

해상이동통신망에서 교차 영역을 위한 항로 기반 경로배정 프로토콜

손주영*, 김택현**

*한국해양대학교 IT공학부 교수, **한국해양대학교 IT공학부

A Course-based Routing Protocol for Crossing Areas in a Mobile Ad Hoc Network at Sea

Jooyoung Son*, Taek-Hyun Kim**

*Division of Information Technology, Korea Maritime University

**Division of Information Technology, Korea Maritime University

요 약 : 현재 바다위에서 항해 또는 조업하는 선박들은 기술적 또는 경제적인 이유로 인터넷의 음영지역에 놓여있는 상황이다. 육상의 인터넷 서비스가 그대로 해상에서 가능하기 위해서는 기지국과 같은 중앙통제 시스템이 없는 MANET 기반으로 통신망 모델을 설계해야한다. 본 논문에서는 육상 단말기와 차별화되는 해상 단말기의 특성과 이점을 고려하여 새롭게 해상 MANET 모델을 설계하고 경로배정 프로토콜을 제안하였다. MANET을 선박의 밀도가 가장 높은 항로를 기반으로 형성하고, 패킷을 상호 전달하고자 하는 두 선박이 위치한 항로의 교차점을 기준으로 최적의 패킷 전달 경로를 찾는 프로토콜을 새롭게 제안하였다. 기존의 MANET 모델 가운데 지리 정보를 이용하는 대표적 프로토콜인 LAR과의 성능 평가 비교에서 경로를 찾아내는 성능이 약 35% 향상되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

핵심용어 : 항로기반, 교차 영역, 경로배정 프로토콜, 해상이동통신망, 애드 혹 네트워크

ABSTRACT : Nowadays, ships at sea are still in the dark area of the Internet because of the technical and economical reasons. In order for the ships at sea to be served as good as the Internet service on land, a communication model should be designed, which is based on mobile ad hoc network models. In this paper, a MANET model has been designed and a routing protocol has been introduced, which are fully considering the characteristics of nodes at sea different from those of on land. A MANET is established as course-based on which most of vessels may stay. A new routing algorithm is for the crossing area of courses of two ships which are transmitting packets to each other. The performance has been evaluated and compared with the best-known location-based routing protocol, LAR by simulations. It has shown that our algorithm improves 35 % in the rate of finding out the shortest path.

KEYWORDS : Course-based, Crossing area, Routing Protocol, MANET at Sea, Ad Hoc Network

1. 서 론

바다 위에서 항해하거나 조업하는 선박들은 현재 인터넷의 음영지역에 놓여있다고 해도 과언이 아닌 상황이다. 해상 통신망은 MF, HF, VHF 라디오 통신 또는 해사통신위성(Inmarsat)을 이용한다. 이는 극히 낮은 대역폭 또는 비싼 사용료 등으로 육상의 일반적인 인터넷 웹 서비스에도 접속이 불가능한 상태이다.

이를 극복하기 위하여 선박에 이동전화의 이동 기지국을

가설하고, 3세대 이동전화(W-CDMA)를 이용한 인터넷 접속을 시도하였으나 낮은 대역폭(64 Kbps~2Mbps)으로 육상에서의 이동전화를 이용한 이동 인터넷과 같거나 열악한 환경이라 인터넷 접속 품질이 매우 좋지 않다. 육지와 일정 거리(95Km) 이상 멀어지면 접속 자체가 불가능한 점도 내재한다. 웹 서비스를 위해 시도되는 또 다른 방법은, 해안 특히 항구에 무선 LAN의 AP(Access Point)를 설치하고, 인근 해안 또는 항구에 정박 중인 선박에서 무선 LAN을 통해 인터넷에 접속하는 것이다. 이 경우, 대역폭 면에서는 앞선 방식에 비해 상당히 넓어

* mmlab@mail.hhu.ac.kr 051)410-4575

** malicemind@hanmail.net 051)410-4570

진(11 Mbps~54 Mbps)점이 있지만, AP와의 유효 이격 거리가 매우 가까운(100M) 점과 이동하는 선박 경우 접속이 불가능한 점도 결정적인 단점이다. 따라서 바다 위의 선박들이 새로운 통신망 체계를 갖추고, 그것을 광대역 인터넷과 연동시킴으로써 멀티미디어 인터넷 응용 서비스를 육상과 동일한 품질로 받을 수 있도록 하여야 한다.

