

논문 2009-3-1

유비쿼터스 환경에서 멀티미디어 서비스 제공을 위한 인적 리소스 스케줄링 기법 연구

A Study on Human Resource Scheduling Scheme for Multimedia Service Provisioning in Ubiquitous Environment

이동철*, 황복규**, 박병주***

Dong-Cheul Lee, Bok-Kyu Hwang, Byung-Joo Park

요 약 통신망 사업자의 현장 인적 리소스는 고객에게 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 유비쿼터스 환경에서 여러 장소를 이동하며 다닌다. 대부분의 경우 현장 인적 리소스의 수는 제한적이고, 해야 할 작업 수는 많으므로, 어떤 리소스가 어떤 작업을 언제 해야 가장 효과적지 결정하는 일은 어려운 문제이다. 통신망 사업자는 그 동안 이 문제를 해결하기 위하여 작업조 기반의 스케줄링 기법을 사용했다. 그러나 이 방법은 고객 방문 시간이 자주 변경 되는 것을 줄이기에 부족했고, 운용 효율성이 떨어졌다. 따라서 본 논문은 리소스의 스케줄을 효과적으로 관리하기 위해 리소스 개별로 스케줄을 관리해 주는 기법을 제안한다. 뿐만 아니라, 특정 작업을 하기위한 최적의 리소스를 자동으로 선택해주는 알고리즘도 소개한다. 본 스케줄링 기법을 실제 통신망 사업자의 멀티미디어 서비스 제공 업무에 도입해 본 결과 적은 리소스로 더 많은 작업을 할 수 있었다.

Abstract At a Internet service provider(ISP), field human resources visit many customer sites to provide multimedia services to customers in ubiquitous environment. Scheduling the resources is a hard problem because there are many tasks which have to be done by the resources and the number of the resources is not sufficient. To tackle this problem, ISPs had used team-based scheduling system. However, this approach was not sufficient to reduce the number of frequent changes of arrival time and could not increase operational efficiency enough. Therefore, we proposed individual resource scheduling system to schedule the resources efficiently. We also developed an optimal resource selection algorithm based on statistical information when an operator assigns a task to the resource. After we adopted this algorithm to the real world, the resources can do more tasks in a day.

Key Words : Multimedia, Ubiquitous, Resource Scheduling

I. 서 론

멀티미디어 서비스를 제공하는 통신망 사업장에서는 고객과 정한 시간에 현장 작업자가 해당 고객에게 방문하여 서비스를 제공하는 일이 많이 있다. 현장 인적 리소스가 충분히 있고, 해야 할 현장 작업이 적다면 어떤 현장 작업자에게 어떤 작업을 할당할지 결정하는 일은

쉬울 것이다. 그러나 대부분의 경우 현장 작업자의 수는 제한적이고, 해야 할 작업 수는 많은 편이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 ISP는 현장 인적 리소스의 스케줄을 효과적으로 관리하기 위한 작업조 단위의 예약관리시스템을 사용했다. 이 시스템을 이용하면, 콜센터 상담원은 고객으로부터 서비스 제공 요청 전화를 받고, 방문 약속 시간을 정한 후, 해당 작업을 수행할 작업조를 정한다. 그러면 해당 작업조에 포함된 작업자 중 한사람이 무선 이동 단말기기를 통해 작업을 하겠다고 신청한 후 정해진 방문 약속시간에 작업을 시작하는 방식이다.

*정회원, KT네트워크연구소(교신기자)

**정회원, KT네트워크연구소

***중신회원, 한남대학교

접수일자 2009.03.25, 수정완료.2009.04.13

그러나 이 방식은 몇 가지 단점을 가지고 있다. 우선 콜센터 상담원은 현장 작업자가 정확히 몇 시에 고객에게 방문할 수 있을지 알 수 없다. 그렇기 때문에 상담원은 고객과 약속시간을 정할 때 1시간 단위의 대강의 방문 예상 시간을 고객에게 알려주어야 한다. 또한 작업조 중 아무나 먼저 한명이 작업을 가져가는 방식이기 때문에 작업자간 작업의 분배가 고르지 못할 수 있다. 뿐만 아니라 긴급하게 해야 할 작업이 있을 경우 작업자가 작업을 가져갈 때 까지 기다릴 수 없으므로 중간에 작업 관리자가 해당 작업을 수행할 작업자를 지정해 주어야 하나 개개인의 스케줄을 알 수 없기 때문에 하기가 어렵다.

