

WPAN에서 통신가능성 정보 요소와 PNC 선택 방법

정회원 정 헌 주*, 조 무 호**

Accessibility Information Element & a PNC Selection Method in the High Rate WPAN

HeonJu Jeong*, MooHo Cho** *Regular Members*

요 약

WPAN에서는 망 중재를 위하여 하나의 피코넷 코디네이터(Piconet Coordinator; PNC)가 요구되는데, 이러한 코디네이터는 망을 구성하는 디바이스들 중에서 선발된다. 그리고 선발된 PNC가 피코넷을 이탈하거나 운영을 중지할 때 또는 현재의 PNC보다 더 능력이 우수한 디바이스가 피코넷에 참여할 때 PNC 핸드오버(Handover) 과정을 통하여 신규 PNC로 PNC역할이 이양된다. 고속 WPAN 표준화 권고안(IEEE 802.15.3)에서는 PNC 핸드오버를 위해 신규 PNC를 선발할 때 디바이스의 규격과 관련된 능력(Device Capability) 정보요소 (Information Element; IE)만을 기준으로 제시하고 있다.

본 논문에서는 PNC 후보를 선발할 때 고려해야 하는 정보요소로 통신가능성(Accessibility)을 살펴보고, 제시한 통신가능성 정보요소를 고려한 PNC 선택 방법을 제안하였다. 제안하는 PNC 선택 방법은 피코넷에 참여중인 디바이스들을 최대한 상속함으로써 보다 효과적인 피코넷 운영관리가 가능하며, 유지하고 있는 PNC 후보 목록을 이용하여 기존의 PNC가 긴급하게 피코넷에서 이탈하는 경우에 PNC 선택 과정 없이 PNC 후보 목록 중에 우선 순위가 가장 높은 디바이스에게 PNC 핸드오버를 실시할 수 있으므로 긴급한 경우에 효과적인 대처가 가능한 장점이 있다.

Key Words : WPAN, Coordinator, PNC, Handover, Accessibility

ABSTRACT

When a DEV associates with an existing WPAN, the PNC checks the capabilities of the new DEV to see if it is more capable to be the PNC of the piconet based on the criteria defined in the IEEE Std 802.15. If the new DEV is more capable and the current security policies allow it, then the PNC has the option of handing over control of the piconet to the DEV that has just joined. And, If the PNC is shutting down or wants to leave the WPAN, it also uses the handover process to give control to another DEV in the piconet.

However, IEEE 802.15.3 checks only DEV capability information for more PNC capable. For PNC selection, it should consider the radio coverage of new PNC capable DEVs. So, we propose the method of PNC selection with accessibility check. This method manages PNC candidate list in the current piconet.

In this paper, we analyze accessibility problems for PNC selection in section 2. In section 3, we explain CI(Configuration Inquiry) process which is proposed by Sony Corporation and propose PCI(PNC Candidate Inquiry) process. Also, we perform numerical analysis to compare PCI process with CI process in section 4. Finally, we conclude in section 5.

* 특허청 (machace@kipo.go.kr), ** 경주대학교 (mhcho@kyongju.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-08-350, 접수일자 : 2005년 8월 29일

※본 연구는 한국학술진흥재단 신진교수연구지원 사업 "KRF-2004-003-D00239"에서 지원 받아 수행되었음.

I. 서론

WLAN은 초기에는 맥내 또는 사무실과 같은 실내 환경에서 2Mbps의 데이터속도로 인터넷 서비스를 지원하는 형태였으나¹⁾, 최근에는 사용공간이 공항, 카페, 호텔, 대규모 회의장 등 소규모 핫스팟(hot-spot) 영역으로 확장되었으며, 데이터속도도 54Mbps로 향상되었고, 응용분야도 인터넷 서비스 외에 다양한 분야로 확대되고 있다²⁾³⁾⁴⁾.

