

그리드 구조를 갖는 신호등망에서의 경로제어 평가를 위한 기본 모듈 구현 1)

이정훈
제주대학교 전산통계학과
e-mail:jhlee@jejunu.ac.kr

Implementation of essential evaluation modules on the grid-style traffic light network

Junghoon Lee
Dept of Computer Science and Statistics
Jeju National University

요 약

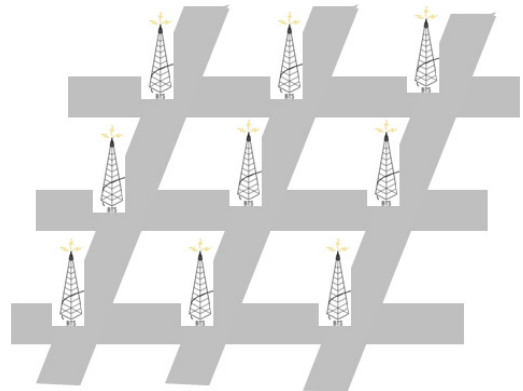
본 논문에서는 그리드 형태의 레이아웃을 갖는 도시지역 신호등망에 대해 효율적인 라우팅 기법을 개발하고 평가할 수 있는 프레임워크를 구성한다. 신호등망은 다중인접 그래프로 자료구조화하며 직접 통신이 가능한 노드들에게는 링크가 추가되었다. 또 전송 전에 channel probing에 의해 경로를 선택하는 split-merge 방식을 고려하여 가상링크를 그래프에 추가하고 이의 비용을 산정한다. 이후 Dijkstra 알고리즘과 같이 프레임워크에서 제공되는 경로 탐색 기능으로 하여금 가상링크를 포함한 경로를 찾은 다음 최종적으로 이 경로를 기반으로 가상링크를 실제링크로 변환하도록 하였다. 이를 바탕으로 슬롯 오류 비율을 변화시켜가면서 실제 전송 성공률을 측정할 수 있으며 새로운 경로배정 알고리즘 개발을 위한 피드백을 제공할 수 있다.

1. 서론

차량 네트워크는 차량간 혹은 차량과 정보 서비스와의 연결을 지원하는 목적을 가지며 응용의 요구에 따라 다양한 통신형태를 가진다. 애드혹 차량 네트워크 혹은 셀룰라 망 기반 네트워크와 같이 차량들만이 대부분 네트워크에 참여하지만 경우에 따라 노변장치 (RoadSide Unit), 게이트웨이 등 정적인 위치에 설치되는 네트워크 장치들이 설치된다[1]. 이러한 정적 장치들은 셀룰라망 기반 네트워크의 높은 통신비용과 애드혹 네트워크의 잦은 통신 단절을 극복할 수 있도록 한다. 차량들은 자신들간의 통신뿐만 아니라 정적 장치를 이용하여 인터넷과 같은 글로벌 네트워크에 접근할 수 있고 주변에 차량 호스트가 없을 경우 정적 게이트웨이에 중계할 메시지를 남겨놓을 수 있다.

이러한 게이트웨이 장치들은 노변을 따라 차량의 통행이 빈번한 곳에 설치되어야 하는데 거리의 신호등은 이러한 게이트웨이들을 설치하는데 유리한 환경을 제공한다. 특히 전원공급이 용이하고 일반인들의 접근이 어려운 곳에 위치하고 있으며 글로벌 네트워크와 유선 연결까지도 기할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 신호등들은 교차로에 위치하면 현대적인 도시에서 도로 네트워크는 (그림 1)에서 보는 바와 같이 맨해튼 스타일, 즉 정방형 구조를 갖는다[2]. 따라서 신호등망은 그리드 네트워크와 같은 구조적 특성을

갖는다. 이러한 네트워크에서 각 통신 노드들은 수직 및 수평으로 인접한 노드들과 메시지를 교환할 수 있어서 협력적인 신호등의 연동과 같은 제어기능도 지원가능하다.



(그림 1) 신호등망의 구조

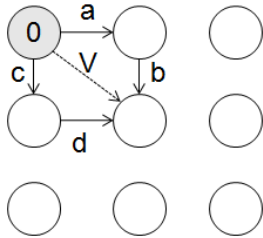
신호등망에서 노드와 노드간의 통신을 수행하려면 정확한 경로 설정이 중요하다. 또 통신은 하나의 제어 노드에서 다른 노드들에게 제어 메시지를 순차적으로 전송하고 센서 수집 데이터를 역시 순차적으로 수행하는 공정 제어와 같은 형태가 많이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 무선 인터페이스의 전송거리와 현재의 오류율에 따라 제어 노드에서 다른 노드들까지 메시지 전송 경로 결정 기능을 구현하고자 한다. 이 과정은 신호등망을 자료구조화하고

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2009-C1090-0902-0040)

오류율을 그래프 비용으로 설정하여 다익스트라 알고리즘을 구현할 수 있는 프레임워크를 구성한다.

