철도 네트워크에서 직교 교차선로 표현을 위한 선로그래프의 개선

조동영†

요 약

선로그래프[6]는 철도 네트워크의 선로배정 문제를 표현하는 자료구조로써 내부선분과 외부선분의 개념을 갖는 연결그래프 구조이다. 선로그래프는 일반 그래프로는 나타낼 수 없는 철도 네트워크의 선로 연결방향을 표현할 수 있지만 여전히 직교 교차선로를 일관되게 표현하지는 못한다. 이 논문에서는 가상선분 개념을 도입해서 선로그래프를 확장함으로써 직교 교차선로를 포함하는 철도 네트워크의 모든 선로연결 구조를 일관되게 표현할 수 있는 방법을 설명하고, 확장된 선로그래프인 ERG(Extended Railway Graph)의 자료구조 표현방법과 경로배정 방법을 제안한다.

Enhancement of Railway Graph for Representing Othogonal Railway Crossing in a Track Network

Dong-Young Cho†

ABSTRACT

RG(Railway Graph), which is a connected graph structure with the concepts of internal and external edges, is a data structure for representing railway assignments in a track network. In RG, it is possible to represent railway connectivities considering it's forward direction which is impossible in a digraph representation. But with RG, we can not still represent an othogonoal railway crossing in a track network. In this paper, we extend RG using the concept of dummy edge. Using ERG(Extended Railway Graph), we describe a method to consistently represent track network including othogonoal railway crossings, data structure for our ERG, and path allocation algorithm in ERG.

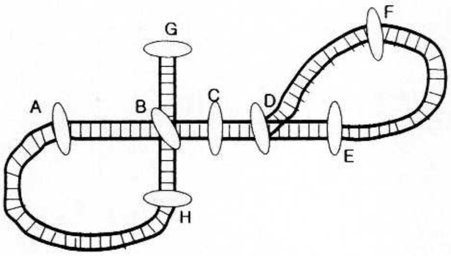
Keywords : ERG(Extended Railway Graph), graph, track network

1. 서 론

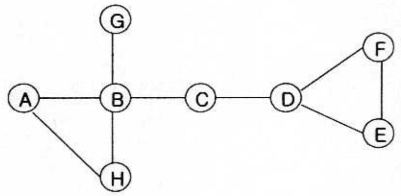
철도 네트워크의 선로연결 관리시스템에서 두 지점 사이의 경로배정이나 임의의 한 교차점에서의 선로배정 문제는 실시간 자동처리가 중요하며, 이를 위해서는 먼저 철도 네트워크의 선로연결 구조를 정확하게 표현할 수 있는 자료구조가 필요하다. 일반적으로 그래프는 네트워크의 위상구조를 표현하는데 적절한 자료구조이지만 철도 네트워크의 선로연결 구조를 표현하기에는 부적절한 데[2, 3], 이 이유는 철도 선로의 물리적 특성에 기인한다.

† 정회원: 전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 부교수

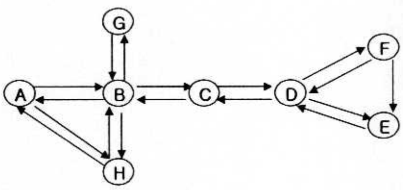
논문접수:2003 년 9월 24일, 심사완료: 2003년 10월 14일



<그림 1> 철도 네트워크 예



<그림 2> 그림1의 무방향그래프 표현



<그림 3> 그림 1의 방향그래프 표현

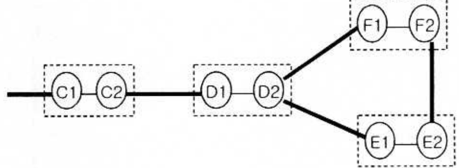
그림 1의 철도 네트워크의 교차점 B에서, 철도 선로의 물리적 특성에 기인하여 선로 A→B→C, C→B→A, G→B→H, H→B→G의 배정은 가능하지만 선로 A→B→G, G→B→A, A→B→H, H→B→A, C→B→G, G→B→C, C→B→H, H→B→C의 배정은 불가능하다. 그리고 교차점 D에서 선로 C→D→F, F→D→C, C→D→E, E→D→C의 배정은 가능하지만 선로 E→D→F 또는 F→D→E의 배정은 불가능하다. 그런데 이러한 철도 네트워크를 그림 2의 무방향 그래프 또는 그림 3의 방향그래프로 표현하면 교차점 B와 D에서는 모든 방향의 선로배정이 가능하게 된다. 따라서 일반적인 그래프 자료구조는 철도 네트워크의 전체적인 위상구조를 표현하는데는 유용하지만 교차점에서의 연결선로 배정 등을 위한 세부적인 선로의 연결구조를 표현하는 데에는 부적절하다[6].

