

다중 인터넷 게이트웨이를 갖는 MANET에서의 부하균등화 기법*

김영민[○] 유현 안상현 임유진*

서울시립대학교 컴퓨터과학부

* 수원대학교 정보미디어학과

{blhole[○], finalyu, ahn}@venus.uos.ac.kr, yujin@suwon.ac.kr

Load Balancing Scheme in the MANET with Multiple Internet Gateways

Youngmin Kim[○], Hyun Yu, Sanghyun Ahn, and Yujin Lim*

School of Computer Science, University of Seoul

* Department of Information Media, University of Suwon

요약

이동 애드혹 네트워크(Mobile Ad Hoc Network: MANET)는 유선 인프라 없이 구축된 무선 네트워크로 멀티 홉 통신을 수행할 수 있다. 인터넷 노드와 통신하고자 하는 MANET 노드에게 인터넷 연결을 가능하게 하는 방법이 요구되며 인터넷 연결은 인터넷과 MANET을 중계하는 인터넷 게이트웨이를 통해 지원된다. 게이트웨이들 간의 부하를 잘 분배한다면 네트워크 성능 향상을 얻을 수 있으므로, MANET 내에 여러 개의 인터넷 게이트웨이가 존재할 경우 이들 간의 부하균등화는 중요한 이슈이다. 본 연구에서는 부하균등화 기법을 제어 메시지의 플래딩 방법과 인터넷 게이트웨이들 선택하는 주체에 따라 4가지로 분류하며, 부하균등화 문제를 해결하기 위한 새로운 메트릭(metric)을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 홉 수와 라우팅 엔트리의 수를 메트릭으로 이용하는 새로운 기법의 성능이 기존 기법에 비하여 향상되었음을 보인다.

1. 서론

MANET은 베이스 스테이션이나 인프라 등을 요구하지 않는 무선 네트워크이다. 이동 노드들 간의 데이터 교환을 위해 MANET을 이용하면 낮은 비용으로 제한된 범위의 네트워크를 구성할 수 있다. MANET을 인터넷과 연동시키기 위하여 인터넷 게이트웨이(Internet Gateway; IGW) 개념이 소개되었고 이는 MANET과 유선 인터넷 망을 연결함으로써 MANET 이동 노드(MN)들에게 인터넷 연결을 제공한다. 그림 1은 본 논문에서 고려하고 있는 멀티 홉 액세스 망의 예를 보인다.

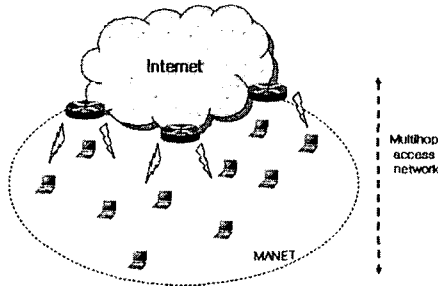


그림 1 멀티 홉 액세스 망

MANET에서 인터넷 연결 제공에 있어서의 이슈는 핸드오버와 적절한 IGW 발견기법이다. MN들은 이동성을 가지므로 노드가 데이터 전송 중 현재 IGW의 범위를 벗어나게 되면 새로운 IGW로의 연결이 요구되며 이때 핸드오버가 수행된다. 그러나 본 논문에서는 노드의 이동성이 낮은 경우를 가정하였으므로 핸드오버 문제는 다루지 않는다.

IGW 발견 기법은 MN이 인터넷 연결을 위하여 적절한 IGW를 찾아내는 것을 의미하며 reactive 발견 기법과 proactive 발견 기법으로 나눌 수 있다.[1]. Reactive 발견 기법에서 MN은 IGW에 대한 정보를 획득하기 위한 요청(solicitation) 메시지를 MANET에 브로드캐스트하며 MN의 이 메시지를 수신한 IGW는 자신의 정보를 해당 노드에게 알려준다. Proactive 발견 기법에서는 모든 IGW는 주기적으로 자신들의 정보를 MANET에 브로드캐스트한다. 인터넷 연결이 필요한 MN은 수신한 IGW 정보들을 기반으로 자신이 사용할 IGW를 선택하기만 하면 된다. 위와 같은 두 가지 방법 이외에도 reactive 방식과 proactive 방식의 장점을 취한 하이브리드 방식도 제안되었다[2].