100미터 정도의 서비스 영역에서 높은 전송속도를 제공하는 것을 목표로 하는 WLAN과는 달리 WPAN은 사람의 주변, 집안, 자동차, 사무실 등의 개인영역(POS: Personal Operating Space)에서 저전력 소비와 단순한 구조를 가진 단말기간의 무선 통신을 제공하기 위하여 IEEE 802.11 위원회에서 파생된 기술이다⁵⁾⁶⁾. 특히 WPAN은 개인 영역에서 네트워크 인프라가 없는 경우에도 단말기간의 통신으로 네트워킹이 가능하며, 정지하거나 이동중인 단말기와도 통신이 가능하다는 점에서 다른 통신기술과 구분된다⁷⁾⁸⁾.

WPAN은 중재를 위한 하나의 코디네이터(Coordinator, Piconet Coordinator, Master)와 디바이스(Device, Slave)로 구성된다. 코디네이터는 피코넷에 참여중인 디바이스들 중에서 역할을 수행할 수 있는 장치들 중에서 선발된다. 이렇게 선발된 PNC는 비이컨(Beacon)을 이용하여 피코넷에 기본적인 타이밍을 제공하고, QoS(Quality of Service)요구사항, 전력 절약 모드, 피코넷에 대한 접근제어(Access Control) 등을 관리하며, 외부 망과의 게이트웨이(Gateway) 기능을 제공할 수 있다¹⁾. 그리고 디바이스는 스타형으로 구성되어 코디네이터를 중심으로 통신하거나 또는 디바이스간에 직접 데이터를 송수신할 수 있도록 구성할 수 있으며, 참여중인 디바이스가 별도의 자식 네트워크(Child Piconet)를 구성할 수 있다.

현재 운영중인 코디네이터가 피코넷을 이탈하거나 시스템을 중지하고자 할 때, 또는 현재의 운영중인 코디네이터보다 더 능력이 우수한 디바이스가 신규로 피코넷에 참여할 때 PNC 핸드오버가 수행된다. 이러한 PNC 핸드오버는 디바이스간 코디네이터 수행 능력을 비교하는 작업이 선행되는데, WPAN 권고안에서는 디바이스의 PNC 능력 정보 요소를 제시하고 있다.

PNC 능력 정보 요소는 '관리할 수 있는 DEV의 최대 개수', '처리할 수 있는 CTRqB(Channel Time

Request Block)의 최대 개수', '최대 송신전력' 등의 디바이스의 규격에 해당되는 정보만을 포함하고 있으며, 운영중인 피코넷 상황정보에 대한 요소는 배제되어 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.3 표준화 권고안에서 제시하는 PNC 후보 선발기준의 문제점과 이를 극복하기 위한 세가지 유형의 통신가능성을 고려 정보 요소를 제시하고, 이를 처리할 수 있는 PNC선택 방식을 제안하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 제 2 장에서는 PNC 선발 기준으로 고려되어야 하는 디바이스 통신가능성에 대해 살펴보고, 제 3 장에서는 기존의 PNC선택 방식과 제안하는 PNC 선택 방식을 기술하였다. 제 4 장에서는 기존의 방식과 제안 방식을 수치해석을 통하여 성능을 비교하였으며, 제 5 장에서는 결론을 기술하였다.

II. PNC선발을 위한 Accessibility 정보

운영중인 피코넷에서 PNC 핸드오버가 필요한 경우 신규 PNC는 기존의 PNC가 관리하던 디바이스들을 최대한 수용하여야 피코넷에 끼치는 효과를 최소화할 수 있다. 그러므로 효율적인 피코넷 구성을 위한 신규 PNC는 피코넷에 참여중인 디바이스들과 통신이 최대한으로 가능한 디바이스로 선발하여야 한다.

이러한 PNC와 디바이스간의 통신여부는 PNC 무선 영역에 따른 통신가능성(Accessibility by PNC Radio Coverage), 일반 디바이스들의 무선 영역에 따른 통신가능성(Accessibility by Devices Radio Coverage), 자식 피코넷 코디네이터를 통한 통신가능성(Accessibility through a Child Coordinator)으로 분류할 수 있다.