현재 기반 기술로서 먼 거리 무선 이동 통신이 가능한 광대역 링크 기술은 HSDPA(High Speed Down link Packet Access), WiMax, 그리고 WiBro 기술 등이 있다[11][12]. 이 기술을 이용하면서 지리적 제약점을 극복하여 해상의 모든 선박이 광대역 통신망에 접속할 수 있는 해상통신망 모델이 필요하다.

해상 통신망 모델로 적합한 망 모델은 인프라 구조가 없는 MANET(Mobile Ad Hoc Network) 기반 모델이다[2]. 본 논문에서 제안하는 해상 MANET 모델은 육상의 일반적인 단말기(PDA, 셀룰러전화기 등)들과 다른 특성과 이점을 가진 해상의 선박에 탑재되어 있는 단말기(일반적으로 데스크 PC)들이 가지고 있는 풍부한 자원과 데이터 처리 능력, 무한한 전원 공급이 가능한 점을 고려하고, 선박들의 움직임에 대한 예측이 육상의 그것들보다 쉬운 점, 그리고 선박들의 위치 정보를 즉각 파악할 수 있는 점을 이용한다. 그리고 그 모델에 적합한 경로배정 프로토콜을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 MANET 모델과 경로배정 프로토콜을 살펴보고 문제점들을 고찰한다. 3장에서 본 논문에서 제안하는 모델과 4장에서는 제안하는 경로배정 프로토콜을 소개한다. 5장은 성능 분석 결과를 보인다. 마지막으로 6장에서는 결론을 내린다.

2. 기존연구

MANET은 인프라 구조 없이 자율적으로 다중 홉에 의해 형성되는 통신망 모델이다. 각 노드는 라우터와 단말기 기능을 동시에 수행하며, 노드사이에 릴레이가 이루어져야 하므로 망의 크기에 많은 제약을 가진다[2]. MANET의 확장성 확보는 매우 중요한 문제이다. 일반적으로 전송범위(TX range) 내에 있는 노드 사이에 논리적 연결이 다중 형성되어 있는 것으로 간주하고, 이러한 토폴로지 하에서 서로 전송범위를 벗어난 노드 사이의 데이터 전송을 어떤 노드들의 릴레이에 의해 할 것인지를 결정하는 경로배정 프로토콜이 중요하다[2].

MANET에서의 경로배정 프로토콜은 망 토폴로지의 역동성으로 인해 매우 어렵고 복잡하다. 가장 단순한 방법이 플러딩(flooding)이다. 이는 방송되는 데이터의 양이 기하급수적으로 늘게 되는 문제를 가진다. 이를 극복하기 위해 플러딩되는 영역을 지능적으로 지정하는 방식(location-aware), 확률 기반 방식, 그리고 이웃에 대한 정보를 이용하는 방식 등이 도입되었다[10].

경로를 미리 결정하고 주기적인 경로 갱신 과정을 통해 유지하는 사전(proactive) 방식이 있다. 여기에는 DSDV, WRP, DREAM 프로토콜들이 대표적이다[8][7][3]. 주기적으로 갱신 메시지를 필요로 하기 때문에 이로 인한 대역폭, 전력 낭비로 확장성이 좋지 않고, 많은 정보를 유지해야 하므로 링크 실패나 부가 작업에 복잡도가 높다.

전송할 데이터가 발생하여 전달 경로가 필요할 때 경로를 찾아 결정하는 대응적(reactive) 방식에는 AODV, ABR, LAR 프로토콜 등이 있다[5][9][4]. 필요할 때 경로를 발견함으로써 경로 탐색 방송 횟수를 최소화한다. 그러나 경로배정에 지연이 발생하고 링크 오류는 다른 경로 발견을 위한 초기화를 초래한다

사전 방식과 대응적 방식의 장점을 결합한 혼합(hybrid)방식으로 ZRP 프로토콜이 있다[6].

그러나 모든 기존의 경로배정 프로토콜은 노드의 이동성 변화가 무작위로 일어나고, 노드 자체의 자원 제약성을 고려하여 설계된 것이므로 이와는 다른 독특한 특성을 가진 해상의 선박들을 위한 해상 MANET 모델에 적용하기에는 부적절하다.

