메커니즘 디자인 접근방식에 기반을 둔 애드혹 네트워크 라우팅 기법

(An Ad-Hoc Network Routing Scheme based on Mechanism Design Approach)

이 진 형 † 김 승 욱 ††
(JinHyung Lee) (Sungwook Kim)

요 약 본 논문에서는 자신의 이익만을 극대화하도록 이기적인 행동을 하는 애드혹 네트워크의 노드들을 관리하는 새로운 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안된 라우팅 기법에서는 무선 노드간의 거리와 남은 에너지를 고려하여 노드 간의 전송 비용을 계산하고 이를 통해 에너지 효율적인 경로를 설정한다. 또한, 해당 경로상의 노드들에게 협조적인 행동을 유도하기 위해 메커니즘 디자인의 일종인 VCG 메커니즘을 이용하여 각 중계 노드에게 인센티브를 제공하고 이를 기반으로 대역폭 예약을 수행해 실시간 데이터에 대한 서비스 품질을 보장하도록 하였다.

키워드 : 메커니즘 디자인, VCG 메커니즘, 무선 네트워크, 애드혹 네트워크

Abstract In this paper, a new routing protocol is proposed to manage selfish nodes which make a strategic choice to maximize only their own profits. To provide incentives to nodes on the path, VCG mechanism is introduced. Therefore, based on the collaborative actions among nodes, the entire network performance can be improved. With a simulation study, the proposed scheme can approximate an optimized solution while ensuring a well-balanced network performance under widely diverse network environments.

Key words : Mechanism Design, VCG Mechanism, Wireless Network, Ad hoc Network

1. 서 론

애드혹 네트워크는 수많은 노드들로 이루어져 있고 이 노드들의 에너지는 대부분 배터리로 공급되기 때문에 노드들의 배터리 수명이 애드혹 네트워크의 전체 수명을 결정한다고 할 수 있다. 이러한 충전 혹은 교체가 용이하지 않은 배터리 소모의 주된 원인은 데이터 전송이므로 노드의 에너지를 효율적으로 관리하여 패킷을 목적지에 전달하기 위해서 어떤 노드들을 경유할 것인가를 결정할 수 있도록 통신비용을 최소화하는 경로를 찾을 수 있는 라우팅 프로토콜이 필요하다.

1990년대 WWW의 등장 이후 인터넷에서 제공되는 서비스는 그 규모나 양이 거대화 될 뿐만 아니라 다양화 된 고품질의 정보 형태로 바뀌고 있다. 이것은 네트워크 요소들이 폭주하는 많은 양의 정보를 처리해줄 수 있어야 할 뿐만 아니라 각각의 서비스가 요구하는 것을 만족시켜야 한다. 연속적이고 실시간적인 멀티미디어 정보에 대한 사용자의 요구가 증대되고 인터넷의 사용이 활성화됨에 따라 서비스 품질 개념(QoS : Quality of Service)이 중요한 문제로 대두 되었다.

무선 노드들의 라우팅 경로를 찾는 연구가 지난 몇 년간 많이 이루어졌다. 대표적으로 최근 많은 연구가 이루어진 메커니즘 디자인(Mechanism Design)으로 1960년 Leonid Hurwicz의 연구에서 시작되었는데 자신의 이익을 위하여 시스템에 참가하는 이기적인 에이전트들(Agents)이 선택하는 전략이 시스템 전체로 보았을 때 최선이 되도록 하는 연구이다[1,2]. 하지만 이러한 메커니즘 디자인을 네트워크에 응용한 기존의 연구에서는

† 비 회 원 : 서강대학교 컴퓨터공학과
wlsgud80@naver.com
†† 종신회원 : 서강대학교 컴퓨터공학과 교수
swkim01@sogang.ac.kr
논문접수 : 2009년 12월 22일
심사완료 : 2010년 3월 2일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.
정보과학회논문지: 정보통신 제37권 제3호(2010.6)

QoS를 보장하는 기법이 불충분하였다.