여러 개의 IGW들 중에서 인터넷 연결을 위한 IGW를 결정할 때 부하를 균등하게 분배할 수 있는 IGW를 선택하면 망의 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 다중 게이트웨이들의 부하균등화를 통하여 망의 처리율을 향상시키는 IGW 발견 기법을 제안한다.

2. 관련연구

[1]에서는 IPv6 기반 MANET환경에서 인터넷 연결을 위한 글로벌 주소를 할당하는 과정과 MN이 인터넷 노드와 어떻게 통신할 수 있는지를 설명한다. 모든 IGW들은 자신의 IP prefix, prefix 길이, 라이프타임과 같은 정보를 IGW 광고(advertisement) 메시지에 담아 MANET 내로 브로드캐스트하며, MN은 이 광고 메시지들을 수신하여 이용 가능한 IGW들을 발견할 수 있다. IGW들은 광고 메시지를 주기적으로 브로드캐스트하거나, MN이 인터넷 노드와 통신하고자 할 때 IGW 요청 메시지에 대한 응답으로 전송할 수 있다. 이러한 IGW 요청 및 광고 메시지를 전달하기 위하여 Neighbor Discovery Protocol (NDP)[3]을 이용한 방법과 MANET 라우팅 프로토콜을 이용한 방법을 제시한다. IGW로부터 IGW 광고 메시지를 수신한 후, IGW의 prefix 주소를 사용하여 MN의 글로벌 주소를 생성하며, 이 주소를 이용하여 IGW를 통해 인터넷 노드와 통신할 수 있다. MN에서 둘 이상의 IGW 광고 메시지를 수신한다면 첫 번째 수신된 메시지의 IGW 정보를 선택한다.

모든 MN과 IGW들이 MANET내에 고르게 분포한다면 가장 먼저 수신된 광고 메시지를 이용하여 좋은 성능을 얻을 수 있다. 그러나 실제 환경에서 노드들은 특정 IGW 주변에 더 높은 밀도로 위치할 수 있으며, 다른 IGW들에는 트래픽 부하가 낮은 상황에서 특정 IGW에게만 높은 부하가 집중될 수 있다. [4][5][6]에서 이러한 부하균등화 문제를 해결하기 위한 기법들을 제시한다.

[4]에서 제안하는 부하균등화 기법은 IGW의 전체 대역폭 중에서 현재 사용 중인 load를 측정할 값을 load index (LI)로 정의하며, LI가 가장 큰 IGW와 가장 작은 IGW 사이의 차이(Load Balance Index; LBI)를 최소화 (Minimum Load Index; ML) 하는 것을 목표로 한다. 하지만 특정 IGW에 로드가 집중된 상황에서 LBI를 최소화하기 위해 많은 노드들이 더 먼 거리에 있는 IGW를 이용해 통신한다면 전체 망의 전송률을 높이는 측면에서 더 나쁜 결과를 초래할 수 있다.

[6]에서는 다중 인터페이스를 가진 MANET 노드들 중의 일부가 동적으로 IGW로 선택할 수 있으며, 그 수를 망의 상황에 맞게 조절할 수 있는 방법을 제안한다. 인터넷에 접속하고자 하는 MN은 거리상 가장 가까운 동적 IGW를 선택한다. 이 기법에서는 동적 IGW의 수를 변경할 수 있으므로 IGW의 수에 따른 망 성능 향상에 주안점을 둔다.

3. 다중 인터넷 게이트웨이를 갖는 MANET에서의 부하균등화 기법

본 논문에서는 IGW들은 고정되어 있으며, 이동 노드들은 특정 지역 주변을 배회하는 수준의 이동성을 가진 상황을 전제로 한다. 인터넷 연결을 원

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-10372-0)지원으로 수행되었음.

하는 MN들이 다중 IGW들 중에서 어떤 IGW를 선택할 지를 결정하여 전체 MN들의 인터넷 통신 전송률을 높이는 것을 목표로 한다.