철도 네트워크의 선로배정을 위해서는 철도 선로의 물리적 특성을 고려한 별도의 자료구조가 필요하다. 본 연구의 선행연구[6]에서는 철도 네트워크의 이러한 선로배정 문제를 나타내기 위한 방법으로 내부선분(internal edge)과 외부선분(external edge) 개념을 사용하는 선로그래프(Railway Graph, 이하 간단히 RG라고 함) 개념을 제안했다. RG에서는 철도 네트워크의 교차점 D에서의 선로배정 문제를 표현하는 방법을 제시했는데, 여전히 교차점 B의 직교 문제는 일관되게 표현하지 못했다. 본 연구에서는 [6]에서 제안했던 RG를 개선하여 철도 네트워크에서 교차점 D는 물론 직교교차점 B를 일관되게 표현하고 선로배정 문제를 해결할 수 있는 방법을 설명한다.

본 논문에서는 2장에서 본 연구과 관련된 선행연구와 문제점을 설명하고, 3장에서는 확장된 선로그래프인 ERG(Extended Railway Graph)의 정의와 특성을 설명한다. 그리고 4장에서는 제안된 ERG를 위한 자료구조와 ERG에서의 경로배정 방법을 설명한다.

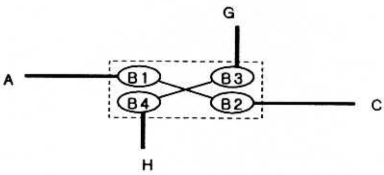
2. 선행연구 및 문제점

본 연구의 선행연구인 [6]에서는 철도 네트워크의 선로배정 문제를 위하여 RG 개념을 제안하였다. RG는 그래프의 선분을 내부선분과 외부선분으로 구분하고, RG에서 임의의 두 정점 사이의 경로를 내부선분과 외부 선분의 교대로 구성되도록 한다. RG에서 내부선분은 철도 네트워크의 교차점에서의 선로연결을 표현하기 위한 것이고, 외부선분은 철도 네트워크의 전역적인 연결을 표현하기 위한 것이다.



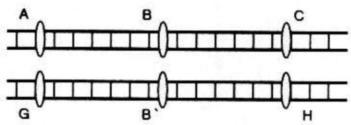
<그림 4> 그림 1의 D에 대한 RG 표현

RG에서는 그림 1의 교차점 D에서의 선로배정 문제를 그림 4에서와 같이 표현해서 C2→D1→D2→F1, C2→D1→D2→E1의 경로배정은 허용하지만 F1→D2→E1, E1→D2→F1의 배정은 허용하지 않는다. 그러나 RG에서는 그림 1의 B와 같이 직교하는 교차점을 표현하는 데에는 여전히 문제를 갖는다. 교차점 B는 두 철도 노선이 직교하여 교차함으로써 동시에 교차점을 통과할수 없고 또 진행방향에서 벗어나 직각으로 통과할 수 없다는 특성을 갖는다. 교차점 B를 RG로 표현하면 그림 5와 같이 표현되는데, 이것은 그림 6과 같이 교차점을 갖지 않는 철도 네트워크를 표현한 그림 7의 RG 표현과 논리적으로 동일한 표현이 된다.