2.1 PNC 무선 영역 범위에 의한 통신가능성

피코넷에 참여한 디바이스들은 기본적으로 PNC가 방송하는 비이컨 프레임을 수신하여 동기화되고, PNC로부터 채널을 할당 받아 데이터를 송수신하기 때문에 PNC의 무선 영역은 피코넷에 참여하는 디바이스를 결정하는데 직접적인 영향을 끼친다⁹⁾.

그림 1은 피코넷에서 현재의 PNC와 PNC 후보 디바이스(PNC Capable Device) 위치에 따른 무선영역을 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 피코넷은 11개의 디바이스로 구성되어 있는데, DEV-0은 PNC이고, DEV-1과 DEV-4는 PNC 후보 디바이스, 그리고 나

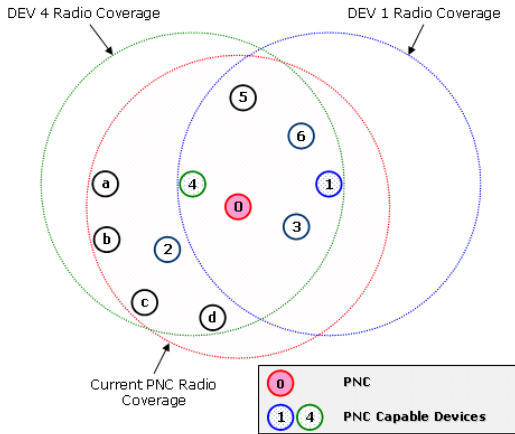


그림 1. 구성 I : 코디네이터의 무선 영역

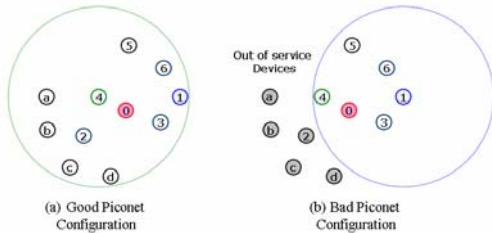


그림 2. 구성 I에서 코디네이터 선발 후 관리가능 디바이스

머지(DEV-2, DEV-3, DEV-5, DEV-6, DEV-a, DEV-b, DEV-c, DEV-d)는 일반 디바이스들이다. 단, 각 디바이스의 무선 영역의 크기는 동일한 것으로 가정한다. 이러한 피코넷 구성에서 DEV-1, DEV-4가 PNC로 선발되는 경우의 피코넷 구성은 그림 2와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 선발되는 PNC의 위치에 따라 전파가 도달하는 무선 영역이 다르므로 관리에 포함되는 대상 디바이스가 다르게 구성된다. 그림 2의 (a)는 DEV-4가 PNC로 선발된 경우로 기존의 피코넷 구성을 그대로 유지되나, 그림 2의 (b)와 같이 DEV-1이 PNC로 선발되는 경우, DEV-a, DEV-b, DEV-c, DEV-d, DEV-2는 선발되는 PNC의 무선 영역을 벗어나 비이권을 수신할 수 없으므로 피코넷에서 배제될 수 밖에 없다. 그러므로 보다 효과적인 PNC 선발을 위해서는 PNC 후보 디바이스의 무선 영역내에 디바이스가 존재하는지를 고려하여야 한다.

2.2 디바이스 무선 영역 범위에 의한 통신가능성 상기에서는 디바이스들의 무선 영역의 크기를 동

일한 것으로 가정하였으나, 실제로는 디바이스들은 무선 영역의 크기는 전파 출력 세기에 따라 상이하다.

그림 3은 2개의 PNC 후보와 10개의 일반 디바이스들로 구성된 피코넷 구성을 나타낸다.