인터넷 연결을 위한 기본적인 MN과 IGW들의 동작 방식은 [1]을 따르고, 본 논문에서는 부하균등화 기법을 제안하며 표 1과 같이 4가지 기법으로 나누어진다. MN의 IGW 선택 주제에 의해 분류하면 MN에 의한 IGW 선택 방법과 IGW들에 의한 IGW 선택 방법으로 나눌 수 있다. 또한, 제어 메시지의 플러딩에 제한이 있는가에 따라 범위 확장 검색(Expanding Ring Search; ERS)과 최대 TTL 플러딩(Maximum TTL Flooding; MTF)으로 나눌 수 있다. ERS 방식을 이용할 경우 일정 범위내의 IGW들 중에서 가장 좋은 IGW를 선택할 수 있으며, MTF 방식에서는 MANET 내의 모든 IGW들 중에서 가장 좋은 IGW를 선택할 수 있다.

표 1. 부하균등화 기법의 종류

Selection of an IGW	Selected by a MN (SMN)	Selected by a IGW (SIGW)
Flooding scheme		
Expanding Ring Search (ERS)	SMN-ERS	SIGW-ERS
Maximum TTL Flooding (MTF)	SMN-MTF	SIGW-MTF

3.1 SMN

MN에서 인터넷 연결을 위한 IGW를 결정할 수 있도록 하기 위해 IGW들의 광고 메시지에 부하균등화를 위한 추가적인 정보를 포함해야 한다. 광고 메시지의 전송은 MN의 요청 메시지를 수신한 후 전송될 수도 있고 요청 없이 주기적으로 전송할 수도 있다.

MN에서는 여러 IGW들로부터 하나 이상의 광고 메시지를 수신할 수 있으므로 첫 번째 광고 메시지를 수신하면 타이머(TIMER_MN)를 작동시켜 일정 시간 내에 수신되는 광고 메시지들 중에서 식 1의 M_i 값이 가장 작은 IGW를 선택한다.

$$M_i = k * H + R \quad i \in IGW \quad (1)$$

H 는 MN에서 IGW까지의 홉 수를 의미하고 k 는 H 에 대한 가중치로 사용되며, R 는 IGW의 라우팅 엔트리의 수를 나타낸다. IGW들의 부하가 낮은 상황에서는 R 값이 작을 것이므로 M_i 에 대한 홉 수(H)의 영향력이 크지만, IGW들 간의 부하에 불균형이 발생하기 시작하면 점차 R 값의 영향력이 커져서 부하균등화가 가능해진다.

H 와 R 정보를 IGW 광고 메시지에 포함시키기 위하여 IGW에 대한 정보를 담고 있는 수정된 IGW 광고 메시지의 prefix 정보 옵션을 그림 2와 같이 수정하였다[1][3]. M 플래그를 설정하여 홉 수(Hop Count)와 라우팅 엔트리의 수(# of Routing Entry)의 값을 유효화 한다. IGW 요청 메시지에 의해 IGW 광고 메시지를 전송하는 경우, 이미 IGW 요청 메시지에서 홉 수 정보를 얻을 수 있으므로 IGW 광고 메시지에 해당 홉 수를 기록하고 변경되지 않도록 하기 위해 H 플래그를 0으로 설정한다. 주기적인 IGW 광고 메시지 전송 시에는 IGW에서 MN과의 홉 수를 알지 못하므로 H 플래그를 1로 설정하여 IGW에서 MN까지 전달되는 과정에서 매 홉마다 홉 수를 증가시킨다.

3.2 SIGW

이 방법에서 IGW들은 부하균등화를 위해 IGW들이 기본적으로 가지고 있는 R 정보에 추가적으로 H 정보를 획득해야 한다. 이를 위한 MN의 IGW 요청 메시지로는 그림 3과 같이 수정된 라우터 요청(modified router solicitation) 메시지[1]에 MN에서 IGW까지의 hop 수를 기록하기 위한 필드를 요구한다. MN에서는 H 플래그를 설정하여 IGW 요청 메시지를 전송하는 과정에서 홉 수를 매 홉마다 1씩 증가시킬 수 있다.

Type	Length	Prefix Length	L	A	M	H	Reserved1
Valid Lifetime							
Preferred Lifetime							
Hop Count	# of Routing Entry		Reserved2				
Prefix							

그림 2 IGW 광고 메시지의 prefix 정보 옵션에 대한 수정

Type	Code	Checksum
M H	Reserved	
Options ...		