인적 리소스 스케줄링에 관하여 그동안 여러 연구가 진행되어 왔다. 이 분야는 작업자가 고객에게 방문해야 하기 때문에 Vehicle routing problem[1]으로 모델링 할 수 있다. 이 문제에 대하여 최적의 해를 구하기 위하여 CVRPTW(Capacitated-Vehicle Routing Program with Time Window)[2]과 Fast local search and guided local search[3]은 복잡한 현실 문제를 단순화 하여 간단한 이론적 모델로 바꾸는 방법을 제시하였다. 그러나 이러한 방법들은 모든 스케줄링 환경이 고정된 정적 방식이기 때문에 동적으로 환경이 변하는 상황에는 적합하지 않다. British Telecom은 동적인 스케줄링 환경을 고려하기 위해 dynamic workforce scheduling[4]과 dynamic scheduler for work manager[5]와 같은 방법을 제시하였다. 그러나 이 방법도 상담원이 실시간으로 고객과 방문 예정 시간을 정하고 해당 작업을 할당하는 환경에는 적합하지 않다.

따라서 본 논문은 동적으로 변화하는 스케줄링 환경에서 고객에게 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 통신 사업장의 현장 인적 리소스의 스케줄을 최적화하여 관리할 수 있는 시스템을 제안한다.

II. 리소스 스케줄링 문제 정의

그동안 ISP는 현장 리소스 스케줄을 관리하기 위하여 그림 1 (a)와 같이 작업조 기반의 스케줄링 시스템을 사용했다. 이 시스템을 사용하기 위해서 콜센터 상담원은 고객의 서비스 요청을 받으면 해당 작업을 수행할 적절한 작업조를 찾는다. 적절한 작업조를 찾는 방법은 크게 두 가지이다. 우선 방문해야 할 장소가 작업조가 담

당하는 작업구역 안에 있어야 한다. 작업구역은 작업조별로 나누어져 있으며 주소의 동, 번지의 집합 형태로 관리된다. 둘째로 해당 작업조의 예약 가능 건수가 방문 시간에 0 이상이어야 한다. 예약 가능 건수는 작업조별로 한 시간에 작업을 할당받을 수 있는 최대 개수이며 시간별로 관리된다. 이렇게 작업구역과 예약 가능 건수 제약 사항을 만족하는 작업조를 찾으면 작업은 그 작업조에 할당되고, 작업조 중 한명의 작업자가 작업조로 할당된 작업을 선택하여 받아간다. 이전에는 작업 정보를 일일이 전화로 전달해야 했으나, 작업자들에게 작업 관리 기능이 탑재된 PDA를 보급함으로써 작업자들은 유비쿼터스 환경에서 작업 정보를 전달받고, 그 결과를 보고할 수 있게 되었다. 작업관리자는 작업들의 진행 상태를 모니터링 하고 지연되는 작업에 대해서 리스케줄링 한다.