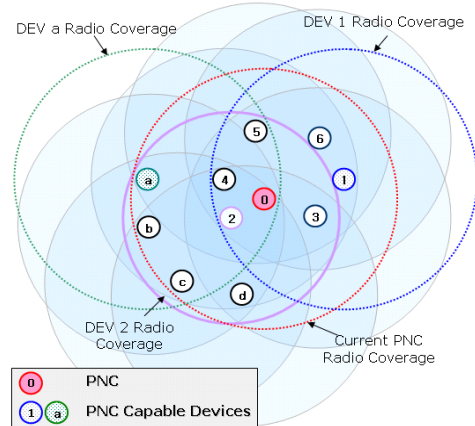


그림 3. 구성 II : 일반 디바이스와 코디네이터의 무선 영역

이 구성에서는 무선 영역의 크기는 DEV-2를 제외하고 모두 동일하고, DEV-2의 무선 영역의 크기는 다른 디바이스보다 작다. PNC 후보 디바이스는 DEV-1과 DEV-a로 이 후보 디바이스가 PNC로 선발된 후의 피코넷 구성은 그림 4와 같다.

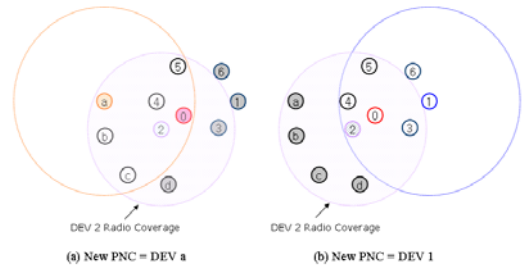


그림 4. 구성 II에서 코디네이터 선발후 관리가능 디바이스

그림에서 보는 바와 같이 DEV-1과 DEV-a의 무선 영역내의 디바이스 개수는 각각 6개로 동일하다. 그러나, DEV-2의 무선 영역내에 DEV-a는 위치하지만(그림 4 (a)), DEV-1은 위치하지 않는다(그림 4 (b)). 즉, DEV-1이 신규 PNC로 선발되는 경우 DEV-2는 피코넷에 참여할 수 없게 된다. 따라서, PNC가 관리 가능한 디바이스인지를 판단하기 위해서는 PNC와 디바이스 상호간에 무선 영역 내에 있는지를 고려하여야 정확한 통신가능성을 점검할 수 있다.

2.3 자식 코디네이터를 통한 통신가능성

그림 5는 부모 피코넷과 자식 피코넷이 동시에 존재하는 경우의 피코넷 구성을 나타낸 그림이다.

그림에서 보는 바와 같이 부모 피코넷은 PNC 역할을 수행하는 DEV-0과 PNC 후보인 DEV-1, DEV-4 그리고, DEV-2, DEV-3, DEV-4, DEV-5, DEV6의 일반 디바이스로 구성되어 있으며, 이와는 별도로 DEV-2를 자식 피코넷 코디네이터를 중심으로 DEV-a, DEV-b, DEV-c의 구성을 가진다.

그림 6은 이러한 피코넷 구성하의 디바이스간 계층구조와 PNC 후보 디바이스인 DEV-1과 DEV-4가 PNC로 선발된 경우의 디바이스간 계층구조를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 자식 피코넷을 배제하고 부모 피코넷의 구성 디바이스만을 고려하는 경우, DEV-1과 DEV-2는 관리 가능한 디바이스 개수가 6개로 동일하다. 그런데, 그림 6의 (b)의 경우는 DEV-1이 자식 피코넷의 PNC인 DEV-2에 대