그림 3 IGW 요청 메시지의 수정

Type	Reserved1	
Hop Count	# of Routing Entry	Reserved2
IPv6 Address		

그림 4 IGW 시그널링 메시지 포맷

이 IGW 요청 메시지를 수신한 IGW들은 IGW 요청 메시지의 홉 수와 자신의 라우팅 테이블 엔트리 수를 IGW들 간에 교환하여 부하균등화를 위한 IGW를 결정할 수 있다. IGW들 간의 H와 R 정보의 교환에는 우선 망을 사용하여 무선 네트워크의 부담을 덜어 준다. 메트릭 정보를 교환하기 위하여 IGW들은 ALL_MANET_GW_MULTICAST[1]나 다른 임의의 멀티캐스트 주소를 이용하여 멀티캐스트 하거나, MANET 내의 각 IGW들에게 유니캐스트로 전송할 수 있다.

IGW들 간의 데이터 전송에는 그림 4와 같은 메시지 포맷을 이용한다. 타입이 1이면 IGW의 존재를 다른 IGW들에게 알리기 위한 것이며, 패킷의 소스 주소는 IGW의 무선 네트워크 인터페이스에 할당된 IPv6 주소이며, 목적지 주소는 ALL_MANET_GW_MULTICAST이다. 그림 4에서의 "IPv6 Address"에는 IGW의 우선 망 인터페이스에 할당된 IPv6 주소를 설정하여 각 IGW들의 우선선 네트워크 인터페이스 주소를 파악할 수 있다.

MN의 IGW 요청 메시지를 수신한 후, IGW에서는 홉 수, 라우팅 엔트리 수, MN의 주소를 그림 5의 "Hop Count", "# of Routing Entry", "IPv6 Address" 필드에 설정하여 다른 IGW들에게 우선 망으로 전송하기 위해서 type에 2를 할당한다.

IGW 요청 메시지 수신 후 타이머(TIMER_IGW)를 설정하여 다른 IGW들에서 IGW 시그널링 메시지를 보낼 때까지 일정 시간을 기다린다. 일정 시간이 지난 후 그 때까지 모아진 메트릭 중 자신의 메트릭이 가장 작은 IGW만이 MN에게 IGW 광고 메시지를 보내며, 그렇지 않다면 IGW 요청 메시지를 무시한다. 만일 일정 시간 동안 어떠한 IGW 시그널링 메시지를 수신하지 않는다면 자신의 정보를 IGW 광고 메시지에 담아 MN에게 전달한다.

IGW에서 MN에게 IGW 광고 메시지를 보낼 때 동시에, 다른 IGW들에게도 자신이 IGW 광고 메시지를 보냈음을 알리기 위해 IGW 시그널링 메시지의 "Type"에 3을, "IPv6 Address"에 MN의 주소를 설정하여 MANET 내의 다른 IGW들에게 우선 망을 통해 전송한다. 그러므로 다른 IGW들은 이미 해당 MN에 대한 IGW 광고 메시지가 전송된 것을 알며, 그들은 수신된 IGW solicitation 메시지를 무시한다. MN에서 하나 이상의 IGW 광고 메시지를 수신한다면 가장 먼저 도착한 것을 선택한다.

4. 성능 평가

본 절에서는 ns-2[7]를 이용하여 제안한 4가지 부하균등화 기법의 성능을 분석한다. 시뮬레이션을 위한 망으로 75개의 노드들로 구성된 그림 5의 망을 이용한다. 각 노드들은 일정한 간격($x=100m$ or $150m$)으로 배치되며 인터넷 연결을 위한 IGW 두 개를 가장자리에 두었다. 색이 칠해진 트래픽을 전송하는 노드들을 IGW2 근처에 집중되도록 설정하였으며, 모든 트래픽은 IGW를 거쳐 인터넷 노드에게 전달되도록 하였다. MN들은 210 bytes의 패킷을 32 Kbps로 전송하며, 1초부터 10초까지 임의의 순서로 트래픽을 발생시키고 IGW 선택 후 AODV 경로 설정을 통하여 50초까지 인터넷 노드와 CBR 통신을 지속한다.