본 논문에서 제안하는 기법은 리액티브 라우팅 프로토콜을 기반으로 하여 최근 애드혹 네트워크 구성에 관한 응용 연구에 많은 관심을 받고 있는 메커니즘 디자인의 한 종류인 VCG 메커니즘(Vickrey-Clarke-Groves Mechanism)을 이용하여 에너지 효율적이고 QoS가 보장되는 라우팅 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 라우팅 프로토콜은 데이터 전송을 할 때 이기적인 행동을 하는 노드들에게 인센티브를 제공하여 협조적인 행동을 하도록 유도하는 것이 주된 목적이다. 또한 기존에 제안된 기법에서는 데이터 중계를 통해 각 노드에게 축적된 인센티브를 활용하는 방안이 부족하였고 QoS에 대한 사용자의 요구 사항을 만족하기 힘들기 때문에 이를 보장하기 위해 중계를 통해 얻은 인센티브를 사용하여 네트워크 내에서 대역폭 예약을 수행하고 이를 통해 우선순위가 높은 서비스의 QoS를 보장한다.

2. 관련 연구

메커니즘 디자인은 미시경제와 게임 이론(Game Theory)의 한 분야로써 자신의 의사에 따라 전략적인 선택을 할 수 있는 이기적인 에이전트들(Agents)로 하여금 어떻게 시스템이 원하는 결과를 도출하도록 할 것인가에 대한 연구이다. 최근 메커니즘 디자인은 전자 상거래 시장의 설계나 분산 스케줄링 문제 그리고 복합적인 자원 할당 문제 등 많은 응용 분야에 이용되고 있다[3].

2.1 VCG 메커니즘

VCG 메커니즘은 메커니즘 디자인의 한 종류로 William S. Vickrey(1961)에 의해 제안된 Vickrey 경매라고 부르게 된 방식이 E. H. Clarke(1971)와 T. Groves(1973)에 의해 구체화된 메커니즘이다[4].

VCG 메커니즘은 일반적인 메커니즘 디자인에서 직접 표출성과 유인합치성을 가지는 메커니즘을 말한다. 직접 표출성(DR : direct-revelation)은 에이전트들이 자신의 타입을 알릴 때, 에이전트들이 자신의 이익을 위해 거짓을 말하는 것을 허용하는 메커니즘이다. 두 번째 개념인 유인합치성(IC : Incentive-compatible)은 에이전트가 자신의 타입을 사실대로 말하는 것이 최선의 결과를 얻을 수 있는 전략이라는 것을 의미한다. 유인합치성은 에이전트가 자신의 개인적인 정보를 진실하게 말하도록 하여 에이전트의 자기중심적인 행동을 극복할 수 있도록 해준다. 이와 같은 유인합치성은 전략 증명(Strategy-proof)이라고 하는 특성으로 설명되는데 이 전략 증명은 모든 에이전트들에 대해서 다른 에이전트들이 어떤 전략을 선택하는지에 상관없이 최고의 결과를 얻을 수 있는 우세 전략이 사실대로 말하는 것인 메커니즘을 말한다. 전략 증명은 다음과 같은 수식으로 정의된다[3-5].

$$u_i(f(\theta_i,\theta_{-i}),\theta_i) \geq u_i(f(\tilde{\theta}_i,\theta_{-i}),\tilde{\theta}_i) \quad where\ \forall\theta_i,\tilde{\theta}_i \neq \theta_i,\ \forall\theta_{-i},\theta_{-i}=(\theta_1,\ldots,\theta_{i-1},\theta_{i+1},\ldots,\theta_N) \tag{1}$$

f는 사회적 선택 함수이고 θ_{-i}는 에이전트 i를 제외한 모든 에이전트들이 메커니즘에 알린 타입이다. N은 시스템 내의 에이전트 수이다. 에이전트들이 다른 에이전트들의 전략 선택에 상관없이 에이전트 자신이 최선의 값을 얻는 전략을 선택하면 되므로 다른 에이전트들의 전략 선택에 대하여 모델링을 할 필요가 없기 때문에 이 전략 증명은 유용하게 사용된다.