3. 해상 MANET 모델

현재 선박에는 전세계 바다에 있는 모든 항구와 항로 정보(전역-global 정보)를 비롯하여 GPS, AIS (Automatic identification system) 또는 VMS(Vessel monitoring system)을 통해 자신을 포함하는 해상에 있는 다른 선박의 항해 정보(현재 위치, 항로, 속도, 방향, 목적지)를 파악하고 있다[1]. 선박들은 일반적으로 권고하는 표준 항로를 따라 항해한다. 항로는 항구와 항구를 잇는 최적의 경로이고, 선박들은 항로를 따라 항해하므로 해상 선박의 분포는 항로에 집중되고 그 외 지역은 매우 희박하다. 따라서 전송 경로가 항로를 따라 형성될 가능성이 매우 크다. 이러한 성질을 바탕으로 해상의 선박들을 위한 MANET 모델로 항로를 기반으로 형성되는 MANET을 제안한다.

임의의 두 선박 사이의 경로를 전역 정보(전세계 모든 항구, 항로 정보)로 찾으면 탐색 시간이 많이 소요된다. 이에 따라 지엽 정보를 전역 정보에서 적절히 추출하여 그 기반으로 최단 경로를 찾아냄으로써 경로탐색 시간을 최소화할 필요가 있다. 지엽 정보는 두 노드가 있는 항로를 중심으로 형성되는 부채꼴 모양의 영역 안에 있는 항로 정보이다. 부채꼴 경로 탐색 영역 구획 방법은 4.3절에서 설명된다.

4. SCR:부채꼴 항로기반 경로배정 프로토콜

4.1가정(assumptions)

육상 통신망을 이용하는 경로는 배제한다. 오로지 해상의

선박들을 이용한 MANET만을 고려하여 경로를 배정한다. 육지와 바다를 함께 고려할 때 더욱 짧은 경로가 설정될 수도 있으나, 최단 경로 배정의 일반적 논의에서 문제가 없으므로 이를 배제한다.

배정되는 경로는 하나 이상의 항로에 걸쳐 형성될 수 있다. 두 선박이 동일 항로에 있지 않을 경우와 경로 단락 등 방해물로 인하여 우회하는 경로가 필요할 때 여러 항로를 걸친 경로가 형성된다. 전송범위 내의 항로상에 적어도 하나 이상의 이웃 선박이 있다. 항로를 기반으로 배정된 전송 경로로 데이터를 전송하면 목적지까지 전송이 가능하다. 실제 상황에는 전송범위 내에 이웃하는 선박이 없을 수 있으나, 이 경우에는 그 항로 선분만을 제외 한 나머지 항로로써 경로를 재배정하면 되므로 알고리즘 일반화에 문제가 없다.

4.2장점

선박 노드의 특성을 이용하므로 경로 탐색을 위한 제어 패킷을 전혀 사용하지 않아 대역폭 낭비가 전혀 없고 확장성이 좋다. 항로가 아닌 영역보다 항로에 선박이 집중적으로 밀집되어 있기 때문에 배정된 경로가 견고(robust)하고 안정성이 높다. 전체 MANET 크기에 관계없이 지역 정보를 이용하여 경로를 배정하기 때문에 대응적 기법임에도 불구하고 지연 시간이 짧고 확장성 면에서 더욱 좋다.

4.3SCR알고리즘

본 논문에서 제안하는 경로배정 알고리즘은 경로를 찾을 때 전 지구적인 바다 영역을 대상으로 탐색한다. 그러나 이때 탐색 범위의 광대함으로 인해 시간과 자원의 낭비를 초래한다. 따라서 경로배정 시 최적의 경로가 존재하고 있는 영역을 찾아 그 영역 내에 존재하고 있는 경로 가운데 최단 경로를 찾는다. 이때 경로를 탐색하는 영역(area)이 항로의 교차점을 중심으로 형성되는 부채꼴 형태를 가지기 때문에 부채꼴 영역 항로 기반 경로배정 알고리즘 (SCR : Sectoral Area Course-based Routing Algorithm)이라 명명하였다.

