C_d' \Pr(L=0) + C_d \Pr(L \geq 1)) \\ + w_c C_c N_{MS} \Pr(L \geq 1) \quad (3)$$

첫 번째 항은 그룹등록 비용을 나타내며 마지막 항은 그룹등록 취소 비용을 나타낸다. 첫 번째 항과 마지막 항은 위치등록이 발생( $\Pr(L \geq 1)$ )할 때까지 그룹등록이 지연되는 dGLS의 특성을 반영하고 있다. 세 번째 항은 두 가지 경우를 포함하고 있는데, 이동국이 위치등록하기 전에 TS를 하차하는 경우( $\Pr(L=0)$ )에는 IS-41의 호 전달 비용과 동일하며, 이동국이 TS에 승차 후 1번 이상 위치등록을 하는 경우( $\Pr(L \geq 1)$ )에는 GLS의 호 전달 비용과 동일하다.

다음으로, IGLS의 총 위치등록 비용을 구하면 다음과 같다.

$$C_{IGLS} = w_g C_g^* N_{MS} \Pr(L \geq 1) + w_r C_r \lambda_m T_R \\ + w_d \lambda_c T_R N_{MS} (C_d' \Pr(L=0) + C_d \Pr(L \geq 1)) \\ + w_c C_c^* N_{MS} \Pr(L \geq 1) \quad (4)$$

첫 번째 항은 그룹등록 비용을, 두 번째 항은 그룹위치등록 비용을, 세 번째 항은 호 연결 비용을, 그리고 마지막 항은 그룹등록취소 비용을 나타낸다. 첫 번째 항의  $C_g^*$ 는 식 (1)에 의해 계산되며, 이는 하나의 통합된 메시지로 VLR에서 VVLR로 정보가 전달되는 IGLS의 특성을 반영하고 있다. 세 번째 항은 dGLS와 마찬가지로  $\Pr(L=0)$ 인 경우에는 IS-41의 호 전달 비용과 동일하고,  $\Pr(L \geq 1)$ 인 경우에는 GLS의 호 전달 비용과 동일하다.

### 5. 수리적 결과

실제 상황에 대한 수리적 결과를 통하여 각 방법의 성능을 비교해 보자. 이동국이 위치영역내  $i$ 번째 승강장( $1 \leq i \leq m$ )에서 승차하게 될 확률은 확률밀도함수  $1/m$ 인 균일분포(uniform distribution)를 따른다고 가정하면, 이동국이 TS에 머무는 평균 시간  $T_R$ 과 이동국이 위치등록 전에 하차할 확률  $\Pr(L=0)$ 은 다음과 같이 구해진다(Chung, 2003).

$$T_R = \frac{1}{p} \frac{d_s}{V} \quad (5)$$

$$\Pr(L=0) = 1 - \frac{1 - (1-p)^m}{p m} \quad (6)$$

$$\Pr(L \geq 1) = \frac{1 - (1-p)^m}{p m} \quad (7)$$

TS의 유형은 크게 대형 운송수단과 소형 운송수단으로 나누어 분류할 수 있다. 대형 운송수단은 지하철과 기차를, 소형 운송수단으로는 시내버스를 예로 들 수 있다. 본 연구에서는 대형 운송수단인 지하철을 가정하여 다음과 같은 값들을 설정하고 성능을 비교하기로 한다.

- $d_{LA} = 20(km)$
- $\lambda_c = 1.5(\text{회}/h)$
- $p = 0.2$
- $N_{ms} = 300$
- $v = 80(km/h)$
- $m = 4$
- $w_g = w_r = w_d = w_c = 1$
- $h_{VLR-HLR} = h_{HLR-VVLR} = h_{VLR-VVLR} = h_{VVLR-HLR} = 4$

$$h'_{VLR-HLR} = h'_{HLR-VVLR} = h'_{VLR-VVLR} = h'_{VVLR-HLR} = 1$$

<그림 3>은 영역 내 승강장의 수  $m$ 의 변화에 따른 총 신호 비용을 나타낸 것이다. 임의의 승강장에서 하차할 확률  $p$ 는 0.2로 가정하였는데 이는 승객이 평균 5개의 승강장을 지나면 하차한다는 것을 의미한다. 그림에서도 알 수 있듯이  $m$ 이 증가할수록 GLS보다는 dGLS가 좋은 성능을 보이며, 또한 dGLS보다는 IGLS가 더욱 좋은 성능을 보인다.  $m=4$ 인 경우, IGLS는 dGLS에 비하여 11.6%의 비용이 감소한 것을 알 수 있다. 일반적으로  $m$ 이 증가할수록 제안하는 IGLS의 비용이 GLS나 dGLS에 비하여 더욱 많이 감소하는 것을 알 수 있다.