VCG 메커니즘의 대표적인 예로 자원 할당 문제를 들 수 있다. 해결해야할 문제가 자원 할당인 경우, 에이전트가 선택할 수 있는 선택의 집합을 각 에이전트가 고려할 수 있는 모든 가능한 자원 할당으로 나타낼 수 있다. 이런 경우 에이전트가 얻을 수 있는 효용은 할당되는 자원에 대한 가치($v_i(k,\Theta_i)$)와 자신이 그 할당되는 자원에 대해 지불한 비용의 차로 생각할 수 있기 때문에 차가 경매(Second price auction)를 응용하여 자원 할당 문제를 해결가능하고 이 때 에이전트의 효용 함수는 다음과 같다.

$$u_i(k,p_i,\theta_i) = v_i(k,\theta_i) - (V(N) - V(N\setminus i)) \tag{2}$$

여기서 u_i는 타입이 Θ_i인 에이전트 i의 결과값에 따른 효용(utility), $v_i(k,\Theta_i)$는 타입이 Θ_i인 에이전트 i의 할당량 k에 대한 가치를 정의한다. 또한 $V(N)$은 알려진 k의 총합이고 $V(N\setminus i)$는 에이전트 i를 제외하고 알려진 k의 총합이다. VCG 메커니즘은 에이전트들의 가치 측정도를 입력으로 받아 모든 에이전트에 대한 전체 효용 즉, 사회적 복지인 $\Sigma_i v_i(k,\tilde{\theta})$을 최대화하는 선택을 구현한다.

3. 제안된 라우팅 알고리즘

제안 알고리즘은 세 가지 기법으로 구성되는데 적절한 중계 노드를 이용하기 위한 라우팅 경로를 찾는 기법과 중계 노드에 대한 인센티브를 계산하는 기법 그리고 중계를 통해 얻은 인센티브를 이용하여 대역폭을 예약하는 기법이다.

3.1 라우팅 경로 설정 기법

본 논문에서는 효율적인 라우팅 경로 설정을 위하여 각 노드 사이의 경로 비용을 계산할 때 네트워크 내의 노드가 가질 수 있는 정보인 자신을 포함한 자신의 전송 범위 내, 즉, 자신의 이웃 노드들에 대한 지역적인 정보를 가지고 분산적인 방법을 통하여 노드 사이의 전송 시에 소모되는 비용을 계산하였다.

노드 i가 보낼 수 있는 최대 전송 세기를 p_{max}라 하

고 노드 j에 도달하기 위한 최소 전송전력을 p_{tmin}이라 한다. 이럴 때에 정규화된 에너지 소모 C_{ij}는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{ij} = \frac{p_{tmin}}{p_{\max}} \tag{3}$$

거리 비용을 계산하기 위하여 사용하는 두 번째 파라미터는 주변 노드의 에너지 상태이다. 여기서 말하는 에너지 상태는 노드가 가진 배터리의 남은 양을 측정한 것이다. 본 논문에서는 노드 간 전송에 사용되는 비용을 다음과 같이 정의한다. 노드 i가 노드 j에게 전송을 할 때 통신에 사용 되는 비용(FC)은 노드 i가 사용하는 거리에 따른 에너지 소모와 균형적인 유지를 고려하기 위한 이웃 노드의 남은 에너지의 가중 평균으로 결정한다. 두 요소의 가중 평균을 고려하기 위하여 다음과 같이 계산한다.

$$FC_{ij} = \alpha C_{ij} + (1-\alpha)E_j \tag{4}$$

여기서 C_{ij}는 노드 i와 노드 j간의 거리에 따른 에너지 소모이고 E_j는 노드 j의 남은 에너지의 정규화 값이다.

