

WiMedia에서 멀티홉 라우팅을 위한 중계 디바이스 선정 알고리즘

정진욱* · 진교홍* · 황민태** · 진영애***

*국립창원대학교 전자공학과 · **국립창원대학교 정보통신공학과 ·

***한국전자통신연구원 그린융합무선시스템연구팀

Relaying Device Decision Algorithm for Multi-hop Routing in WiMedia

Jin-uk Jung* · Kyo-hong Jin* · Min-tae Hwang** · Young-ae Jeon***

*Dept. of Electronic Engineering, Changwon National University

**Dept. of Information Communication, Changwon National University

***Green Converged Wireless System Research Team, ETRI, Korea

E-mail : jaygarcia@nate.com

요 약

지능형 객차 시스템에서 고속의 멀티미디어 데이터를 무선으로 주고받기 위해 UWB 방식의 WiMedia D-MAC을 고려할 수 있다. 그러나 현재 WiMedia에서는 2홉 이상의 통신 방법이 제공되지 않고 있어 UWB의 통신 제한 거리인 10미터를 넘어서는 경우 데이터를 주고받을 수 없다. 본 논문에서는 WiMedia를 기반으로 멀티홉 라우팅이 가능하도록 하기 위한 첫 번째 단계로 중계 디바이스를 선정하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 중계 디바이스의 선정을 위해서 이웃 디바이스에 대한 정보를 비콘 프레임을 통해 얻도록 하였으며, 간단한 연산을 통해 일반 디바이스와 중계 디바이스를 결정하도록 하였다. 그리고 두 번째 단계로 모든 디바이스는 중계 디바이스를 통해 2홉까지의 라우팅 테이블을 만들 수 있고 일정 시간이 지나면 망상의 모든 디바이스를 위한 라우팅 테이블을 완성시킬 수 있다.

ABSTRACT

In intelligent subway systems, UWB-based WiMedia D-MAC Protocol can be considered to send and receive multimedia data which requires high data rate. However, network devices which do not exist within 10 meters, the limited communication range, can not communicate with each other because WiMedia does not support multi-hop communications. In this paper, we developed the algorithm to select a relaying device for multi-hop routing on WiMedia networks. In the first step, each device acquires information of neighbors through beacon and decides whether it is a normal or relaying device using the acquired information. In the next step, all devices can create the 2-hop routing table using the information received via relaying devices and the whole routing table for all devices on networks, eventually.

키워드

WiMedia, UWB, 멀티홉 라우팅, 중계 디바이스

1. 서 론

WiMedia는 3.1GHz ~ 10.6GHz 대역에서 최대 480Mbps의 전송률을 제공하는 고속 WPAN 표준

으로 다른 무선 통신 기술에 비해 빠른 전송 속도는 고속의 전송률을 요구하는 멀티미디어 데이터 전송에 적합하다[1].

한편 WiMedia는 고속의 전송률을 제공하지만

최대 전송 범위가 10미터로 매우 제한적이다. 따라서 그 이상의 거리에 존재하는 디바이스들은 멀티홉 라우팅을 통해 경로를 설정한 후 서로 데이터를 송수신해야 한다. 그러나 현재 WiMedia는 멀티홉 라우팅을 제공하지 않고 있다.

본 논문에서는 WiMedia에서 멀티홉 라우팅을 위해 요구되는 중계 디바이스 선정 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서 중계 디바이스는 소스 디바이스와 목적지 디바이스의 경로 사이에 존재하여 데이터를 전달하는 역할을 수행하며 각 디바이스는 자신의 NL(Neighbor List)과 이웃 디바이스의 NL을 이용한 간단한 연산을 통해 스스로 중계 디바이스가 될 것인지를 결정한다. 또한 하나의 목적지에 대해 다수의 중계 디바이스가 존재하는 경우 RSSI(Received Signal Strength Indication)와 이용 가능한 MAS의 개수, 그리고 홉 카운트(Hop Count)를 사용하여 최적의 중계 디바이스를 선정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 WiMedia D-MAC 프로토콜에 대해 간단히 소개하고 3장에서는 제안된 중계 디바이스 선정 알고리즘과 결과물을 설명한다. 그리고 마지막으로 결론을 기술하였다.