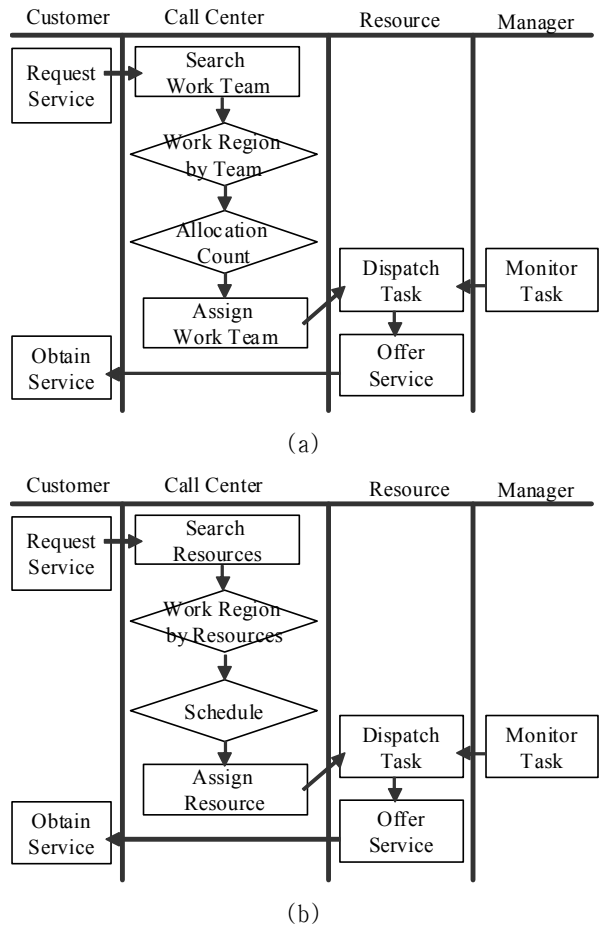


그림 1. 작업조 기반의 스케줄링 모델(a)과 작업자 기반의 스케줄링 모델(b)의 작업 흐름 비교
 Fig 1. The work flow comparisons between work team based scheduling model and resource based scheduling model

그러나 앞에서 언급했던 것처럼 이 스케줄링 방법은 작업조 기반으로 작업을 할당하기 때문에 여러 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문은 그림 1 (b)와 같이 작업을 작업자에게 직접 할당하는 작업자 기반의 스케줄링 시스템을 제안한다. 이 시스템을 사용하기 위해서 콜센터 상담원은 고객의 요청을 수행할 적절한 작업자를 찾아야 한다. 적절한 작업자는 작업자 별로 관리되는 작업 구역과 여유시간 제약사항을 만족하는 작업자이다. 각 작업자의 스케줄은 15분 단위로 관리되며 고객이 요청한 시간에 아무런 스케줄이 없고 작업하는데 걸리는 시간이 가장 짧은 작업자가 적절한 작업자로 선택된다. 작업자에게 작업이 할당되면 해당 작업자에게 단문 메시지가 전송되어 작업자가 자신에게 작업이 할당되었다는 사실을 알 수 있다. 그 다음은 작업조 기반의 모델과 마찬가지로 작업자가 작업을 PDA를 통해 받아오고 결과를 보고하게 된다.

III. 시스템 구조

현장 리소스 스케줄링 시스템 구조는 그림 2와 같다. Schedule Visualizer는 각 리소스의 스케줄을 화면에 표현해 주는 역할을 함으로써 시스템과 운용자의 인터페이스 역할을 한다. Schedule Manager는 작업에 대한 최적 리소스를 선택하는 알고리즘을 수행한다. Human Resource Manager는 리소스의 복무정보를 관리한다. Task Duration Estimator는 작업을 하는데 드는 시간을 예측한다. Driving Time Estimator는 작업자가 한 장소에서 다른 장소로 이동하는데 걸리는 시간을 예측한다.

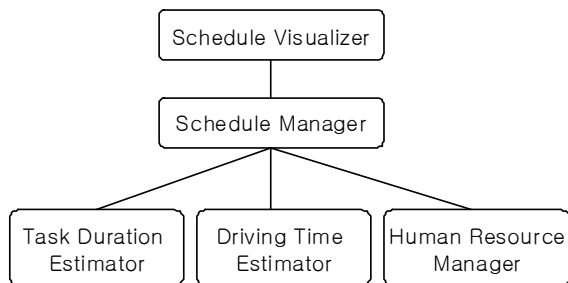


그림 2. 시스템 구조
Fig. 2. System architecture

3.1 Task Duration Estimator

콜센터 상담원은 고객의 서비스 요청을 받으면 고객

과 방문 시간을 정하고 그 시간에 다른 예정 작업이 없고, 가장 빨리 작업을 마칠 수 있는 리소스를 찾아야 한다. 이 때 작업 장소까지 이동하는 시간과 작업하는데 걸리는 시간동안 다른 예정 작업이 없어야 하므로 작업 시간과 이동 시간을 미리 예측할 수 있어야 한다. 일반적으로 작업 시간은 작업자의 숙련도, 제공하는 서비스, 서비스를 제공하는 네트워크 시설에 따라 달라지기 때문에 예측하기 어렵다.