식 (4)에서 $\alpha(0<\alpha<1)$는 노드 자신의 에너지 소모를 더 고려할 것인지 주변과의 균형을 더 고려할 것인지에 대한 가중치 비율이다. 이 α 값은 이웃 노드들의 남은 평균 에너지($E^R_{neighbor}$)와 자신의 남은 에너지를 비교하여 계산한다. 본 논문에서는 α 값을 정하기 위한 파라미터인 이웃 노드들의 평균 남은 에너지와 자신의 남은 에너지의 차이(D)를 다음과 같이 표현한다.

$$D = E^R_i - E^R_{neighbor}$$
$$where\ E^R_{neighbor} = \frac{\Sigma_{j\in N_i} E_j}{n_i} \tag{5}$$

여기서 N_i는 노드 i의 이웃 노드들 집합이고, n_i은 노드 i의 이웃 노드들의 수이다. 식 (5)에 따라 α 값은 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha = \begin{cases} 1 & , D < -\beta \\ \beta - D, & -\beta < D < \beta \\ 0 & , D > \beta \end{cases} \tag{6}$$

β는 α 값을 정하는 기준으로 사용되는 상수로 노드의 성향을 반영할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 노드의 초기상태를 중립적인 것으로 가정하여 β를 0.5로 설정하였다. β 값이 0.5 보다 크면 노드는 자신의 에너지 소모를 더 고려하고, 반대의 경우 주변의 에너지 상황을 더 고려하는 성향을 가진다.

3.2 중계 노드에 대한 인센티브 계산 기법

제안된 방법에서는 중계 노드들에게 합당한 인센티브를 제공하기 위하여 중계 노드에 대한 인센티브를 계산하게 된다. 계산된 인센티브는 소스가 제공하며 실제 데이터를 전송일 일어날 때 각 중계 노드에게 지불된다.

메커니즘 디자인의 특성을 애드혹 네트워크에 적용하기 위해서 다음과 같이 정의한다. 각 노드의 타입은 개별 정보이고 각 노드의 선호도이다. 그러므로 수식(6)의 α 값을 본 논문에서는 노드의 타입이라 한다. $v_i(k,\Theta_i)$는 타입이 Θ_i인 에이전트 i에 대한 할당량 k의 가치를 나타내므로 에이전트 i가 지불하고자 하는 비용이므로 식 (4)의 FC_i는 $v_i(k,\Theta_i)$로 정의한다. 중계 노드가 받을 수 있는 인센티브는 노드가 자신이 참여하지 않았을 때 나온 결과 값에서 자신이 참여하였을 때의 결과 값을 뺀 것과 같기 때문에 식 (2)에 의해 계산된다. $V(N)$은 최소 비용 라우팅 경로의 경로비용 합계가 되고 $V(N \setminus i)$는 우회 최소비용 라우팅 경로의 경로비용 합계가 된다.

우회 라우팅 경로란 전통적인 VCG 메커니즘에서의 적용과는 달리 최소 비용 경로 상의 해당 노드 주변 경로가 부분적으로 우회로를 선택하는 경로이다. 제안된 방법에 의하여 설정된 라우팅 경로를 (n_s, n_{l1}, n_{l2},…, n_{ld})라고 가정한다. 여기서 n_s는 소스 노드이고 n_{ld}는 목적지 노드이다. 선택된 라우팅 경로의 경로 비용은 $CFC(n_s,n_{ld})$으로 각 노드가 계산한 식 (4)의 합으로 계산되고 다음과 같이 나타낸다.