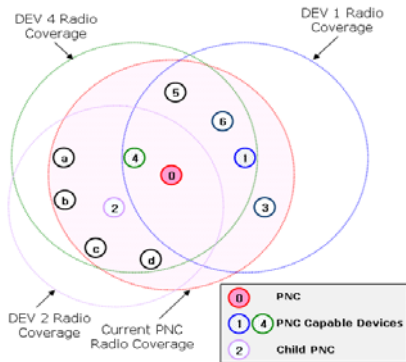


그림 5. 구성 III : 자식 피코넷을 통한 통신

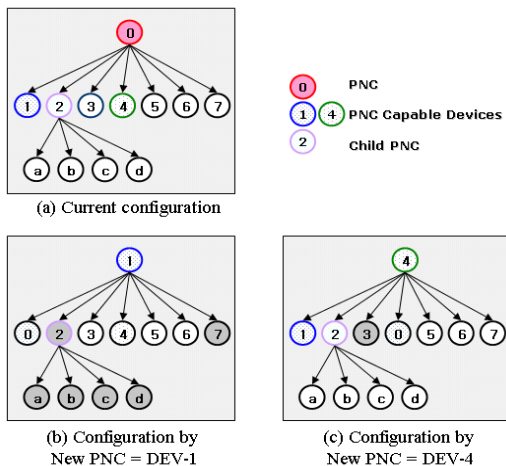


그림 6. 구성 III에서 PNC 선발후 관리가능 디바이스

한 관리를 상실하여 부모 피코넷과 자식 피코넷간의 통신(부모 피코넷의 디바이스와 자식 피코넷의 디바이스간의 직접통신 또는 자식 피코넷의 코디네이터를 통한 통신)이 불가능하게 된다.

따라서, 신규 PNC를 선발하는 경우 관리가 가능한 디바이스를 계산할 때, 자식 피코넷의 코디네이터 역할을 수행하는 디바이스에 대해 가중치를 고려하여야 보다 효과적인 PNC 선발이 가능하다.

III. 코디네이터 선택방식

본 장에서는 기존의 PNC 선발방식을 살펴보고, 제 2 장에서 제시한 고려대상을 처리하기 위해 PCI 방식을 제안하였다.

3.1 CI 방식

소니(Sony Corporation)는 1999년도, 2000년도 IEEE 802.15 연구그룹에 PNC 선택방식을 기고하였다. 이 기고에서는 PNC 무선 영역에 따라 관리 디바이스 개수가 달라지는 문제점을 제기하였으며, 이 문제점을 해결하는 방안으로 CI(Configuration Inquiry) 방식을 제안하였다¹⁰⁾.

CI 방식은 CI-Request 명령, CI-Response 명령 그리고 CI-Terminate 명령을 사용한다. CI-Request 명령은 PNC가 각 디바이스들의 통신가능성을 확인하는 과정을 시작하는 것을 알리는 명령어이고, CI-Response 명령은 CI-Request 명령의 응답으로 디바이스들이 통신 가능한 디바이스 목록(Accessible Device List)을 보고하는 명령어이다. CI-Terminate 명령은 코디네이터가 CI절차를 중단하기 위해 발송하는 명령어이다. 이러한 CI 방식의 단계별 동작 절차는 다음과 같다.

- 1단계 : PNC는 CI-Request 명령을 발송하여 PNC 선택 절차의 개시를 알린다.
- 2단계 : 모든 디바이스들은 CI-Response 명령을 발송한다. 이 명령을 수신한 디바이스들은 통신가능 디바이스 목록을 갱신한다.
- 3단계 : 모든 디바이스들은 통신가능 디바이스 목록을 CI-Response 명령에 포함시켜 PNC로 보고한다.
- 4단계 : PNC가 CI-Terminate 명령을 사용하여 PNC 선택 절차를 종료한다.

그림 7은 CI 방식의 처리 과정을 예를 들어 설명

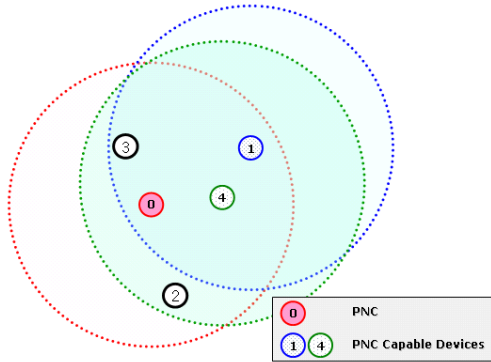


그림 7. 피코넷 구성에 IV

명하기 위한 피코넷 구성이다. 그림에서 보는 바와 같이 피코넷은 디바이스와 2개의 PNC 후보 디바이스, 그리고 PNC 역할을 수행하는 디바이스로 구성 되어 있다. 이때, 디바이스의 무선 영역의 크기는 모두 동일하고, DEV-2는 DEV-1의 무선 영역 밖에 위치하고 있다.