Task Duration Estimator는 통계 데이터를 바탕으로 작업 시간을 예측한다. 즉, 작업자별, 서비스 종류별, 시설 종류별, 시간대별로 과거 1달 동안의 작업들에 대한 평균 작업 시간을 계산하여 데이터베이스에 저장한다. 서비스 종류는 일반전화, VoIP 전화, 인터넷, IP TV로 구분하였다. 시설 종류는 FTTH^[6], xDSL^[7], Metro Ethernet^[8]으로 나누었다. 또한 작업 시간은 낮에 하는 것과 밤에 하는 것이 다를 수 있으므로 시간대를 주간과 야간으로 나누었다. 평균 작업 시간 $\delta(n)$ 은 다음과 같이 계산된다.

$$\delta(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i - \alpha_i \quad (1)$$

식 (1)에서 φ_i 는 i 번째 작업을 작업자가 마친 시간이며, 작업자가 작업 완료 보고를 PDA를 통해서 할 때 얻을 수 있다. α_i 는 i 번째 작업을 하기 위해 작업자가 해당 장소에 도착한 시간이며, 작업자가 PDA를 통해 작업 시작 보고를 할 때 얻을 수 있다. n 은 작업자별, 서비스 종류별, 시설 종류별, 시간대별 과거 한 달 동안의 총 작업 개수이다.

3.2 Driving Time Estimator

콜센터 상담원은 작업을 작업자에게 할당하기 전에 작업자가 이전 위치에서 현재 할당하려는 작업의 위치까지 이동하는 시간을 예측할 수 있어야 한다. Driving Time Estimator는 통계 데이터를 사용하여 작업자의 이동 시간을 예측한다. 이를 위해 과거 작업 이력 데이터를 이용하여 이동하는데 걸린 평균 속도를 주기적으로 계산하여 저장한다. 저장해 놓은 평균 속도는 작업을 실제로 할당할 때 구해진 이동 거리를 나누어서 예상 이동 시간을 구하는데 쓰인다. 작업자의 i 번째 작업에 대한 이동속도 Γ_i 는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$\Gamma_i = \frac{\gamma_i}{\alpha_i - \varphi_{i-1}} \quad (2)$$

γ_i 는 $i-1$ 번째 작업 장소에서 i 번째 작업 장소까지 이동하는데 걸리는 거리를 의미한다. 이 값은 두 장소의 주소 정보와 도로 정보가 포함된 GIS^[9]를 통해 구해진다. 평균 이동 속도의 경우 시간대별 도로 사정에 따라 달라질 수 있으므로 과거 한 달 동안의 평균 속도 $v(n)$ 는 작업자별, 요일별, 시간대별로 구해지며 식 (3)과 같이 harmonic mean^[10]으로 계산된다.

$$v(n) = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\Gamma_i}} \quad (3)$$

3.3 Human Resource Manager

Human Resource Manager는 리소스의 복무 정보를 관리하는 HRM 시스템으로부터 작업자들의 복무정보를 연동 받아 Schedule Manager에게 전달해주는 역할을 한다. 복무 종류는 휴가, 휴일근무, 야간근무, 출장으로 나누어진다.

Schedule Manager는 작업자가 휴가나 출장일 경우 해당 일자의 리소스 풀에서 해당 작업자를 제외하며, 휴일근무나 야간근무인 작업자를 휴일이나 야간의 리소스 풀에 포함시킨다.

3.4 Schedule Manager

Schedule Manager는 작업을 수행할 최적의 리소스를 구하기 위하여 표 1과 같이 *find_resource()* 알고리즘을 사용한다. 입력 파라미터는 해당 작업에 대한 방문 시간, 서비스 종류, 작업 구역이다. 또한 작업자가 해당 작업을 수행하기 위해 걸리는 이동시간과 작업시간을 예측하기 위하여 Driving Time Estimator와 Task Duration Estimator를 사용한다. 또한 작업자의 복무 정보를 Human Resource Manager로부터 연동 받아 스케줄링 대상에 포함할 작업자 대상을 정한다.