$$CFC(n_s,n_{ld}) = FC_{s,n1} + FC_{l1,l2} + \ldots + FC_{ld-1,ld} \tag{7}$$

이 때 중계 노드 n_{li}가 받는 인센티브는 VCG 메커니즘에 의하여 자신이 포함되어 라우팅 경로가 설정되었을 때 네트워크에 기여하는 만큼을 보상받게 되므로 우회 최소 비용 라우팅 경로로 목적지에 도달할 때 드는 비용과 최소 비용 라우팅 경로를 경유하여 목적지에 도달할 때 드는 비용의 차에 다음 노드로 전송하기 위해 쓰는 비용을 더하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$u_{n_{li}} = ((CFC(n_s,n_{ld}) \setminus n_{li}) - CFC(n_s,n_{ld})) + FC \tag{8}$$

3.3 인센티브를 이용한 전송 대역폭 예약 기법

멀티미디어 데이터에 대한 요구가 높아지고 인터넷의 사용이 활성화됨에 따라 QoS를 보장하는 것이 중요한 문제가 되었다. 따라서 본 논문에서는 대역폭 예약에 대한 인센티브 사용을 통해 QoS 보장과 인센티브 활용을 하고자 한다.

본 논문에서 중계 노드에게 인센티브를 부여하는 방식은 중계 노드를 사용하는 모든 비용이 소스 노드에게 청구되도록 정의하였다. 따라서 데이터를 전송하고자 하는 소스 노드는 적정량의 가상 머니(Virtual Money)를 지불할 수 있어야 한다. 하지만 각각의 노드는 네트워크 전체의 구성에 대한 전체 정보를 가지고 있지 못하기 때문에 자신의 정보에 의존할 수밖에 없다.

본 논문에서 소스 노드가 되는 노드는 가상 머니를

지불하고 추후 중계 노드의 역할을 하여 데이터 중계를 함으로써 가상 머니를 얻게 된다. 목적지 노드까지 데이터를 전송하기 위하여 중계 노드를 거칠 경우, 소스 노드는 각 중계 노드에게 식 (8)에 의해 계산된 인센티브를 제공하도록 한다.

네트워크에 속한 각 노드가 자신이 벌어들인 인센티브를 대역폭 예약에 사용하도록 하기 위해서는 네트워크 내의 대역폭에 대한 가치를 정립해야 한다. 노드의 사용 가능한 대역폭 또한 노드에게는 중요한 자원이기 때문에 이러한 사용 가능한 대역폭을 다른 노드가 사용하도록 허락하기 위해서는 적절한 보상이 뒤따라야 한다. 그러므로 중계 노드가 소스 노드의 데이터를 중계하기 위하여 자신의 가용 대역폭 중 일부에 대하여 예약을 시행하는 경우, 소스 노드는 중계노드의 데이터 중계에 대한 인센티브에 추가로 대역폭 예약에 대한 보상을 제공해야 한다.

대역폭 예약을 하는 중계 노드에 대한 추가적인 인센티브는 다음과 같이 계산한다. VCG기법을 응용한 방법을 통하여 중계 노드가 대역폭을 예약하여 라우팅 경로가 설정되었을 때 해당 중계 노드를 경유하는 라우팅 경로의 경로 비용과 해당 중계 노드를 제외한 우회 라우팅 경로의 경로 비용의 차이를 중계 노드가 대역폭 예약을 하였을 때 얻는 인센티브(ub)로 정의한다.

$$ub_{n_{li}} = (BCFC(n_s, n_{ld}) \setminus n_{li}) - BCFC(n_s, n_{ld}) \quad (9)$$

여기서 $BCFC(n_s,n_{ld})$는 식 (9)의 $CFC(n_s,n_{ld})$와는 달리 식 (4)의 FC에서 거리에 따른 전송비용 만을 고려한 것이다. 그러므로

$$BCFC(n_s,n_{ld}) = C_{s,n1} + C_{l1,l2} + \ldots + C_{ld-1,ld} \quad (10)$$

으로 정의한다. 또한 $BCFC(n_s,n_{ld})\setminus n_{li}$는 중계 노드인 n_{li} 노드를 제외한 라우팅 경로의 경로 비용을 나타낸다.