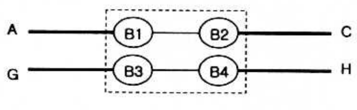


[B]={B1, B2, B3, B4}

<그림 5> 그림 1의 B에 대한 RG 표현



<그림 6> 철도네트워크 예



[B]={B1, B2}, [B']={B3, b4}

<그림 7> 그림 6에 대한 RG 표현

즉, 그림 5의 RG 표현에서는 정점 B1, B2, B3, B4가 교차한다는 사실을 표현하지 못하고 있다. 이러한 정점들이 교차한다는 사실을 RG에서는 교차점에서 정의되는 정점들의 내부선분들에 의한 연결성을 통해 표현하는데, 그림 5와 그림7의 RG에서 내부선분들은 연결되지 않고 있다. 본 연구에서는 RG의 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 가상선분(dummy edge) 개념을 정의하고, 이를 이용하여 철도 네트워크의 선로배정을 문제를 표현한다.

3. 교차선로 표현을 위한 ERG

3.1. 가상 내부선분 개념

ERG(Extended RG)는 [6]에서 정의한 RG에 가상선분 개념을 도입하여 철도 네트워크의 교차점 선로배정 문제를 표현한다.

[정의 1] 확장된 선로그래프 ERG G에서, 가상선분 <v,w>는 다음의 특성을 만족한다.

① 선분 <v,w>는 내부선분이다.

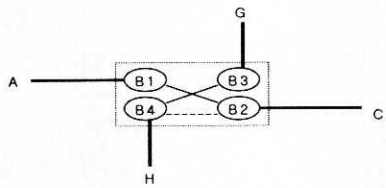
② 선분 <v,w>는 G의 경로배정에서 고려되지 않는다.

③ v에서 w로의 1개 이상의 외부선분을 포함하는 경로는 존재하지 않는다.

가상선분은 철도 네트워크의 교차점에서 정의되는 내부선분들의 연결성을 보장하기 위한 개념으로, RG에서 임의의 두 정점 사이의 전역경로를 배정을 할 때는 고려되지 않는다. 그리고 정의 1의 특성 ③은 가상선분이 서로 다른 교차점을 나타내는 정점들 사이에는 정의될 수 없음을 의미한다. 그림 4에서, 만약 두 정점 C2와 E1 사이에 가상선분 <C2,E1>을 정의하면, 전역경로 C2→D1→D2→E1이 존재하고 선분 <C2,D1>, <D2,E1>는 외부선분이므로, 위의 특성 ③에 위배된다. 따라서 가상선분 <C2,E1>은 정의될 수 없다.

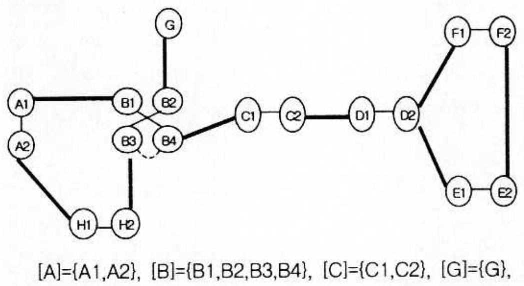
2장에서도 설명한 것처럼, 그림 1의 교차점 B를 RG로 표현하면 그림 5와 같이 정점 B1, B2, B3, B4들은 내부선분들에 의해 연결되지 않으며, 이것은 정점들이 동일한 교차점을 구성한다는 표현하지 못한다. 그런데 ERG에서는 그림 8과 같

이, 가상선분 <B2,B4>를 추가해서, 4개 정점들은 내부선분들에 의해 연결되도록 표현할 수 있으며, 이것은 이 정점들이 동일한 교차점 B에 대응한다는 것을 의미하게 된다. 가상선분 개념의 도입은 기존의 RG에서 실제 철도 네트워크의 선로배정에는 영향을 주지 않고 단지 동일한 교차점을 나타내는 정점들이 내부선분에 의해 연결되는 것을 보장한다.



<그림 8> 그림1의 B에 대한 ERG 표현

ERG에서 선분들은 세 종류 즉, 가상선분과 내부선분, 외부선분로 구분된다. 내부선분은 철도 네트워크의 교차점이나 특정역 구내에서의 선로 연결성을 표현하고, 외부선분은 지리적으로 떨어져 있는 철도 정착역 사이의 선로연결성을 표현한다. 그리고 ERG에서 두 정점 사이의 전역경로는 내부선분과 외부선분의 연속적인 교대로 구성되며, 이때 가상선분은 전역경로의 구성에서 고려되지 않는다. 즉, ERG에서는 2개 이상의 연속적인 내부선분들로 구성되거나 2개 이상의 연속적인 외부선분들로 구성되는 전역경로는 정의되지 않는다.