IV. 구현 결과

앞에서 설명한 리소스 스케줄링 시스템을 KT의 현장 리소스 관리 시스템인 NeOSS-WM(New Operation

Support System-Workforce Management)에 그림 3과 같이 구현하였다.

표 1. find_resource() 알고리즘

Table 1. find_resource() algorithm

```

Algorithm find_resource( $\alpha_i$ , servicetype, workregion)
BEGIN
1. DEFINE wlist , templist as resource's list;
2. IF( $\alpha_i$ ==holiday) THEN store resources who are
   responsible for a holiday duty into wlist
   ELSE IF( $\alpha_i$ ==night) THEN store resources who are
   responsible for a night shift into wlist
   ELSE store resources who don't have a day off or are
   not on a business trip into wlist
3. exclude resources who are not in charge of the
   servicetype from wlist
4. exclude resources who are not responsible for the
   workregion from wlist
5. templist=wlist
6. DEFINE stime as the departure time for the task, ftime
   as the finish time of the task;
7. FOR(each resource t in templist)
   BEGIN
   stime= $\alpha_i$ -DrivingTimeEstimator();
   ftime= $\alpha_i$ +TaskDurationEstimator()
   IF time between stime and ftime is overlapped with
   other schedules of t THEN exclude t from templist
   END
8. IF templist is NULL THEN RETURN wlist
9. IF templist has resources having no task THEN exclude
   resources who have tasks from templist
10. delete all resources from templist except top 5
   resources who have shortest (driving time+task duration)
11. IF(gap between (driving time+task duration) of
   resources in templist is within 10 min) THEN delete all
   resources from templist except a resource who has
   minimum number of tasks;
12. ELSE delete all resources from templist except a
   resource who has shortest (driving time+task duration)
13. RETURN templist
    
```

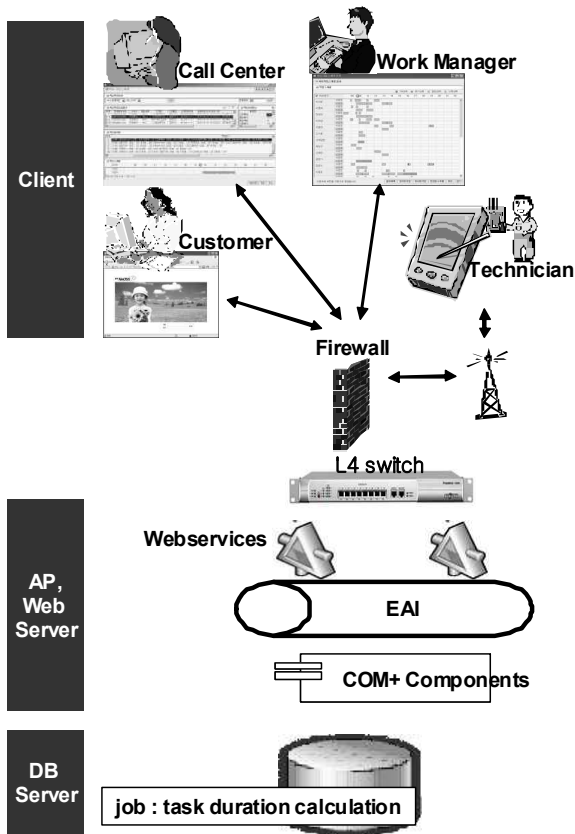


그림 3. 현장 리소스 스케줄링 시스템 구현
Fig. 3. Implementation of field resource scheduling system