식 (9)에 의해 계산된 대역폭 예약에 대한 인센티브와 식 (8)에 의하여 계산된 실제 중계를 함으로써 얻는 인센티브를 합한 것이 중계노드 n_{li}가 받을 수 있는 전체 인센티브($u^T_{n_{li}}$)이고 다음과 같은 수식으로 나타낸다.

$$u^T_{n_{li}} = u_{n_{li}} + ub_{n_{li}} \quad (11)$$

소스 노드는 식 (11)에 따라 대역폭 예약을 하는 중계 노드에게 적절한 인센티브를 지불함으로써 자신이 원하는 QoS를 보장받을 수 있다.

본 논문에서 제안된 기법은 주변 노드에 대한 에너지 정보를 적응적으로 갱신하기위해 주기적으로 이웃노드에 메시지를 보내야 하고 대역폭 예약을 위해서 추가적인 통신 오버헤드가 존재한다는 단점이 있다. 하지만 이와 같은 통신은 분산화되어 지역적으로 수행되기 때문에 전체 네트워크 운영에서 부담을 최소화하도록 설계되었다.

4. 성능평가

본 장에서는 시뮬레이션 모델을 통하여 본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 평가하였다. VCG 메커니즘을 응용하여 라우팅 경로를 찾고 데이터 전송을 하는 기존의 논문 두 편과의 직접 비교를 통해 본 논문에서 제안하고 있는 기법이 목표한 것을 충족시키는지 평가하도록 한다.

4.1 실험 환경 및 결과

본 논문에서 제안하는 기법에 대한 성능 평가를 위하여 애드혹 네트워크의 노드 환경을 다음 표 1과 같이 설정하였다.

표 1 실험에 사용된 매개변수

네트워크 크기	100 m × 100 m
네트워크 내 노드수	25 개
실험 지속 시간	100 seconds
노드의 초기 에너지	100J
데이터 전송시 소모 에너지	식 (4)에 따름
β	0.5

초기 에너지는 각 노드가 초기 가질 수 있는 에너지를 100J로 가정하고 노드가 네트워크에 참여하는 시점에는 70%~100% 사이의 임의의 값을 가지도록 하였다. 애드혹 네트워크 환경은 가로 100m, 세로 100m의 공간에 노드를 임의의 위치에 분포하도록 하였고, 노드 사이의 통신비용은 본 논문에서 제안하는 방식에 의하여 계산한다. 노드의 수는 25개로 설정하고 실험시간은 100초로 설정하였다.

성능 평가는 본 논문에서 제안하는 기법을 애드혹 VCG기법[6]과 DSRM기법[7]에 대하여 비교하였다. 애드혹 VCG 기법은 최소 비용 라우팅 경로 속한 중계 노드 각각에 대하여 해당 노드를 제외한 두 번째로 낮은 비용 라우팅 경로를 계산하여야 하기 때문에 많은 양의 계산이 필요하고 QoS를 보장하기 위한 기법이 제공되어 있지 않는 단점이 있다. DSRM 기법은 VCG를 응용한 방법이긴 하지만 실제 VCG 메커니즘을 이용하여 계산하는 방법과 비교했을 때 각 노드에 대한 인센티브 계산에 오차가 있다.

그림 1은 시간이 지남에 따라 네트워크 내에 있는 생존 노드의 개수를 각 기법별로 비교해 나타내었다. 100초의 시간이 지났을 때 제안기법의 노드 수는 실험을 시작했을 때와 같이 16개인 반면, 애드혹 VCG 기법은 13개가 남은 상태이고 DSRM 기법은 14개가 남았다.