[A]={A1,A2}, [B]={B1,B2,B3,B4}, [C]={C1,C2}, [G]={G},
[D]={D1,D2}, [E]={E1,E2}, [F]={F1,F2}, [H]={H1,H2}

<그림 9> 그림 1에 대한 ERG 표현

그림 9는 그림 1의 철도 네트워크에 대한 ERG 표현으로, 교차점 [D]에서, 전역경로 [C]→[D]→[F], [C]→[D]→[E], [E]→[D]→[C,], [F]→[D]→[C]의 선로배정은 가능하지만 전역경로 [F]→[D]→[E] 또는 [E]→[D]→[F]의 배정은 불가능하다. 또한 직교로 교차하는 교차점 B에서 [A]→[B]→[C], [C]→[B]→[A], [G]→[B]→[H], [H]→[B]→[G]의 선로배정은 가능하지만 [A]→[B]→[G], [G]→[B]→[A], [A]→[B]→[H], [H]→[B]→[A], [C]→[B]→[G], [G]→[B]→[C], [C]→[B]→[H], [H]→[B]→[C]의 선로배정은 허용되지 않는다. 여기서 [A], [B], [C], [D], [E], [F], [G]는 내부선분들의 연결성에 의해 동치관계인 정점들의 집합으로 각각 {A1,A2}, {B1,B2,B3,B4}, {C1,C2}, {D1,D2}, {E1,E2}, {F1,F2}, {H1,H2}, {G}를 의미한다.

3.2 ERG의 형식정의와 특성

여기서는 3.1절에서 설명한 ERG에 대한 형식정의(formal defination)와 특성을 설명한다.

[정의 2] ERG G는 하나 이상의 정점들의 집합 V와 가상선분들의 집합 E_{dummy}, 내부선분들의 집합 E_{in}, 외부선분들의 집합 E_{out}으로 구성되는 선분들의 집합 E로 구성(즉, $G=\langle V, E\rangle$)되며, 다음과 같은 특성을 갖는다.

① $E = E_{dummy} \cup E_{in} \cup E_{out}$

② 만약 $\langle v_1,w_1\rangle,\langle v_2,w_2\rangle \in E_{in}$이면, 정점 v_1, v_2, w_1, w_2는 내부선분들과 가상선분들만으로 연결된다.

③ 만약 $\langle v_1,w\rangle \in E_{out}$이고 $\langle w,v_2\rangle \in E_{in}$이면, 두 정점 v_1, v_2는 내부선분들만으로는 연결될 수 없다.

[정의 3] ERG $G=\langle V, E\rangle$에서, 두 정점 사이의 지역경로(local path)는 내부선분들과 가상선분들의 집합으로 구성된다. 즉, ERG G의 임의의 두 정점 v, w에 대해, v에서 w로의 지역경로 $L\text{-}Path(v,w)=(x_1,x_2,...,x_n)$는 다음을 만족한다.

① $x_1=v$, $x_n=w$

② $\{\langle x_1,x_2\rangle,.. ,\langle x_{n-1},x_n\rangle\} \subseteq E_{in} \cup E_{dummy}$

[정의 4] ERG G=<V, E>에서, 두 정점 v, w 사이의 전역경로(global path)는 0개 이상의 내부선분과 1개 이상의 외부선분들의 교대로 구성된다. 즉, ERG G의 임의의 두 정점 v, w에 대해, v에서 w로의 전역경로 G-Path(v,w)=(x_1, x_2, ..., x_n)는 다음을 만족한다.

① x_1=v, x_n=w

② i=1, 2, .., n-2 에 대해, 만약 (x_i,x_{i+1})∈E_{dummy}∪E_{in} 이면 (x_{i+1},x_{i+2})∈E_{out} 이다.

③ i=1, 2,..., n-2 에 대해, 만약 (x_i,x_{i+1})∈E_{out} 이면 (x_{i+1},x_{i+2}) ∈ E_{dummy}∪E_{in} 이다.