위의 피코넷 구성에서 그림 8는 CI 방식에 따른 채널 시간 할당 및 사용 명령을 나타낸다.

첫번째 슈퍼프레임에서는 DEV-0은 CI-Request 명령을 발송한다. 두번째 슈퍼프레임에서는 PNC는 비이권을 이용하여 채널 시간(CTA-0, CTA-3, CTA-1, CTA-2)을 각각 DEV-0, DEV-3, DEV-1, DEV-2에 할당한다. 각 디바이스는 이 할당된 시간에 각각 다른 디바이스들과의 통신가능성을 시험하기 위해 CI-Response를 발송한다. 디바이스들은 이때 발송된 CI-Response 명령을 수신하면, 발신 디바이스와 통

신이 가능한 것으로 기록한다. 이때 DEV-1에서 발송한 메시지는 DEV-1 무선 영역 밖의 DEV-2에서 수신하지 못하고, DEV-2에서 발송한 메시지는 DEV-2의 무선 영역 밖의 DEV-1에서 수신하지 못한다. 세번째 슈퍼프레임에서는 각기 디바이스에 할당된 채널에 통신이 가능한 디바이스 목록을 CI-Response 명령에 포함시켜 현재의 PNC인 DEV-0으로 보고한다. 네번째 슈퍼프레임에서 PNC는 CI-Terminate 명령을 발송하여 과정을 종료한다. 그리고, PNC는 DEV-1이 관리할 수 있는 디바이스는 3개(DEV-0, DEV-3, DEV-4)이고, DEV-4가 관리할 수 있는 DEV는 4개(DEV-0, DEV-3, DEV-1, DEV-2)인 것을 판단하여 DEV-4를 신규 PNC로 선택한다.

CI 방식의 경우에는 무선영역 범위를 고려한 통신 가능성만을 고려하였다.

3.2 PCI 방식

제안하는 PCI(Piconet Candidate Inquiry)방식은 PNC 후보 목록(Candidate List)을 유지하고, 이 후보 목록을 대상으로 PNC능력을 비교하는 방식이다.

CI 방식에서는 모든 디바이스를 대상으로 PNC 능력을 비교하지만, PCI 방식에서는 후보 디바이스를 사전에 선택하고, 이 후보 디바이스만을 대상으로 PNC 능력을 비교한다. 그러므로 전체 디바이스에 대해 점검하는 CI 방식에 비해 메시지 개수를 크게 감소시켜 보다 빠른 시간에 무선 자원을 절약하여 PNC를 선택할 수 있다.

PCI 방식은 과정을 개시하기 위한 PCI-Request 명령, PNC 후보 디바이스의 통신가능성을 시험하기

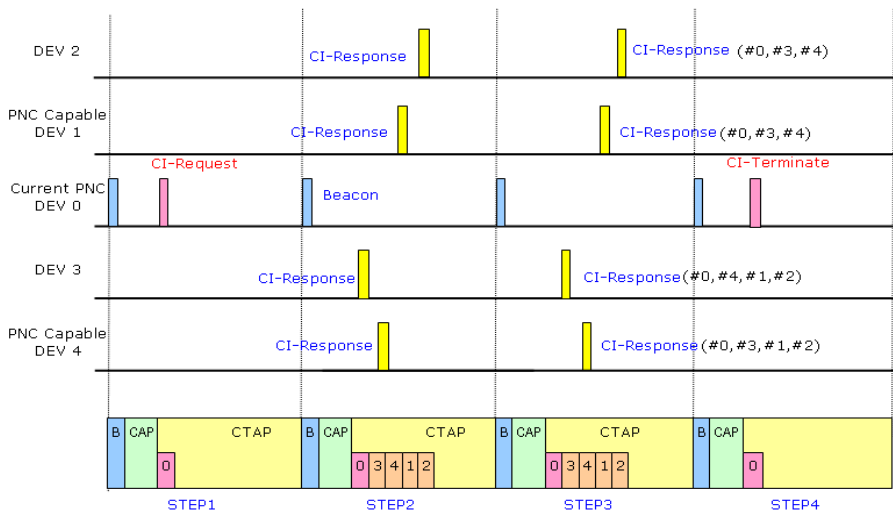


그림 8. CI 방식에 따른 채널 시간 할당 예

위한 PCI-Announce 명령, PNC 후보 디바이스가 방송한 메시지의 수신여부를 보고하는 PCI-Information 명령, 그리고 PNC 후보 디바이스가 수신 가능한 디바이스의 수를 보고하는 PCI-Response 명령으로 구성된다. PCI 방식의 단계별 절차는 다음과 같다.