II. WiMedia D-MAC 프로토콜 개요

WiMedia에서 채널 시간은 그림 1과 같이 65,536 μ s의 고정된 길이를 가지는 슈퍼프레임(Superframe)으로 구성되며 각 슈퍼프레임은 비콘 구간(BP: Beacon Period)과 데이터 전송 구간(DTP: Data Transfer Period)로 나뉘어진다. 모든 디바이스는 비콘 구간 내 자신에게 할당된 비콘 슬롯(Beacon Slot)에서 비콘 프레임을 전송하고 그 외의 비콘 슬롯에서는 다른 디바이스가 전송하는 비콘 프레임을 수신해야 한다[1, 2].

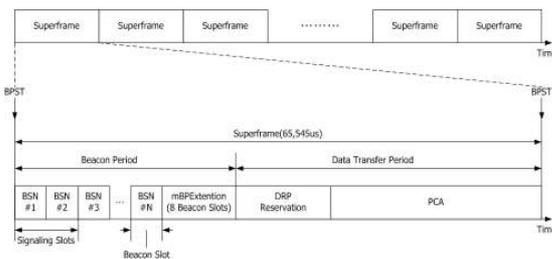


그림 1. 슈퍼프레임 구조

데이터 전송 구간은 DRP(Distributed Reservation Protocol) 예약 구간과 PCA(Prioritized Channel Access) 구간으로 나뉘어지며 DRP 예약 구간은 디바이스가 특정 채널 시간을 예약하여 독점적으로 사용하는 구간으로 QoS(Quality of Service)를 요구하는 실시간 트래픽 전송에 적합하도록 TDMA(Time Division

Multiplexing Access) 방식을 사용한다. 이 때 예약되는 시간의 단위를 MAS(Medium Access Slot)라 한다. PCA 구간에서는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기반의 IEEE 802.11e의 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 사용하여 데이터를 전송한다.

비콘 프레임을 전송할 때, 디바이스는 디바이스 및 네트워크에 대한 정보를 IE(Information Element)에 포함시켜 이웃 디바이스들에게 전달할 수 있다. 모든 디바이스는 매 비콘 구간마다 IE가 포함된 비콘 프레임을 송·수신하므로 디바이스들은 항상 주변 디바이스들에 대한 정보를 빠르게 업데이트할 수 있다.

III. 중계 디바이스 선정 알고리즘

(1) NLIE((Neighbor List Information Element)

각 디바이스의 역할을 결정하기 위해 NL(Neighbor List)을 사용하며 NL은 이웃 디바이스들이 전송한 비콘 프레임을 수신하여 생성할 수 있다. NL을 비콘 프레임에 포함시키기 위해서 그림 2와 같이 NLIE라는 새로운 IE를 설계하였다. 디바이스는 NL을 처음 생성하거나 자신의 NL이 변경될 때에만 NLIE를 생성하여 전송한다.

Octets: 1	1	2	1	1	2	2	2
Element ID	Length	Owner	NL Control	The Available Number of MASs	DevAddr 1	...	DevAddr N
			Bits: 0		1 - 7		
			Relaying Device		Hop Count		

그림 2. NLIE 구조

NLIE의 각 필드들에 대한 설명은 다음과 같다. Element ID 필드는 IE를 구별하기 위해 사용되는 식별자이며 Length 필드는 Element ID와 Length를 제외한 NLIE의 길이를 나타낸다. Owner 필드는 NLIE를 생성한 디바이스의 주소이며 NL Control 필드는 두 개의 서브 필드로 나누어지는데 Relaying Device 서브 필드는 NLIE를 생성한 디바이스의 역할을 표시하는 부분으로 0이면 일반 디바이스를 나타내고 1이면 중계 디바이스를 나타낸다. Hop Count 서브 필드는 NLIE를 수신한 디바이스가 NLIE를 생성한 디바이스로부터 얼마나 떨어져 있는지 파악하기 위해서 사용된다. 이 필드의 값은 초기에 1로 설정되며 중계 디바이스를 거칠 때마다 1씩 증가된다. Available Number of MASs 필드는 이용 가능한 MAS의 개수로 디바이스는 이웃 디바이스가 전송하는 비콘에 포함된 DRP IE의 DRP Allocation 필드를 확인하여 현재 이용 가능한 MAS의 개수를 계산할 수 있다. 마지막으로 DevAddr 1 ~ N 필드는 NLIE를 전송하는 디바이스의 이웃 디바이스들의 주소를 나타낸다.