출발 노드를 s, 목적 노드를 d, s가 향해하는 항로를 sc, d가 향해하는 항로 = dc라고 한다. 전세계 해상의 항로를 c, 항로와 항로가 만나는 지점을 cp, 항구를 $po_k (i,j,k=1,2,3...)$ 라 한다. 전세계 바다를 그래프 $G=(V,E)$ 로 표현할 때, $V=\{s, d, cp, po\}$ (여기서 cp는 cp들의 집합, po는 po들의 집합), $E=\{V$ 에 의해 분할된 c} (여기서 c는 c들의 집합)로 정의한다.

SCR 알고리즘의 특징은 첫째, s, d 사이의 최단 경로가 일련의 항로들의 선분들로 도출되는 점이다. 해상의 선박들이 항로에 밀집되어 있는 사실에 근거하여 항로를 기반으로 최단 경로를 찾는 것이다. 둘째, 경로배정이 s와 d를 제외한 해상에 있는 구체적인 선박들의 위치 등 이동노드 정보에 의존하지 않고 정적인 정보인 항구, 항로 정보와 s와 d의 향해 정보만을 이용하는 점이다. 셋째, 전역 정보를 사용하지 않고 s와 d의 항

해 정보를 기반으로 전역 정보로부터 최단 경로가 존재할 가능성이 매우 높은 영역을 구획하여 그 영역 내에 있는 항구, 항로, 항로 교차점, 그리고 s, d로 구성되는 지역 정보를 대상으로 s와 d 사이의 최단 경로를 찾는 점이다.

최단 경로 탐색 범위인 영역을 구획하는 알고리즘을 설명한다. s와 d를 잇는 최단 경로는 반드시 s를 두 끝점 중 하나로 하는 sc의 선분 또는 한 점(s)과 d를 두 끝점 중 하나로 하는 dc의 선분 또는 한 점(d)을 최단 경로의 양 끝단에 위치하는 선분 또는 양 종단점으로 포함해야 한다. 따라서 최단 경로는 Fig.1의 제1경로 또는 제2경로 형태뿐이다. 제2경로는 s에서 시작하는 선분의 다른 끝 점 c는 sc와 dc를 교차하지 않는 일련의 항로들의 선분들로 이어져 결국 d로 시작하는 선분의 다른 끝 점 c'로 이어지는 경로이다. 따라서 최단 경로 탐색 영역도 두 영역 즉 제1경로를 포함하는 sc와 dc 사이 영역(영역1)과 제2경로를 포함하는 sc와 dc 사이 영역(영역2)으로 구분된다. 두 영역 가운데 현실적으로 영역1이 최단 경로를 포함하는 영역일 가능성이 매우 높다. 그것은 영역2에서는 sc와 dc를 교차하지 않고 우회하여 최단 경로를 형성해야 하기 때문이다. 이점은 5장 성능평가에서 실험적으로도 검증되었다. 이에 따라 일차적으로 지역 정보를 추출하기 위한 영역으로 영역1을 선택한다.

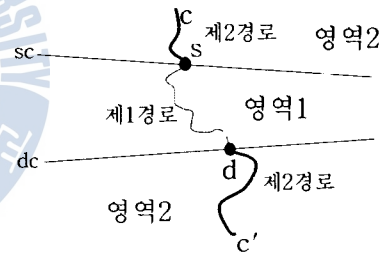


Fig. 1 Construction of Shortest Path between s and d

sc와 dc는 서로 직접 교차하는 경우와 Fig.1과 같이 직접 교차하지 않는 경우가 있다. 교차하지 않는 경우 영역의 좌우 경계를 설정해야 폐곡선 형태의 영역이 명확하게 구획된다. 이 경우에 대해서는 [14]에서 자세하게 다룬다.