- 1단계 : PNC는 PCI-Request 명령을 방송하여 PNC 선택 절차의 개시를 알린다.
- 2단계 : PNC 후보 디바이스는 PCI-Announce 명령을 방송한다. 이때 PCI-Announce 명령을 수신한 디바이스는 통신 가능한 디바이스 목록을 갱신한다.
- 3단계 : 일반 디바이스가 PNC 후보 디바이스별 PCI-Announce 명령 수신유무 정보를 PCI-Information 명령에 포함시켜 방송한다. 이때, 자식 피코넷을 통한 가능성을 고려하기 위해서는 발신하는 디바이스가 관리 가능한 디바이스의 개수를 기록한 정보(자식 피코넷 코디네이터가 아닌 경우에는 1을 기록하고, 자식 피코넷 코디네이터의 경우에는 관리중인 디바이스 개수)를 송신한다.
- 4단계 : PNC 후보 디바이스는 PNC 후보 디바이스별 PCI-Announce 명령 수신유무 정보와 자신이 수신 가능한 디바이스 개수정보를 PCI-Response 명령에 포함시켜 PNC로 보고한다. PNC는 PCI-Response 정보와 3단계에서 수신한 PCI-Information 정보를 이용하여 PNC 후보

목록을 갱신하고, 필요한 경우 PNC 핸드오버 절차를 진행한다.

그림 9는 PCI 프로세스가 PNC 후보를 선택할 때, 절차에 따른 채널 시간 할당 예를 나타낸 것으로 그림 7의 피코넷 구성 IV를 가정하여 기술하였다.

신규로 DEV-1이 피코넷에 참여한 경우, 첫번째 슈퍼프레임에서 PNC는 PNC 후보 목록으로 DEV-1, DEV-4를 포함시켜 PCI-Request 명령을 방송하여 프로세스를 개시한다. 두번째 슈퍼프레임에서는 PNC 후보 목록인 DEV-4와 DEV-1이 각각 할당된 채널에 PCI-Announce 명령을 방송하고, 이를 수신한 DEV-2와 DEV-3은 통신가능성을 기록한다. 세번째 슈퍼프레임에서는 일반 DEV들인 DEV-2와 DEV-3이 수신 가능한 디바이스 목록을 포함시켜 PCI-Information 명령을 방송한다. PNC 및 PNC 후보 디바이스는 이 명령을 수신하고, PNC는 후보 별로 통신가능 디바이스 정보를 수정하며, PNC 후보 디바이스들은 자신의 통신이 가능한 디바이스 정보를 기록한다. 마지막 슈퍼프레임에서는 PCI 후보 디바이스들은 자신이 수신 가능한 디바이스 정보를 PNC에게 보고하며, PNC는 최종적으로 PNC 후보 목록의 능력 정보를 갱신한다.

한편, CI방식과 달리 PCI방식에서는 c(후보 목록 개수)값을 설정하여야 한다. 이러한 c값은 PNC 능력을 가진 디바이스의 비율과 이동성(Mobility)에 따라 설정되어야 하며, c값의 최대는 PNC 능력을 가진 디바이스 전체 개수가 된다. c값의 설정 방식