(2) 중계 디바이스 선정 알고리즘

그림 3은 중계 디바이스 선정 알고리즘의 동작을 설명하기 위한 네트워크 모델과 디바이스들이 사용 중인 비콘 구간의 구조를 보여준다. 먼저, 디바이스간 거리는 최대 10에서 최소 2미터이며 초기 이용 가능한 MAS의 개수는 슈퍼프레임 길이에서 비콘 구간의 길이를 제외한 값으로 설정하였다.

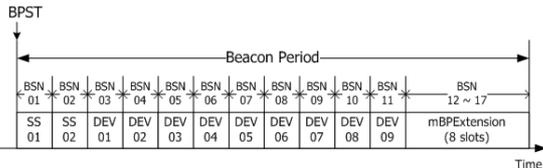
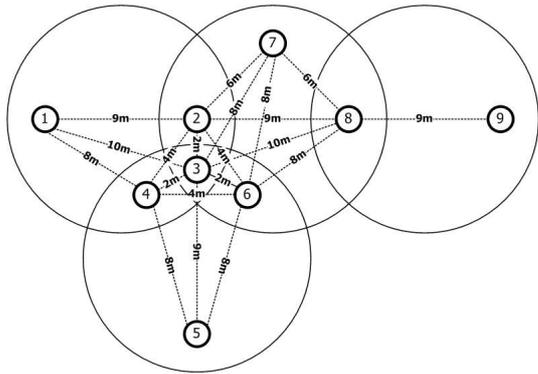


그림 3. 네트워크 모델 및 비콘 구간 구조

[단계 1] 1홉 거리 디바이스로부터의 비콘 수신

먼저, 디바이스 1은 그림 4와 같이 비콘 구간 동안에 디바이스 2, 3, 4로부터 비콘 프레임의 수신하여 자신의 주소를 포함하는 {1, 2, 3, 4}라는 NL을 생성한다. 디바이스 1은 수신된 비콘 프레임의 SrcAddr 필드의 값을 동일한 엔트리의 Destination Address와 Next Hop Address에 기록함으로써 1홉 거리의 디바이스들에 대한 라우팅 엔트리들을 생성할 수 있다. 표 1은 단계 1 이후에 생성된 디바이스 1의 라우팅 테이블이다.

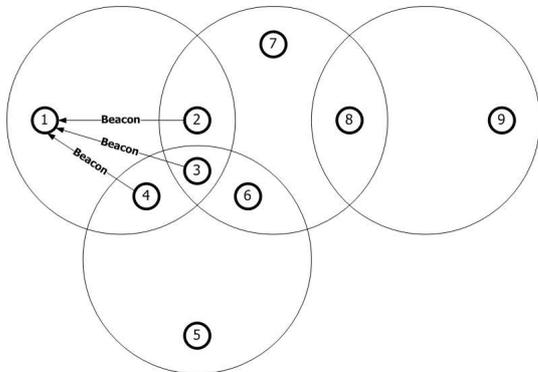


그림 4. 이웃 디바이스로부터의 비콘 프레임 수신

표 1. 비콘 프레임 수신 후 라우팅 테이블

목적지 주소	다음 홉 주소	이용 가능한 MAS 개수	In Use	Metric
2	2	249	0	-
3	3	249	0	-
4	4	249	0	-

비콘 구간이 끝나면 생성된 NL을 주변 디바이스들에게 전달하기 위해 NLIE를 생성한다. NLIE는 이웃 디바이스들에 대한 정보뿐만 아니라 NLIE를 수신하는 디바이스가 중계 디바이스를 선택하는 척도로 사용할 수 있는 이용 가능한 MAS 정보와 홉 카운트 정보를 포함한다.