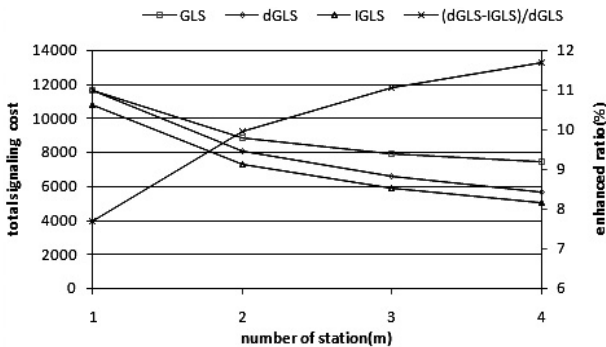


Figure 3.  $m$ 의 변화에 따른 총 신호 비용 ( $N_{ms} = 300, v = 80km/h, p = 0.2$ )

<그림 4>는 지하철에 탑승하고 있는 이동국의 수  $N_{ms}$ 의 변화에 따른 총 신호 비용을 나타내고 있다. 그림에서도 알 수 있듯이 지하철에 탑승하고 있는 이동국의 수  $N_{ms}$ 가 증가할수록 신호 비용은 GLS, dGLS, IGLS 모두 증가하지만, 상대적으로 GLS보다는 dGLS가 완만하게 증가하며 또한 dGLS보다는 IGLS가 더욱 완만하게 증가하는 것을 알 수 있다. 결국  $N_{ms}$ 가 증가할수록 dGLS 대비 IGLS의 비용 감소 효과는 더욱 크게 나타난다는 것을 알 수 있다.

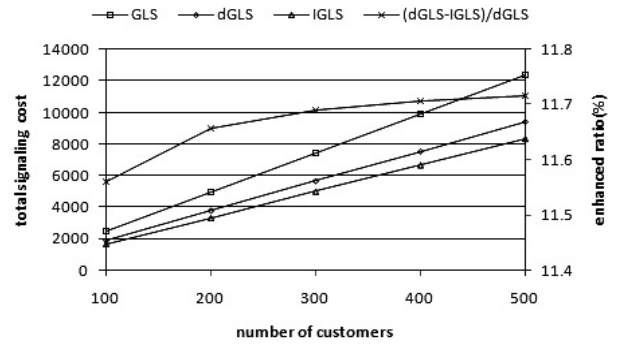


Figure 4. 이동국 수의 변화에 총 신호 비용 ( $p = 0.2, m = 4, v = 80km/h$ )

<그림 5>는  $v$ 의 변화에 따른 총 신호 비용을 나타내고 있다. (a)는  $N_{ms} = 300$ 인 지하철을 가정하고, (b)는  $N_{ms} = 30$ 인 버스를 가정하는 것이다. 두 가지 경우 모두 속도가 증가함에 따라 GLS, dGLS, IGLS의 비용이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 속도가 증가함에 따라 제안하는 IGLS의 비용이 GLS나 dGLS에 비하여 더욱 많이 감소하는 것을 알 수 있다.

마지막으로 이동국이 임의의 승강장에서 하차할 확률  $p$ 의 변화에 따른 총 신호 비용을 <그림 6>에 나타내었다.  $p$ 가 증가할수록 GLS, dGLS, IGLS 모두 신호 비용이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한  $p$ 가 증가할수록 제안하는 IGLS의 비용이 GLS나 dGLS에 비하여 더욱 많이 감소하는 것을 알 수 있다.

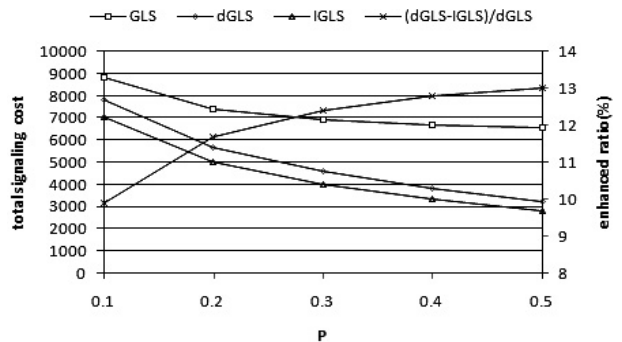
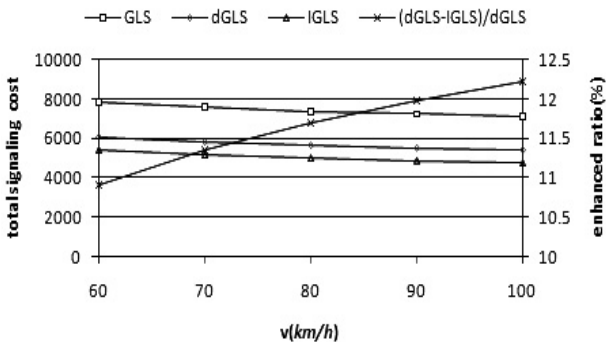