4.1 가중치 k 의 결정

식 (1)에서 사용된 가중치 k 를 결정하기 위하여 망의 크기와 트래픽 전송 노드 수를 변경하면서 IGW1과 IGW2에서 처리하는 트래픽의 총량을 측정하였다. 부하균등화 기법으로는 SIGW-ERS 기법을 이용하였으며, 망의 크기를 조정하기 위하여 100m와 150m의 x 값을 사용한다. 전송 노드의 수는 35개의 모든 트래픽 전송 노드들이 전송하는 경우와 19개의

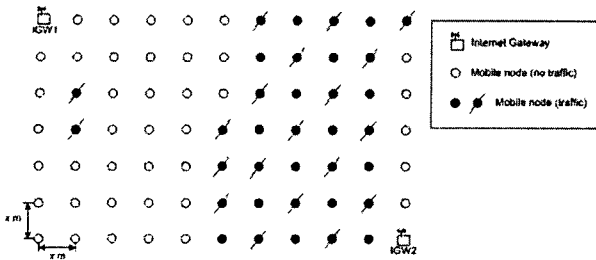


그림 5 시뮬레이션을 위한 망 구성

선이 그어진 노드들이 트래픽을 전송하는 경우로 나누어 실험하였다. 그림 6에서 전송률의 측정은 두 IGW들이 수신한 트래픽 양을 초단위로 측정 한 것이며, "100-19"는 x 를 100m로 트래픽 전송 노드를 19개로 한 망을 의미한다. 노드들의 간격이 100m인 망에서는 트래픽을 전송하는 노드 수에 관계없이 k 값이 4인 경우 총 전송률 값이 가장 크며, 노드들의 간격이 150m인 망에서는 k 값이 2인 경우가 가장 높은 전송률을 보이지만 4인 경우와 큰 차이를 보이지 않는다. x 를 150m로 한 망은 100m로 한 망보다 IGW까지의 평균 홉 수가 증가하여 더 작은 가중치로 부하균등화 효과를 얻을 수 있다. k 값이 6보다 큰 경우에는 k 값이 전체 메트릭에 미치는 영향이 충분히 커져서 k 값이 증가하더라도 더 이상의 성능향상을 얻을 수 없었다. MANET의 크기나 밀도가 변함에 따라 최적의 가중치 k 값은 변할 수도 있다. 본 논문에서는 4가지 부하균등화 기법의 비교를 위한 k 값으로 4를 이용할 것이다.

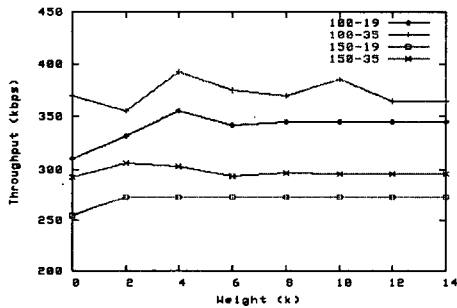


그림 6 가중치의 변화에 따른 전송률에 대한 영향

4.2 네. 가지 부하균등화 기법의 성능 비교

SMN을 위한 TIMER_MN과 SIGW를 위한 TIMER_IGW 값을 변경하면서 4가지 부하균등화 기법의 전송률을 비교한다. 실험망은 x 를 150m로 하고, 35개의 색이 칠해진 노드들이 모두 트래픽을 발생한다. 타이머 값이 크다면 더 많은 IGW들을 인터넷 연결 지원의 고려 대상으로 사용할 수 있으나 IGW 정보들을 수집하기 위해 더 많은 시간을 소모한다. 타이머 값을 작게 하면 기다리는 시간은 줄지만, 일정 범위 내의 IGW들만을 대상으로 하여 인터넷 연결을 위한 IGW를 선택하므로 부하균등화를 위한 최적의 IGW를 선택하지 못할 수도 있다.