정의 4로부터, 그림 9의 ERG에서 전역경로 E1→D2→F1은 2개의 연속된 외부선분들로 구성되기 때문에 허용되지 않는다. 또한 전역경로 A1→B1→B4→C1과 G→B2→B3→H2는 가능하지만, 내부선분 <B1,B2>, <B1,B3>, <B2,B4>, <B3,B4>가 없기 때문에 전역경로 A1→B1→B2→G, A1→B1→B3→H2, C1→B4→B3→H2, C1→B4→B2→G는 정의되지 않는다. 특히, 가상선분 <B3,B4>는 ERG의 경로배정에서 고려되지 않기 때문에 전역경로 (C1, B4, B3, H2)는 존재할 수 없다.

한편, ERG 표현은 그래프 표현과 비교할 때 정점의 개수가 많은 문제를 가지고 있는데, 이러한 문제는 정점들 사이의 내부선분에 의한 연결성 관계를 이용한 쿼션트 그래프(quotient graph) 개념을 사용하여 해결할 수 있다. ERG에 대한 쿼션트 그래프는 ERG가 일반 그래프 구조로 변환되는 수단을 제공한다.

[정의 5] ERG G=<V, E>의 두 정점 v에서 w에 대해, 동일지역성(same locality) 관계 L은 다음과 같이 정의된다.

(v, w) ∈ L ⇔ v에서 w로의 내부경로 L-Path(v,w)=<x_1,x_2,...,x_{n-1},x_n>이 존재한다. 여기서, x_1=v, x_n=w 이고, i=1, 2, ..,n-1에 대해 <x_i, x_{i+1}>∈E_{dummy}∪E_{in} 이다.

[보조정리] ERG G=<V, E>에서 동일지역성 관계 L은 동치관계(equivalance relation)이다.

[증명] ①∀ v∈V에 대해, 선분 (v,v)는 ERG에서 어떤 의미를 갖지 않으므로 (v,v) ∈L로 간주할 수 있다. ② ERG는 무방향 그래프이므로 (x,y) ∈ L 이면, (y,x)∈L 이다. ③ (x,y), (y,z)∈L이면, 내부경로 L-Path(x,y), L-Path (y,z)가 존재한다. 두 경로를 연결하면, 내부경로 L-Path (x,z)도 존재하므로, (x,z)∈L. 따라서, ①, ②, ③으로부터 동일지역성 관계 L은 동치관계이다.

[정의 6] ERG G=<V, E>를 동일지역성 관계 L로 분할(partition)해서 생성되는 G의 쿼션트 그래프 G/L은 다음과 같이 정의된다.

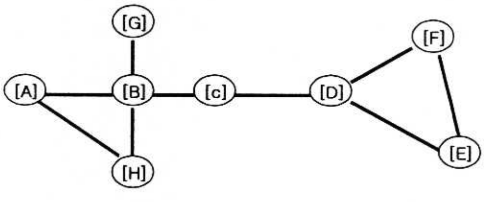
G/L = <V/L, E/L> ,

여기서,

V/L = { V/L[v] | V/L[v] = { w|w∈V, (v,w)∈L } },

E/L = { <V/L[v],V/L[w]> | V/L[v],V/L[w]∈V/L, <v,w>∈E_{out} }

위 정의에서 ERG G의 쿼션트그래프 G/L을 Quot(G)로 표현하고, V/L, E/L을 각각 Quot(G,V), Quot(G,E)로 표현한다.



[A]={A1,A2} , [B]={B1,B2,B3,B4}, [C]={C1, C2}
[D]={D1,D2}, [E]={E1,E2}, [F]={F1,F2},
[G]={G}, [H]={H1,H2}

<그림 10> 그림 9의 ERG에 대한 쿼션트그래프

그림 10은 그림 9의 ERG에 대한 쿼션트 그래프를 나타낸다. 그림 10에서 보는 바와 같이, 쿼션트 그래프 Quot(G)는 G에서 동치관계인 동일지역성 관계 L에 의해 분할된 정점들의 집합

(Quot(G,V))과 G의 외부경로 집합(Quot(G,E) $=E_{out}$)으로 구성되는 일반 그래프 구조가 된다. 쿼션트 그래프 Quot(G)는 ERG G에서 외부선분들만으로 표현되는 철도 네트워크의 위상구조를 나타낸다.