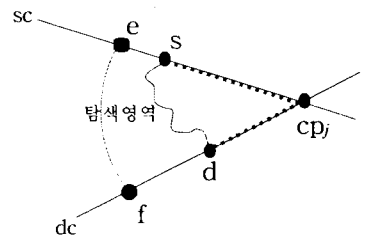


Fig. 2 A Case that sc and dc intersect directly

Fig. 2와 같이 sc와 dc가 직접 교차하는 경우(교차점 cpj)에는 sc와 dc를 경계로 네 영역으로 구분된다. 그중에 s와 d를 내포하는 선분(Fig. 2에서 sc-cp, dc-cp)으로 둘러싸여 있는 영역이 최단 경로 탐색 영역이 된다. 이를 제외한 영역에서 형성 가능한 경로는 s-cp-d 경로보다 길기 때문에 고려할 필요가 없



다.

s-cp_j-d 경로보다 가까운 경로를 앞서 선택된 최단 경로 탐색 영역에서 찾으면 된다. 없으면 s-cp_j-d 경로가 최단 경로가 된다. 선택된 탐색 영역에서 열려져 있는 부분의 경계선을, s와 d를 초점으로 하고 선분 s-cp_j-d의 길이와 동일한 길이에 위치한 점들의 집합(타원)의 선분(Fig. 2의 호 e-f)으로 한다. 그 바깥 영역을 지나는 경로가 있어도 그 거리는 s-cp_j-d 경로보다 멀기 때문에 탐색영역에서 제외한다. 따라서 최종적인 최단 경로 탐색 영역은 부채꼴 영역 e-cp_j-f가 된다. SCR 알고리즘을 정리하면 Fig. 3과 같다.

```
//
// Sectoral Course-based Routing Protocol
// input :: G - 전세계 해상의 항구, 항로 정보, s, d - 찾는 경로 종단 노드
// output :: Shortest_Path - s,d를 잇는 항로 기반 최단 경로
//
SCR(G, s, d)
{
    Shortest_Path = NULL; // default 값 = 경로 없음
    // 지엽 정보를 얻기 위한 최단 경로 탐색 영역 찾을
    // G_local = 영역 내에 있는 항로 선분, 교차점, 항구, s, d
    G_local = Find_Sectoral_Area(G, s, d);
    // sc와 dc가 직접 교차하여 부채꼴 영역이 형성된 경우에
    // 최단 경로 찾는 알고리즘(예:Dijkstra) 실행
    if(G_local != NULL)
        Shortest_Path = SPA(G_local, s, d);
    return Shortest_Path;
}
```

Fig. 3 the SCR Routing Protocol

5. 성능평가

전체 바다의 넓이를 200*200으로 하고, 그 가운데 임의의 지점을 임의의 개수의 항구로 설정한다. 임의의 두 항구를 잇는 항로를 임의의 개수만큼 형성한 후 항로와 항로의 교차점으로 이루어진 그래프를 형성한다. 그래프 내의 점(항구, 교차점)의 수를 증가시키면서 성능을 평가하였다. s, d를 임의의 항로의 임의 지점으로 지정하였다. 경로를 찾는 확률(Fig. 4)과 찾아진 경로가 최단경로인 확률(Fig. 5)을 각각 대표적인 위치 기반 경로배정 알고리즘인 LAR과 비교하였다.

Fig. 4에서 SCR은 기본적으로 Fig. 2의 s-cp_j-d 경로를 확보하고 더 짧은 경로를 찾기 때문에 모든 경우에도 경로를 찾았다. 반면 LAR은 요청구역(request zone)의 모양이 항로 패턴과 관계없기 때문에 그 내부에 s, d를 잇는 경로가 있지 않을 수 있다. 실험에서 LAR은 약 1/3 경우가 그러한 것으로 밝혀졌다. 따라서 SCR은 약 35% 성능이 향상되었다.

Fig. 5에서 LAR은 플래딩에 의해 경로를 찾으므로 최단경로이다. SCR은 찾은 경로 중 96%이상이 최단경로로 확인되었다. 따라서 찾은 경로의 최적성에 큰 손해 없이 35% 이상의 경로 탐색 능력 향상으로 패킷 전달 가능성이 그만큼 높아졌음

을 알 수 있었다.