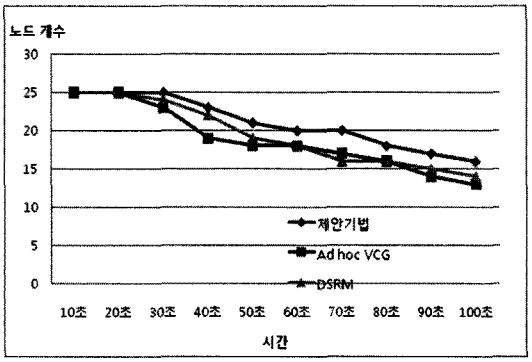

그림 1 네트워크 내에 있는 생존 노드의 개수

위 실험을 통해 노드의 생존율이 본 논문에서 제안하는 기법이 애드혹 VCG 기법과 DSRM 기법보다 각각 23.1%, 14.2% 증가하였다.

그림 2는 시간이 흐름에 따라 네트워크 내에 있는 노드들의 전체의 평균 에너지 잔량이 어떻게 변화하는지를 보여준다. 이것은 네트워크상에서 에너지 소모가 얼마만큼 균등하게 사용되었는가에 대한 평가를 나타낸다. 본 논문에서 제안하는 기법이 애드혹 VCG 기법과 DSRM 기법보다 각각 10.8%, 18.2%가 증가하였다.

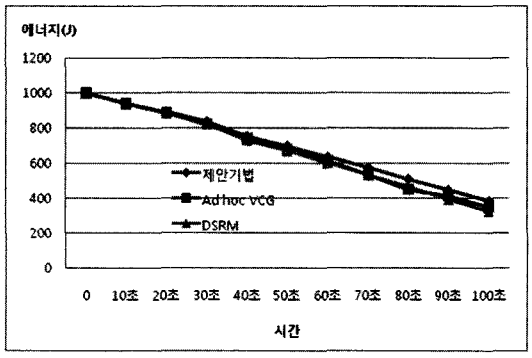

그림 2 전체 노드들의 평균 에너지 잔량

그림 3은 실시간 데이터가 목적지 노드에 도달하는 확률을 보여준다. 실시간 데이터는 상대적으로 우선순위가 높은 데이터로 이 실험결과는 사용자가 요구하는 QoS를 얼마나 보장할 수 있는지를 나타낸다. 제안 기법은 대역폭 예약기법을 이용하여 실시간 데이터에 대한 QoS를 보장하였기에 애드혹 VCG 기법 그리고 DSRM 기법에 비하여 데이터가 도달할 확률이 크게 향상되었다.

그림 4는 클래스 1 데이터의 종단 간 지연시간을 보여주고 있다. 네트워크 내 노드의 개수가 늘어남에 따라 중계 노드의 수가 많아져 종단 간 지연시간이 증가하고 있고 제안기법은 대역폭 예약을 통해 클래스 1 데이터

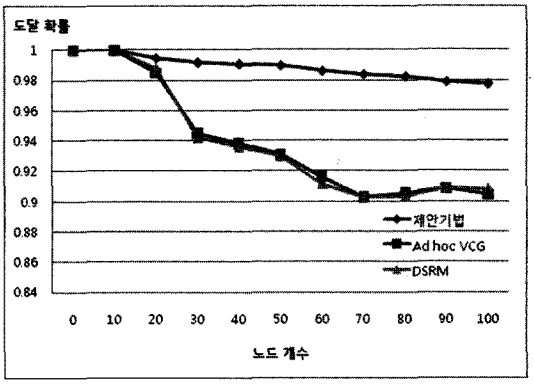

그림 3 실시간 데이터의 도달 확률

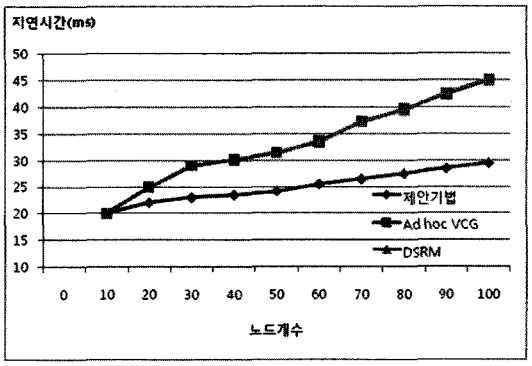

그림 4 클래스 1 데이터의 종단 간 지연시간

를 우선적으로 전송할 수 있도록 하여 애드혹 VCG 기법과 DSRM 기법에 비교하여 종단 간 지연시간이 줄어든 것을 알 수 있다.