3.3 ERG 모델링 방법

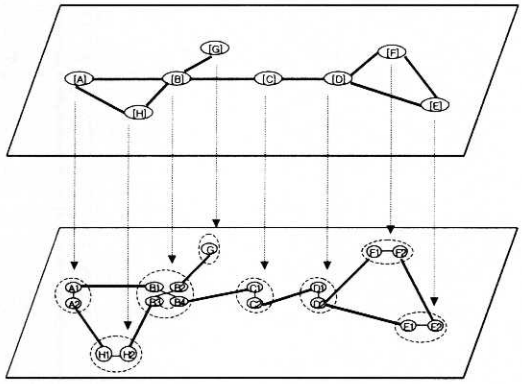
ERG는 철도 네트워크의 선로배정 문제를 나타내기 위한 자료구조로 앞에서도 지적한 것처럼, 일반 그래프 구조와 비교해서 많은 정점들을 갖지만 동일지역성 관계를 의해 구성되는 쿼션트 그래프를 사용해서 그 문제점을 극복할 수 있다. 일반적으로 철도 네트워크를 ERG로 표현하면 철도 네트워크에서 교차점들이나 철도의 정착역은 내부선분으로 표현되고, 철도 네트워크의 전역적인 위상구조는 ERG에 대한 쿼션트 그래프로 이원화해서 표현할 수 있다. ERG를 이용해서 철도 네트워크를 모델링하면, 그림 11에서 보는 바와 같이, 먼저 외부선분들로 구성되는 쿼션트 그래프를 구성하고, 쿼션트 그래프의 각 정점들에 대해 내부선분과 가상선분을 구성하는 단계적 접근 방법으로 수행할 수 있는데, 그 방법은 다음과 같다.

1) 구성되는 철도 네트워크에서 교차점이나 철도의 정차지점들을 쿼션트 그래프(일반 무방향 그래프)의 정점으로 표현한다.

2) 위의 1)에서 표현된 쿼션트 그래프의 각 정점에 대해 선로의 연결성을 고려하여 외부선분을 구성한다.

3) 쿼션트 그래프의 각 정점에 대해, 외부선분에 인접한 정점들과의 연결특성을 고려해서 각 정점을 동치관계인 정점들의 집합으로 분할하고, 선로연결 특성을 고려해서 이 정점들 사이의 내부선분을 정의한다.

4) 위의 3)에서 구성된 각 정점들에 대한 동치관계 정점들의 집합이 내부선분에 의해 연결되지 않는다면, 연결성을 보장하기 위해 최소 개수의 가상선분을 추가적으로 구성한다.



<그림 11> 쿼션트 그래프를 이용한 ERG의 모델링 예

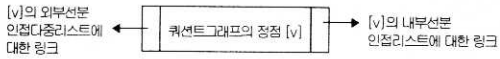
그림 11에서, 쿼션트 그래프의 교차점 B는 위의 3)에 의해 동치관계인 정점들의 집합 {B1, B2, B3, B4}로 분할되고, 교차점 B에서의 연결특성을 고려해서 내부선분 <B1,B4>, <B2,B3>를 구성한다. 그러나 이 두 선분에 의해 정점집합 [B]={B1, B2, B3, B4}이 연결되지 못하기 때문에 가상선분 <B3,B4>을 추가적으로 구성해서 정점집합 [B]={B1, B2, B3, B4}은 연결되도록 한다.

4. ERG의 표현과 경로탐색

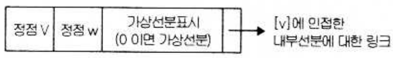
4.1 ERG 표현을 위한 자료구조

그래프의 표현방법은 인접행렬, 인접리스트, 그리고 인접다중리스트 표현방법이 있지만[1,2,3], ERG는 많은 정점들로 인해 기존 그래프 표현 방법으로 저장하면 많은 메모리를 필요로 하게 된다. 이러한 ERG의 표현문제는 ERG와 쿼션트 그래프의 관계를 이용하면 해결할 수 있는데[6]. ERG의 메모리 표현을 위한 자료구조를 설명하면 다음과 같다.