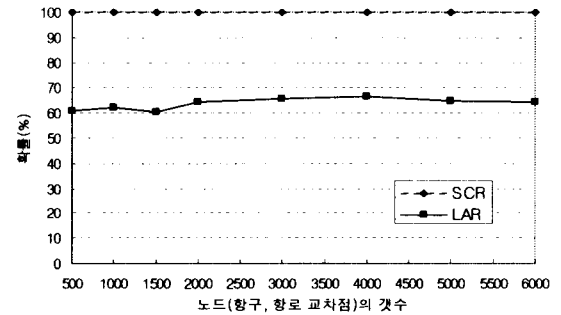


Fig. 4 Probability of Finding the Routes

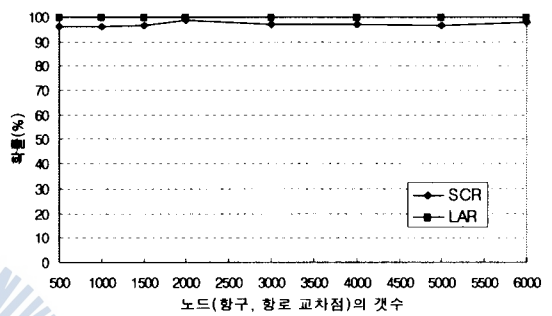


Fig. 5 Probability that the Found Routes are the Shortest Paths

6. 결 론

해상통신망 모델로 항로 기반 MANET 모델을 제안하였고, 선박의 특성을 충분히 고려한 SCR 경로배정 프로토콜을 설계하였다. 기존 육상의 MANET 모델을 위한 경로배정 알고리즘보다 경로 찾는 확률이 높고, 찾은 경로의 최적성도 확보되어, 안정성과 신뢰성이 더욱 좋아졌다. 전체 망 크기에 관계없이 지엽 정보를 이용하여 경로배정을 하므로 확장성도 가진다.

향후 먼 바다를 항해하는 선박뿐만 아니라 연안에서 운행하는 선박과 어장에서 조업하는 선박 등 여러 군집 형태와 운행 패턴을 보이는 모델을 설정, 이에 따른 경로배정 프로토콜을 개발할 예정이다.

후 기

본 논문은 과학재단 국제공동연구지원사업의 지원으로 진행된 연구의 한 결과물이다.

참고문헌

[1] <http://enews.momaf.go.kr/main/php/searchview.php?idx=910>, 2004
 [2] I. Chlamtac, M. Coti, J. J.-N. Liu, "Mobile ad hoc networking:

- imperatives and challenges," *Ad Hoc Networks* 1 (2003), pp. 13~64, Elsevier, 2003
- [3] S. Basagni, I. Chlamtac, V. R. Syrotiuk, "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (Dream)," *Proc. of the 4th ACM/IEEE MOBICOM '98*, pp. 76~84, 1998
- [4] Y-B. Ko, N. H.Vaidya, "Location- Aided Routing (LAR) in mobile ad hoc networks," *Wireless Networks*, Vol. 6 Issue. 4, pp. 307~321, 2000
- [5] S. Das, C. Perkins, E. Royer, "Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing for ad hoc mobile networks," *Proc. of IEEE Personal Communication* 4 (1) (1997) 36-45, 1997
- [6] Z.J. Hass, R. Pearlman, Zone routing protocol for ad-hoc networks, Internet Draft, draft-ietf-manet-zrp-02.txt, work in progress, 1999
- [7] S. Murthy J.J. Garcia-Luna-Aceves, "A routing protocol for packet radio networks," *Proc. of the 1st ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, Berkely, CA, pp. 86-95, 1995
- [8] C.E. Perkins, T.J. Watson, "Highly dynamic destination sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers," *Proc. of ACM SIGCOMM '94*, London, UK, 1994
- [9] C. Toh, "A novel distribute routing protocol to support ad-hoc mobile computing," *Proc. of IEEE 15th Annual International Phoenix Conf.*, pp. 480-486, 1996
- [10] I. Stojmenovic, J. Wu, "Broadcasting and Activity Scheduling in Ad Hoc Network," *Mobile Ad Hoc Networking*, pp.205~229, IEEE, 2004
- [11] http://www.dt.co.kr/contents.htm?article_no=2005092002011731618001, 2005
- [12] http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216_wimax.pdf, 2003
- [13] 안태욱, "Wibro(휴대폰인터넷)개요 및 주파수 이용 · 할당 방안", *전파지* 2005년 3, 4월호, 2005
- [14] 손주영, 한진수, "해상통신망 모델과 구역확장형 항로 기반 경로배정 프로토콜", *한국멀티미디어학회 추계학술발표대회 논문집*, 2005

원고접수일 : 2006년 1월 3일

원고채택일 : 2006년 1월 8일