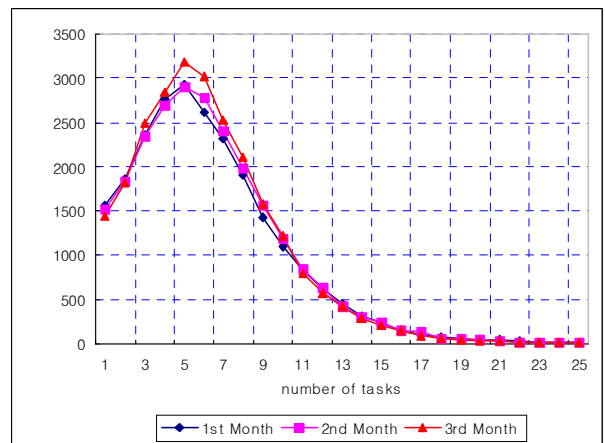
PC client는 콜센터 상담원과 작업 관리자가 사용하며 작업자에게 작업을 할당하고 작업의 진행상황을 모니터링 하는데 사용된다. C/S 방식으로 구현되었으며 .NET framework^[11]을 사용한다.

PDA client는 현장 작업자가 이동하면서 작업 정보를 조회하고 작업을 마친 후 결과보고를 하는데 사용된다. 만약 작업이 작업자에게 할당되면 어플리케이션 서버는 작업자에게 SMS를 보내서 작업이 할당된 것을 알리고, 작업자는 무선 데이터 통신을 이용하여 작업 상세 정보를 조회한다. 무선 통신은 CDMA 2000 1x나 EVDO^[12]를 사용한다.

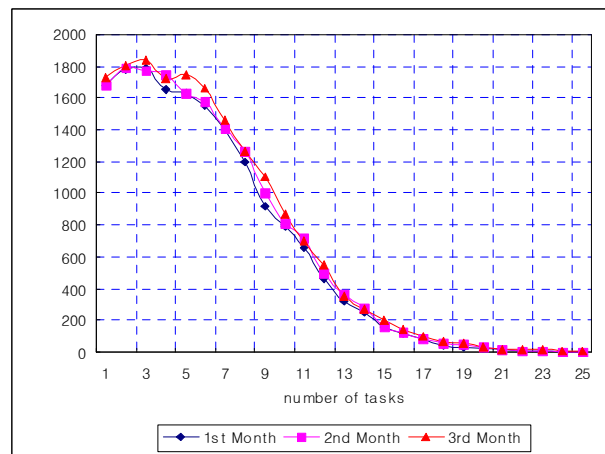
어플리케이션 서버에 각 스케줄링 시스템 모듈을 COM+^[13]로 구현하였으며, DBMS는 스케줄링 시 필요한 평균 작업 시간과 평균 이동 속도 데이터를 주기적으로 계산하여 저장할 수 있도록 job으로 등록하였다.

본 알고리즘이 실제로 리소스를 얼마나 효과적으로 사용할 수 있게 하는지 알아보기 위하여 그림 4와 같이 하루 동안 수행한 작업 개수에 대한 리소스의 수를 분

포도로 나타내었다. 각 분포는 1개월 단위로 3개월 동안 측정되었다. 분포도에서 리소스와 작업의 개수는 정보 보안을 위해 조작된 값으로 표현하였다. 그림 4 (a)는 작업조 기반의 방법을 사용하였을 때의 분포이다. 각 리소스별로 평균 3~5개의 작업을 처리할 수 있는 것을 알 수 있다. 그림 4 (b)는 작업자 기반의 방법을 사용하였을 때의 분포이다. 각 리소스별로 평균 5~7개의 작업을 처리하여 작업조 기반의 방법을 사용하였을 때 보다 약 2개 정도의 작업을 더 한 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 4. 작업조 기반의 분포도와 작업자 기반의 분포도 비교
Fig. 4. The distribution comparisons between work team based scheduling model and resource based scheduling model