[단계 2] 1홉 거리 디바이스로부터의 NLIE 수신

다음 슈퍼프레임의 비콘 구간동안에 그림 5와 같이 디바이스들은 이전 슈퍼프레임에서 생성한 자신의 NLIE를 전송한다. 디바이스 1은 디바이스 2, 3, 4의 NLIE를 수신하여 디바이스 2, 3, 4의 NL을 확인할 수 있다.

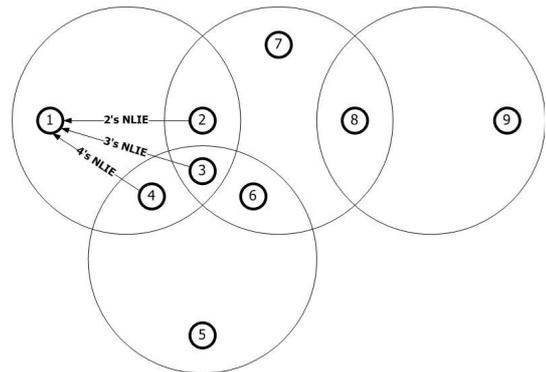


그림 5. 이웃 디바이스로부터의 NLIE 수신

- 디바이스 2, 3, 4의 NL
 - NL₂ = {1, 2, 3, 4, 6, 7, 8}
 - NL₃ = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
 - NL₄ = {1, 2, 3, 4, 5, 6}

비콘 구간이 완료되면, 디바이스 1은 비콘 구간동안에 수신한 NLIE를 이용하여 자신이 어떤 역할을 수행할 것인지 결정한다. 예를 들어, 디바이스 1은 자신의 NL에서 수신된 NL의 원소들을 제거하는 차집합 연산을 수행한 후에 모든 결과가 공집합이면 자신이 일반 디바이스인 것으로 판단하고 공집합이 아니면 자신이 중계 디바이스인 것으로 판단한다. 결과적으로 네트워크 모델에서 일반 디바이스는 디바이스 1, 5, 7, 9가 되고 나머지 디바이스들은 모두 중계 디바이스로 동작한다.

디바이스의 역할이 결정되면, 디바이스 1은 수신한 비콘 프레임의 SrcAddr 필드의 값과 NLIE

의 Owner 필드의 값을 비교하여 두 필드의 값이 동일하면 1홉 거리의 이웃 디바이스가 NLIE를 생성하여 전송한 것으로 판단한다. 또한, 디바이스 1은 디바이스 2, 3, 4의 NL을 확인함으로써 2홉 거리의 이웃 디바이스가 누구인지 알 수 있다. 따라서 디바이스 1은 수신된 NL의 DevAddr 필드에 기록된 주소를 Destination Address에 기록하고 Next Hop Address를 수신된 비콘 프레임의 SrcAddr 필드의 값으로 설정한다. 예를 들면, 디바이스 2의 NL인 {1, 2, 3, 4, 6, 7, 8}을 수신한 디바이스 1은 자기 자신을 제외한 나머지 원소들로의 Next Hop으로 디바이스 2를 선택한다.

한편, 디바이스 1은 하나의 목적지에 대해 많은 중계 디바이스를 가질 수 있다. 예를 들어, 디바이스 2, 3, 4가 디바이스 1이 전송하는 데이터를 디바이스 6으로 전달할 수 있다고 가정하자. 이 경우에 디바이스 1은 디바이스 2, 3, 4중에 하나를 선택하여 데이터를 전송해야 한다.

최적의 중계 디바이스를 선정하기 위한 파라미터로 이용 가능한 MAS 개수와 RSSI(Received Signal Strength Indication), 그리고 홉 카운트를 사용한다. 이 중에서 가장 중요한 파라미터는 이용 가능한 MAS의 개수(N_{MAS})로 소스 디바이스가 요구하는 MAS의 개수를 충족시켜야만 한다. RSSI는 디바이스가 프레임 수신할 때 측정할 수 있으며 이는 WiMedia가 제공하는 기본 기능이다. [3, 4]에 따르면 측정된 RSSI를 기반으로 표 2와 같이 거리에 따라 달라지는 전송률을 확인할 수 있다.