Figure 5.  $v$ 의 변화에 따른 총 신호 비용 ( $m = 4, p = 0.2, (a) N_{ms} = 300, (b) N_{ms} = 30$ )

Figure 6.  $p$ 의 변화에 따른 총 신호 비용 ( $N_{ms} = 300, m = 4, v = 80km/h$ )

6. 결 론

대중 교통수단에 탑승한 이동가입자들이 기존의 IS-41을 이용하여 개별적으로 위치등록을 수행하게 하면 다수의 이동국들이 한꺼번에 위치등록을 수행하게 되어 과도한 위치등록 트래픽이 발생하게 된다. 대중교통 환경에서 이러한 위치등록 트래픽의 과도한 발생을 완화하여 효율적인 이동성 관리를 가능하게 하려는 노력들이 제시되어 왔다. GLS나 dGLS에서는 다수의 이동국들을 대신하여 TS의 RID로 한 번에 위치등록을 수행하게 함으로써 위치등록 부하를 감소시킬 수 있다. 하지만 여전히 한꺼번에 과도한 트래픽이 발생하는 경향이 있다.

본 연구에서는 기존의 그룹위치등록 기능을 기본적으로 제공하면서 TS내 다수 이동국들의 그룹등록 요청 메시지를 하나의 통합된 메시지로 전송함으로써 기존 방법에 비하여 신호 트래픽을 줄일 수 있는 IGLS 방법을 제안하였다. 또한 수리적 분석을 통하여 제안하는 IGLS와 기존의 그룹위치등록 방법인 GLS 및 dGLS의 성능을 비교하였다. 다양한 경우에 대한 수리적 결과로부터 제안하는 IGLS가 기존의 GLS 및 dGLS에 비하여 매우 우수한 성능을 가짐을 알 수 있었다. 제안하는 IGLS는 위치영역내 승강장의 수가 많고 TS내 이동국의 수가 많을수록, 또한 이동국이 하차할 확률이 클수록 기존의 방법에 비하여 더욱 우수한 성능을 보였다. 지하철 및 기차와 같은 고속의 대량 운송수단에 대한 위치등록 방법으로 IGLS를 채택한다면 위

치등록 부하를 효율적으로 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

Baek, J. H., Seo, J. Y., Lim, S. K., and Sicker, D. C. (2005), An enhanced location-based location update scheme in mobile cellular networks, *ETRI Journal*, 27(4), 457-460.

Chung, Y. W. and Sung, D. K. (2003), Delayed group registration scheme in group location tracking, *Electronics Lett.*, 39(17), 1274-1275.

Feng, L., Zhao, Q. L., and Zhang, H. W. (2007), Location management based on distance and direction for PCS networks, *Computer Networks*, 51(1), 134-152.

Han, I. and Cho, D. H. (2001), Group location tracking based on representative identity and virtual VLR for transportation system, *IEEE Commun. Lett.*, 4(8), 349-351.

Kim, K. H., Baek, J. H., and Kim, C. S. (2008), Modeling and optimization of zone-based registration considering cell-by-cell location area for mobile communication networks, *Computer Networks*, 25(3), 667-674.

Mao, Z. J. and Douligieris, C. (2006), Group registration with local anchor for location tracking in mobile networks, *IEEE Trans. on Mobile Computing*, 5(5), 583-595.

Roy, A., Misra, A., and Das, S. K. (2007), Location update versus paging trade-off in cellular networks: An approach based on vector quantization, *IEEE Trans. on Mobile Computing*, 6(12), 1426-1440.

Yumiba, H., Sasada, K., and Yabusaki, M. (2002), Concatenated location management, *IEICE Trans. Commun.*, E85-B(10), 2083-2089.



서재영

전북대학교 공업화학과 학사  
 전북대학교 산업정보시스템공학과 석사  
 전북대학교 산업정보시스템공학과 박사



백장현

서울대학교 산업공학과 학사  
 서울대학교 산업공학과 석사  
 서울대학교 산업공학과 박사  
 현재: 전북대학교 산업정보시스템공학과  
 교수  
 관심분야: 경영과학, 응용통계, 정보통신