5. 결 론

최근 고정된 기반시설 없이 이동 노드들로만 이루어진 애드혹 네트워크에 대한 관심이 증가하고 있다. 전쟁이나 재난 시와 같이 기반 시설을 사용할 수 없는 경우나 임시로 네트워크를 구성해야 하는 경우, 애드혹 네트워크는 널리 사용되고 있다. 이동 노드로만 구성된 애드혹 네트워크에서는 중앙에서 네트워크를 관리하는 시스템이 없기 때문에 자신의 이익만을 위해 데이터 전송을 거부하는 이기적인 노드들이 존재하더라도 그에 대한 적절한 제재를 하기가 쉽지 않다.

본 논문에서는 메커니즘 디자인을 이용하여 노드들에게 인센티브를 제공함으로써 협조적인 행동을 할 수 있는 계기를 부여하였고 협조적인 행동을 통해 얻게 되는 인센티브를 QoS를 보장하기 위한 대역폭 예약에 사용할 수 있도록 하였다.

성능평가를 통해 제안된 새로운 기법이 기존의 방식

에 비해 계산복잡도와 에너지 효율, 그리고 QoS 측면에서 성능이 향상된 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안된 기법은 시간의 흐름에 따른 네트워크 내 생존하고 있는 노드의 수가 기존에 존재하는 애드혹 VCG기법과 DSRM기법보다 각각 23.1%, 14.2% 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Dash, R. K., Parkes, D. C. and Jennings, N. R., "Computational Mechanism Design: A Call to Arms," *IEEE Intelligent Systems*, pp.40-47, 2003.

[2] Xin Wang and Henning Schulzrinne, "Incentive-Compatible Adaptation of Internet Real-Time Multimedia," *IEEE JSAC, vol.23, no.2*, pp.417-436, February, 2005.

[3] David C. Parkes, "Computational Mechanism Design," *Lecture notes of Tutorials at 10th Conf. on Theoretical Aspects of Rationality and Knowledge (TARK-05)*, pp.4-82, 2008.

[4] D. Lucking-Reiley, "Vickrey Auctions in Practice: From Nineteenth Century Philately to Twenty-first Century E-commerce," *The Journal of Economic Perspectives*, pp.183-192, 2000.

[5] David C. Parkes and Jeffrey Shneidman, "Distributed Implementations of Vickrey - Clarke - Groves Mechanisms," *International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pp.261-268, 2004.

[6] L. Anderegg and S. Eidenbenz, "Ad hoc-VCG: a truthful and cost-efficient routing protocol for mobile ad hoc networks with selfish agents," *Mobicom*, pp.245-259, 2003.

[7] Min-You Wu and Wei Shu, "Distributed Strategic Routing Mechanism for Wireless Ad hoc Networks," *IEEE 6th Circuits and Systems Symposium*, pp.17-20, 2004.

이 진 형

2007년 8월 서강대학교 컴퓨터공학과 졸업. 2010년 2월 컴퓨터공학과 석사~현재 삼성전자 연구원. 관심분야는 QoS, 실시간 라우팅, 메커니즘 디자인, 애드혹 네트워크, 자원관리

김 승 욱

2004년 12월 Syracuse University, computer science 박사. 2005년 중앙대학교 컴퓨터공학부 전임강사. 2006년~2009년 서강대학교 컴퓨터공학과 조교수. 2010년~현재 서강대학교 컴퓨터공학과 부교수. 관심분야는 QoS, 실시간 제어처리, 셀룰러 네트워크 자원관리