표 2. 거리에 따른 전송률의 변화

거리(m)	전송률 (Mbps)	계산에 사용되는 값(D로 표시)
9미터 이상	53.3	0
7 ~ 9미터	160	1
5 ~ 7미터	200	2
3 ~ 5미터	320	3
2 ~ 3미터	400	4
2미터 이내	480	5

즉, 디바이스간의 거리는 전송률에 매우 밀접한 영향을 미친다. 홉 카운트(N_{HC})는 NLIE에 포함되어 있으며 중계 디바이스를 거칠수록 데이터 전달에 더 많은 시간이 소요되므로 홉 카운트 값이 작은 방향으로 데이터 전달이 이루어져야 한다. 이 두 파라미터들의 값을 이용하여 다음과 같이 Metric을 계산한다. α , β 는 이들 파라미터에 적용되는 가중치를 나타내며 이 가중치들의 합은 1이다.

$$Metric = \frac{(\alpha \times N_{MAS}) + (\beta \times D)}{N_{HC}}$$

표 3은 두 번째 수퍼프레임 이후 디바이스 1의 라우팅 테이블을 보여준다. 디바이스 2, 3, 4의 NL에 포함된 디바이스로의 엔트리가 생성된 후 α , β 의 값이 각각 0.7, 0.3일 때 결정되는 Metric에 따라 Next Hop이 결정된다.

표 3. 이웃 디바이스의 NLIE 수신 후 업데이트된 라우팅 테이블

Destination Address	Next Hop Address	이용 가능한 MAS 개수	In Use	Metric
2	2	249	0	174.3
3	3	249	0	174.3
4	4	249	0	174.6
5	4	249	0	87.3
6	4	249	0	87.3
7	2	249	0	87.15
8	2	249	0	87.15

기본적으로 가장 큰 Metric 값을 가지는 디바이스를 Next Hop으로 선정하지만 하나의 목적이 디바이스에 대해 동일한 Metric 값을 가지는 중계 디바이스들이 다수 존재하는 경우에는 비콘 슬롯 번호가 작은 중계 디바이스를 Next Hop으로 선택한다.

[단계 3] 2홉 거리 디바이스로부터의 NLIE 수신

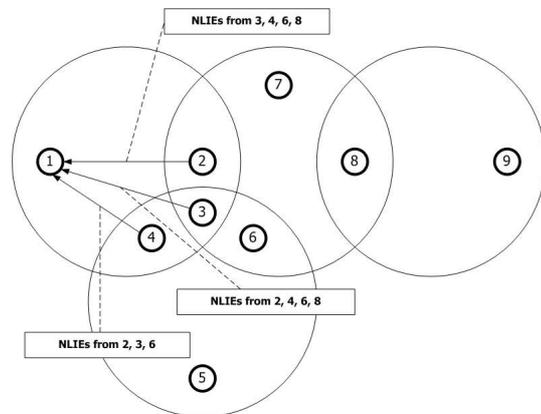


그림 6. 2홉 거리의 디바이스로부터의 NLIE 수신

그림 6과 같이 스스로 중계 디바이스로 동작한다고 결정한 디바이스들은 이전 수퍼프레임의 비콘 구간에서 수신한 NLIE를 전송한다. 예를 들어, 디바이스 2는 자신의 비콘 프레임에 디바이스 3, 4, 6, 8로부터 수신한 NLIE를 포함시킨다.

디바이스 1이 디바이스 2로부터 비콘 프레임을 수신하면, 먼저 비콘 프레임의 SrcAddr 필드와 NLIE의 Owner 필드를 확인한다. 이 두 필드의 값이 같으면 해당 NLIE를 비콘 프레임에 전송한 디바이스에 의해서 생성된 것으로 판단한다. 그러나 같지 않으면 NLIE는 비콘 프레임에 전송한

디바이스에 의해서 중계되고 있는 것이다. 예를 들어, 디바이스 1이 수신한 비콘 프레임의 SrcAddr 필드의 값이 디바이스 2의 주소이고 Owner 필드의 값이 각각 디바이스 3, 4, 6, 8이면 디바이스 1은 디바이스 2를 통해서 디바이스 3, 4, 6, 8의 이웃 디바이스로 데이터를 전달할 수 있다고 판단한다. 표 4는 2홉 거리의 디바이스로부터 NLIE를 수신한 다음에 업데이트된 디바이스 1의 라우팅 테이블을 보여준다.