그림 7에서 SMN-ERS가 가장 낮은 성능을 보이며, 그 이유는 전체 메

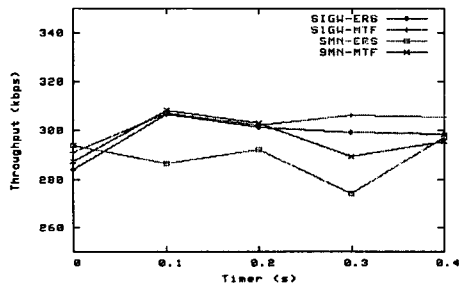


그림 7 네 가지 부하균등화 기법의 성능 비교

트릭보다는 홉 수가 가장 작은 IGW를 선택하는 확률이 다른 방법들보다 높기 때문이다. SIGW-MTF는 타이머 값의 변화에 관계없이 일정한 전송률을 유지하며, 전반적인 성능에 있어서 가장 좋다. 이 방법에서 IGW 광고 메시지는 모든 IGW들에게 전송되며 우선 망을 통하여 빠른 시간 내에 가장 좋은 IGW를 선택할 수 있기 때문이다. 시뮬레이션 결과 SMN-ERS를 제외한 나머지 모든 방법에서 0.1초의 타이머를 사용하여 가장 좋은 전송률을 얻었다.

4.3 기존 연구와의 성능 비교

그림 8에서는 MN에서 가장 짧은 거리(Shortest Distance: SD)에 있는 IGW를 인터넷 연결을 위한 IGW로 선택하는 방법과 [4]에서 제안된 MLI 기법을 SIGW-MTF 방법과 비교한다. SD 기법에서는 부하균등화를 고려하지 않으며 가장 가까운 거리에 있는 IGW를 선택한다. MLI 기법에서는 가장 부하가 적은 IGW를 선택하므로 먼 거리에 있는 IGW를 선택하여 결과적으로 전체적인 전송률에서는 더 낮은 성능을 보이며, SIGW-MTF 방법에서는 홉 수와 라우팅 엔트리의 수를 모두 고려하여 SD나 MLI 기법보다 높은 전송률을 보인다.

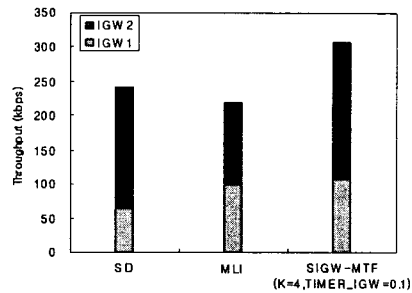


그림 8 기존 연구와의 성능 비교

5. 결론

MANET과 인터넷을 연결하는 IGW를 이용하여 MANET내의 MN들은 인터넷 노드와 통신할 수 있다. 여러 개의 IGW를 통하여 인터넷과 연결된 MANET에서 대부분의 통신은 인터넷상의 노드들과 이루어질 것이므로, IGW들 간의 부하를 잘 분배하여 망을 효율적으로 운영해야 한다. 본 논문에서는 다중 IGW들을 갖는 MANET에서 부하가 집중된 IGW의 부담을 덜어 주면서 전체 망의 전송률을 높이기 위한 네 가지 부하균등화 기법을 제안한다. 시뮬레이션에서 SIGW-MTF를 이용하였을 경우 다른 세 가지 방법들보다 더 높은 성능을 보였으며 다른 메트릭을 이용하는 기존 연구들보다 제안된 기법에서 더 높은 성능을 얻었다.

참고문헌

- [1] R. Wakikawa, J. T. Malinen, C. E. Perkins, A. Nilsson, and A. J. Tuominen, "Global connectivity for IPv6 mobile ad hoc networks", IETF Internet-draft, draft-wakikawa-manet-globalv6-04.txt, July 2005.
- [2] P. Ratanchandani and R. Kravets, "A hybrid approach to internet connectivity for mobile ad hoc networks", WCNC 2003, March 2003.
- [3] T. Narten, E. Nordmark, and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6 (ipv6)", RFC 2461, IETF, Dec. 1998.
- [4] C. Huang, H. Lee, and Y. Tseng, "A Two-Tier Heterogeneous Mobile Ad Hoc Network Architecture and Its Load-Balance Routing Problem", IEEE VTC, Oct. 2003.
- [5] Y. Hsu, Y. Tseng, C. Tseng, C. Huang, J. Fan, and H. Wu, "Design and Implementation of Two-tier Ad Hoc Networks with Seamless Roaming and Load-balancing Routing Capability", in Proc of IEEE QSHINE 04, 2004.
- [6] J. H. Zhao, X. Z. Yang and H. W. Liu, "Load-balancing Strategy of Multi-gateway for Ad hoc Internet Connectivity", in Proc of IEEE ITCC 05, 2005.
- [7] The Network Simulator, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.