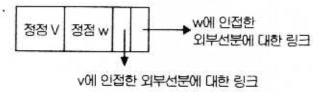
ERG에서 동일지역성 관계를 이용하여 정점들의 집합으로부터 동치관계 집합(equivalence realtion class)을 구성하고, 이것을 쿼션트 그래프의 정점들로 나타낸다. ERG의 외부선분들은



가) 헤드노드의 구조



나) 인접 내부선분 리스트의 노드구조



다) 인접 외부선분 리스트의 노드구조

<그림 12> ERG 저장을 위한 노드구조

퀴션트 그래프의 정점들에 대한 외부선분 인접리스트 표현을 이용하여 나타낸다. 그리고 퀴션트 그래프의 각 정점에 대응하는 ERG의 정점들은 내부선분과 가상선분에 의해 항상 연결되고 있으므로, ERG의 내부선분들은 퀴션트 그래프의 각 정점들에 대한 내부선분 인접리스트 표현으로 나타낼 수 있다. 즉, ERG의 외부선분들은 퀴션트 그래프의 각 정점에 대한 인접다중 리스트로 표현하고, 내부선분들은 퀴션트 그래프의 각 정점에 대한 내부정점들의 인접리스트로 표현하면 된다. 그림 12는 이러한 방법으로 ERG를 저장하기 위한 각 노드의 구조를 나타내고, 그림 13은 그림 12의 노드구조를 사용해서 그림 9의 ERG에 대한 자료구조 표현을 나타낸 것이다.

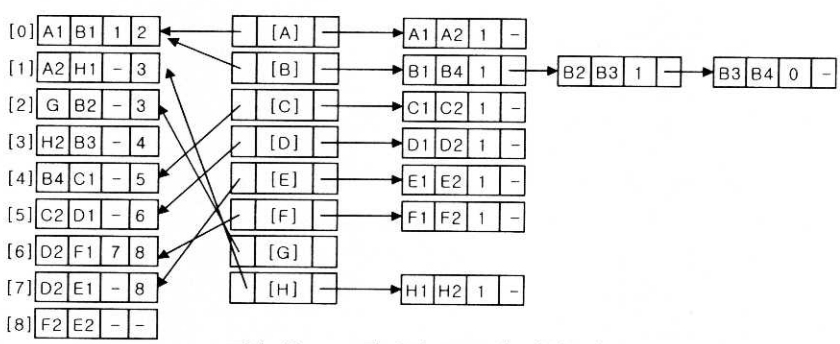
4.2 ERG의 경로배정 방법

Quot(G)를 ERG G에 대한 퀴션트 그래프라고 할 때, G의 서로 다른 두 정점 i, j에 대해, 정점 i에서 j로의 전역경로를 배정하는 방법은 다음과 같다.

① ERG G에 대한 퀴션트 그래프 Quot(G)를 구성한다.

② Quot(G)에 대해 [i]에서 [j]로의 전역경로를 생성한다(여기서, [i], [j] ∈ Quot(G,V)). 퀴션트 그래프 표현에서의 경로배정은 일반그래프의 경로탐색 알고리즘[3,4,5]을 적용할 수 있다. ERG에 대한 전역경로 탐색 알고리즘은 다음과 같다.

```
Algorithm  search_path(Quot(G), [i], [j]) {
  // v : 출발점
  // path_set : 경로 [i] → [j]의 점들의 집합
  // visited[x] : 점 x의 방문여부 표시배열
  v← [i];
  path_set ← v;
  visited[v] ← true;
  for (each vertex w adjacent to v in Quot(G)) do {
    if (w=[j]) {
      path_set ← path_set∪{ w };
      return;
    }
  if not visited[w] then search_path(Quot(G), w, [j]);
  }
}
```



<그림 13> 그림 9의 ERG에 대한 저장 구조

③ ②에서 생성된 경로 P=[i]→[j]의 각 중간정점들에 대해 경로 P가 내부선분에 의해 연결되는지를 검사한다. 즉, P의 각 중간점 [v]에 대해, v_1, $v_2 \in$[v]인 내부선분 <v_1,v_2>가 E_{in} 에 존재하면, ERG에서 경로 P는 해당 중간점을 경유하게 된다. 경로 P의 모든 중간 정점들이 앞의 조건을 만족하면 경로 P는 ERG에서 유효한 경로가 된다.