표 4. 2홉 거리의 디바이스로부터 NLIE 수신 후 업데이트된 라우팅 테이블

Destination Address	Next Hop Address	이용 가능한 MAS 개수	In Use	Metric
2	2	249	0	174.3
3	3	249	0	174.3
4	4	249	0	174.6
5	4	249	0	87.3
6	4	249	0	87.3
7	2	249	0	87.15
8	2	249	0	87.15
9	2	249	0	58.1

(3) 중계 디바이스 선정 알고리즘 및 라우팅 테이블 업데이트 순서도

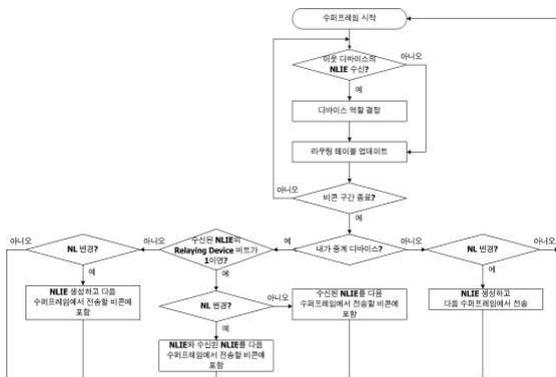


그림 7. 중계 디바이스 선정 알고리즘 순서도

그림 7은 중계 디바이스 선정 알고리즘 및 라우팅 테이블 업데이트의 동작에 관한 순서도이다. 먼저 수퍼프레임이 시작되면 비콘 구간동안 수신된 비콘 프레임을 확인한다. 만약 비콘 프레임 내에 존재하는 NLIE를 이웃 디바이스가 전송했다면 앞서 말한 바와 같이 자신의 NL과 이웃 디바이스 NL의 차집합 연산을 통해 자신의 역할을 결정한 후 라우팅 테이블을 업데이트 한다. 그러나 NLIE가 포함되어 있지 않거나 이웃 디바이스가 전송한 NLIE가 아닌 경우에는 라우팅 업데이트를 수행한다. 이 작업을 비콘 구간이 끝날 때까지 수행한다. 비콘 구간이 종료되면 디바이스의 역할을 확실하게 결정할 수 있으며 현재 수퍼프

레이프동안에 생성된 NL과 비교하여 NL이 변경되었는지 확인할 수 있다. 디바이스의 역할과 NLIE의 Relaying Device 비트의 값, 그리고 NL의 변경 여부에 따라서 어떤 NLIE를 다음 수퍼프레임에서 전송할 것인지 결정한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 현재 WiMedia 표준에서 제공하지 않는 멀티홉 라우팅을 가능하게 하기 위해 NL을 사용하여 중계 디바이스를 선정하는 알고리즘을 개발하였다. 각 디바이스는 자신의 NL과 이웃 디바이스의 NL을 이용한 차집합 연산을 수행하여 스스로 중계 디바이스가 될 것인지를 결정하였고 하나의 목적지에 대해 다수의 중계 디바이스가 발생하는 경우에 RSSI와 이용 가능한 MAS 개수, 그리고 홉 카운트를 사용하여 최적의 중계 디바이스를 결정하는 방법을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)[KI002087, Wireless Video Area Network 구축을 위한 지능형 WiX 시스템 개발] 연구 사업의 일환으로 수행하였음.

참고문헌

- [1] WiMedia Alliance, "Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks," MAC Specification: Draft 1.5, <http://www.wimedia.org>, October, 2009
- [2] Javier del Prado Pavon, Sai Shankar N, Vasanth Gaddam, Kiran Challapali, Chun-Ting Chou, "The MBOA-WiMedia Specification for Ultra Wideband Distributed Networks," IEEE Communications Magazine, pp128-134, June, 2006
- [3] Junwhan Kim and Jaedoo Huh, "Rate Adaptation Scheme for Slot Reservation in WiMedia MAC," International Conference on Consumer Electronics (ICCE) 2007, January, 2007
- [4] Hyunmee Shin, Yongsun Kim, Sangheon Pack, and Chul-hee Kang, "A Distributed Relay MAC Protocol in WiMedia Wireless Personal Area," International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA) 2008, pp784-789, December, 2008