2. 경로설정 모듈의 구현

먼저 (그림 1)의 신호등망은 일반적인 그래프로 자료구조화된다. 즉 각 노드들은 최대 4 개의 링크를 갖게 되며 각 링크는 비용으로 메시지 전송 오류율을 갖는다. 링크의 메시지 전송 오류율은 위치에 따라 전송 전력 크기에 따라 정해지며 지속적인 측정에 의해 값을 추정한다. 또 신호등망에서 채널 센싱을 통한 split-merge 연산을 고려한다면 가상 링크의 추가도 가능하다[3]. split-merge 연산은 전송직전 channel probing이 가능한 경우[4] 이 결과에 따라 대각선 방향으로 진행할 노드를 선택하는 라우팅으로서 대각 노드까지 수평+수직, 수직+수평 등 두 방향, 즉 a->b 혹은 c->d 로의 메시지 진행이 가능하다.



(그림 2) 신호등망의 그래프 표현과 가상링크

이때의 오류율을 $E(V)$ 이라 하고 각 방향의 오류율을 $E(a)$, $E(b)$, $E(c)$, $E(d)$ 라 하면 이때 대각방향의 가상 링크 오류율은 다음과 같이 계산되며 업링크, 즉 일반 노드로부터 제어 노드까지의 전송 라우팅은 역방향으로 계산될 수 있다.

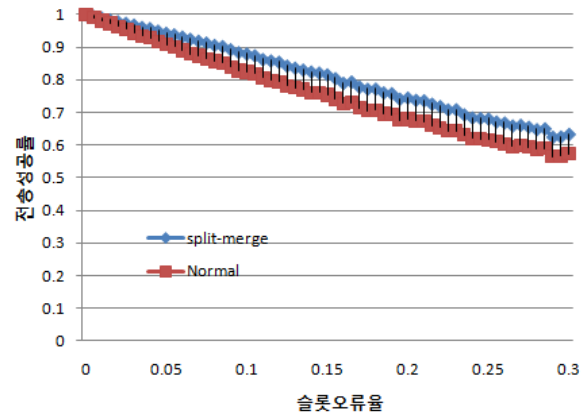
$$E(V) = 1 - (1 - E(a))(1 - E(b)) - (1 - E(c))(1 - E(d))$$

결국 a, b, c, d와 같은 기존의 링크들 이외에도 V와 같은 가상 링크가 그래프에 추가된다. 3*3 그래프에서는 4점으로 이루어진 4각형의 개수만큼 즉 4개의 가상링크들이 추가된다. 비용 그래프는 다중인접 리스트로 구현이 되었으며 다음과 같은 방식으로 Dijkstra의 알고리즘이 Visual C++ 언어를 기반으로 구현되었다. 이때 비용 대신 오류율로 그래프가 주어지므로 기존의 hop 추가시 비용이 더해지는 과정을 오류율이 곱해지는 과정으로 대체하여야 하며 현재 스캔 노드까지의 누계 오류율이 제일 작은 노드를 선택하여 다음 스캔을 진행한다.

```
Set the source node to the selected node
At each step (n iterations)
    select the node which has the minimum cost (need n iterations)
    update the cost C(n) = Min(C(n), C(W)*I(W,n))
until the selected node is the destination
```

3. 수행 결과 및 결론

(그림 3)은 구현된 프로그램을 이용하여 각 링크의 오류율을 랜덤으로 생성하고 가장 예상 오류율이 적은 경로를 선택했을 때의 오류율을 예측한 결과이다. 가상 링크가 있는 경우와 가상링크가 없는 경우로 나누어 그림에서 split-merge라고 표시된 곡선은 가상링크가 있는 경우이다. 본 논문에서 구현된 경로 탐색기는 이와 같이 다양한 경로 배정 알고리즘에 대해 전송 오류율을 예측할 수 있다.



(그림 3) 슬롯 오류율과 전송성공률

본 논문에서는 그리드 형태의 레이아웃을 갖는 도시지역 신호등망에 대해 효율적인 라우팅 기법을 개발하고 평가할 수 있는 프레임워크를 구성하였다. 특히 전송전 channel probing에 의해 경로를 선택하는 split-merge 방식에 대해 가상링크를 그래프에 추가하고 이의 비용을 산정하여 Dijkstra 알고리즘 모듈로 하여금 가상링크를 포함한 경로를 찾고 이 경로를 기반으로 가상링크를 실제링크로 변환하도록 하였다. 현재 공정제어에서 일반적인 일대다 경로제어와 일반 통신에서 필요한 A*기반 일대일 경로제어가 구현되어 있으며 다양한 경로제어 기본 모듈들이 쉽게 추가될 수 있다.

참고문헌

- [1] Yu, B., Gong, J., Xu, C., "Data aggregation and roadside unit placement for a vanet traffic information system," *ACM VANET*, pp. 49-57. 2008.
- [2] Jaap, S., Bechler, M., Wolf, L., "Evaluation of Routing Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks in City Traffic Scenarios." *Intelligent Transportation Systems Telecommunications*, 2005.
- [3] J. Lee, I. Shin, C. Kim, "Design of a reliable traffic control system on city area based on a wireless network," *ICCSA*, pp.821-830, June 2009.
- [4] Ramchandran, I., Roy, S.: Clear channel assessment in energy-constrained wideband wireless networks. *IEEE Wireless Magazine*, pp. 70-78. 2007.