V. 결론

본 논문은 인적 리소스에 작업을 할당할 때 어떤 리

소스가 가장 적합한지 자동으로 선택해 줌으로써 리소스 스케줄을 효과적으로 관리해주는 스케줄링 시스템을 다루었다. 이를 위해 5개의 스케줄링 관련 모듈을 설계하였고, 통계 데이터를 이용한 최적 리소스 할당 알고리즘을 제시하였다. 또한 KT의 현장 리소스 관리 시스템인 NeOSS-WM에 해당 모듈을 구현하여 적용해 본 결과 효과적으로 리소스 스케줄을 관리할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] G.Laporte, M. Gendreau, J.Y. Potvin, and F. Semet, "Classical and modern heuristics for the Vehicle Routing Problem," *Intl. Trans. in Op. Res.* 7, pp. 285-300, 2000.
- [2] L.J. Schumitt, J. Aflaki, S.T. Pitts, and R.H. Kamery, "An Emphasis on Heuristics Combined with GA to Improve the Quality of the Solutions: Some Methods Used to Solve VRPs and VRPTCs," *Allied Academies International Conference*, pp. 53-58, 2004.
- [3] E. Tsang and C. Voudouris, "Fast Local Search and Guided Local Search and Their Application to British Telecom's Workforce Scheduling Problem," *Operations Research Letters*, 20, pp. 119-127, 1997.
- [4] D. Lesant, C. Voudouris, and N. Azarmi, "Dynamic Workforce Scheduling for British Telecommunications plc," *INTERFACES*, 30(1), pp. 45-56, January-February 2000.
- [5] D. Lesaint, N. Azarmi, R. Laithwaite and P. Walker, "Engineering Dynamic Scheduler for Work Manager," *BT Technology Journal*, 16(3), 16-29, July 1998.
- [6] J. Park, G.Y. Kim, H.J. Park, and J.H. Kim, "FTTH Deployment Status & Strategy in Korea: GW-PON Based FTTH Field Trial and Reach Extension Strategy of FTTH in Korea", *IEEE GLOBECOM*, 2008.
- [7] M. Humphrey, and J. Freeman, "How xDSL supports broadband services to the home", *IEEE Network*, Vol. 11, Issue 1, pp. 14-23, 1997.
- [8] M. Ali, G. Chiruvolu, and A. Ge, "Traffic engineering in metro Ethernet", *IEEE Network*, Vol. 19, Issue 2, pp. 10-17, 2005.
- [9] C. Li, Y. Liu, Q. Wang and Y. Tai, "A GIS Database Updating Algorithm Based on GPS Surveying Data", *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, Vol. 2, 2008.
- [10] D. Polvani, "Harmonic Mean Sound Speed is Adequate for Transponder Navigation", *OCEANS*, Vol. 16, pp. 64-68, 1984.
- [11] M.H. Lutz, and P.A. Laplante, "C# and the .NET framework: ready for real time?", *IEEE Software*, Vol. 20, Issue 1, pp. 74-80, 2003.
- [12] M. Fan, and E. Esteves, "The impact of antenna-array receivers on the reverse link performance of CDMA 2000 1xEV high rate packet data systems", *Vehicular Technology Conference*, 2003.
- [13] M. Malowidzki, "The management of the mobile network with COM+ and SNMP", *MILCOM*, 2001.

저자 소개

이 동 철(정회원)



- 2002년 POSTECH 컴퓨터공학과 학사 졸업.
- 2004년 POSTECH 컴퓨터공학과 석사 졸업.
- 2004년 ~ 2009년 현재 KT네트워크 연구소 선임 연구원.

<주관심분야 : Resource Scheduling, Network Management, Communication System, Mobile IPTV, SOA>

황 복 규(정회원)



- 1989년 숭실대학교 전기전자 학사 졸업.
- 1991년 숭실대학교 전기전자 석사 졸업.
- 1991년 ~ 2009년 현재 KT네트워크 연구소 수석 연구원.

<주관심분야 : Interactive Graphic User Interface Technologies, Rich Internet Applications, Web Services>

박 병 주(종신회원)



- 2002년 연세대학교 전기전자 학사 졸업.
- 2004년 University of Florida 전기컴퓨터공학 석사졸업.
- 2007년 University of Florida 전기컴퓨터공학 박사졸업.
- 2007년 ~ 2009년 2월 KT 네트워크 연구소 선임 연구원.

• 2009년 3월 ~ 현재 한남대학교 멀티미디어공학과 교수.
<주관심분야 : Mobility Management, Proxy Mobile IPv6, IEEE 802.16e, Seamless Handover, IPTV, NGN, IMS, SOA>