예를 들면, 그림 13의 ERG 표현에서, 두 정점 [A], [C] 사이의 경로 [A]→[B]→[C]의 존재여부는 다음과 같은 방법으로 알아낼 수 있다.

1) ERG의 외부선분 표현에서, 정점 [A]의 인접 외부선분 리스트를 조사하여 정점 B와 동치관계 정점들[B]을 포함하는 외부선분이 존재하는지를 조사한다. 그림 13에서는 외부선분 <A1, B1>이 존재한다.

2) 만약 정점 B와 동치관계인 정점 [B]가 존재하면, 선택된 점 Bi에 대해, [B]에 대한 외부선분 표현에서 Bi로 시작되는 내부선분(단, 선분 <Bi,Ai>와 가상선분들은 고려하지 않는다)를 선택하고, 선택된 선분의 종결점이 [C]인지를 검사한다. 만약 이러한 내부선분이 존재하면, 경로 [A]→[B]→[C]는 ERG에서 유효한 경로가 되고, 그러지 않으면 경로 [A]→[B]→[C]는 ERG에서 존재할 수 없다. 만약 정점 B와 동치관계인 정점 [B]가 존재하지 않으면, ERG에서 경로 [A]→[B]→[C]는 존재하지 않는다. 그림 13에서는 외부선분 <B4, C1>이 이러한 조건을 만족한다.

5. 결 론

철도 네트워크 관리에서 교차점에서의 선로배정이나 선로교환의 자동 제어문제는 매우 중요하며, 이를 처리하는 자동시스템의 개발을 위해서는 일반 그래프 구조는 부적절하기 때문에 철도 네트워크의 선로연결 특성을 고려하여 철도네트워크의 위상구조를 적절하게 표현할 수 있는 별도의 데이터 구조가 필요하다. 본 논문에서는 철도 네트워크의 선로배정 문제를 해결하기 위해 제안되었던 RG[6]의 후속 연구로서, 철도 네트워크에서 직교 교차점의 표현 문제를 해결할 수 있도록 [6]의 RG를 확장한 ERG를 제안, 설명하고, ERG에서의 경로배정 방법을 설명하였다.

ERG에서는 기존 RG의 내부선분와 외부선분 개념 외에 가상선분 개념을 추가해서 가상선분과 내부선분의 연결성에 의해 철도 네트워크의 교차점에서의 세부 선로연결들을 표현하고, 외부선분은 지리적으로 떨어져 있는 서로 다른 두 간이역 사이의 연결성을 표현한다. ERG에서는 일반 그래프와는 달리 임의 두 정점 사이의 전역적인 경로를 내부선분과 외부선분의 연속적인 교대로 구성된다. 향후 후속 연구에서는 철도 네트워크 교차점에서 시차를 고려한 선로배정 문제를 해결하기 위해 ERG에 시간 개념의 사용을 고려해야 한다.

참 고 문 헌

[1] A. Michael Berman, Data Structures via C++: Objects by Evolution, Oxford University Press, 1997.

[2] Ellis Horowitz, Sartaj Sahni and Susan Anderson-Freed, Fundamentals of Data Structures in C, Computer Science Press, 1993.

[3] Mark Allen Weiss, Data Structures and Algorithm Analysis in C, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1993.

[4] Richard Neapolitan, Kumarss Naimipour, Foundations of Algorithms, D. C. Heath and Company, 1996.

[5] William J. Collins, Data Structures:An Object-Oriented Approach, Addison-Wesley Publishing Company, 1985.

[6] 조동영, 선로그래프를 이용한 철도망 위상 표현 방법, 멀티미디어학회 논문지, 제 5권 제 1호, pp 114-119, 한국멀티미디어학회, 2002.

조 동 영

1986 고려대학교 이학사
(수학교육학 전공)
1988 고려대학교 이학석사
(전산학 전공)
1992 고려대학교 이학박사
(전산학 전공)
1993~현재 전주대학교
정보기술컴퓨터공학부 부교수
관심분야 : 데이터베이스, 데이타마이닝,, XML
E-Mail: chody@jeonju.ac.kr