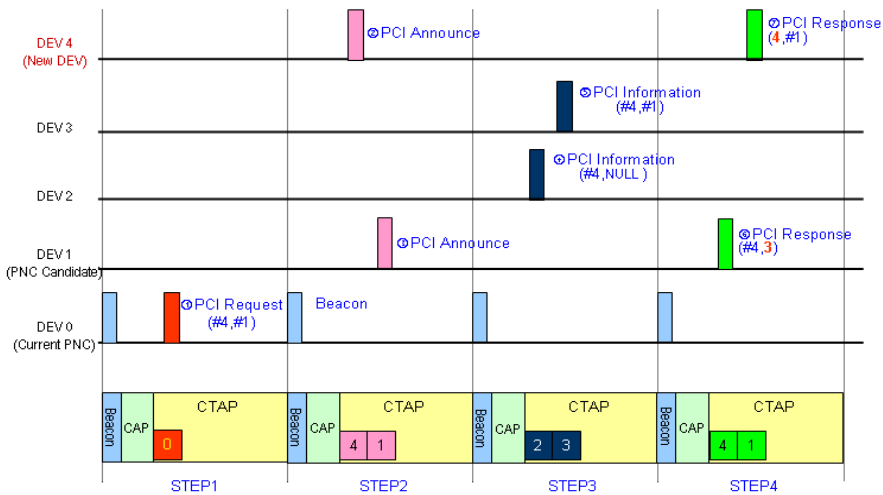


그림 9. PCI 방식에 따른 채널 시간 할당 예

은 수동으로 설정하는 방식과 자동으로 설정하는 방식이 가능하다. 수동으로 설정하는 방식은 사용자의 경험에 의해 c값을 설정하는 방식이고, 자동으로 설정하는 방식은 이동성 정도에 따라 c값을 자동으로 가감하는 것이다. 즉, PCI 방식이 수행될 때 후보 PNC 디바이스의 순위가 특정 상한값 이상의 변동률을 가지면, c값을 증가시키고, 변동률이 특정 하한값 이하이면 c값을 감소하는 방안이다. 후보 PNC 디바이스의 순위가 특정 상한값 이상으로 변동된다는 것은 디바이스들이 피코넷에서 활발하게 이동을 하여 현재의 PNC 후보 목록에 있는 디바이스들 외에 더 우수한 성능의 디바이스가 존재할 가능성이 크다는 것을 의미함으로 비교 대상을 확대해야 하는 경우이며, 반대로 특정 하한값 이하이면 피코넷 디바이스들이 제한적으로 이동되어 PNC 후보 목록의 디바이스들의 우선순위가 거의 변경되지 않으므로 우선순위가 낮은 디바이스들을 배제해도 된다는 것을 의미하기 때문이다.

본 PCI 방식에서는 사용자에게 의한 기본적인 수동설정방식을 선택하였다. 그리고, 자동 설정 방식은 고속 WPAN 기술이 상용화되었을 때, WPAN 모델을 탑재한 디바이스의 이동성 정도와 피코넷에 참여하는 전체 디바이스중 PNC 능력을 가진 디바이스의 비율을 참고하여 방안을 연구할 예정으로 본 논문에는 포함되지 않았다.

IV. 성능 분석

본 절에서는 PCI 방식과 CI 방식의 성능을 비교하기 위하여 각각의 방식을 처리를 하는 동안 소요되는 MAC계층 명령 메시지 수와 트래픽양에 대하여 수식을 도출하고, 이 수식을 기반으로 성능을 분석하였다. 또한, 각각의 방식의 통신가능성 선택기준에 따라 PNC를 선택했을 때, 관리 가능 디바이스 개수에 대하여 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교하였다.

4.1 명령 메시지 빈도

CI 방식은 CI-Request 명령과 CI-Response명령 그리고 CI-Terminate명령으로 구성되며 4개의 단계로 나뉘어져 동작한다. 따라서, 피코넷 디바이스의 총수를 n이라고 가정하면, CI 과정에서 CI-Request와 CI-Terminate가 PNC에 의해서 각 1회씩 송출되고, CI-Response는 PNC를 제외한 피코넷의 디바이스들에 의해서 2회씩 송출되므로 2(n-1)회가 송출되

게 된다. 그러므로, CI 과정에서 송출되는 총 메시지 수를 $N_{CI}(n)$ 라 정의하면 수식 (1)과 같이 정리된다.

$$N_{CI}(n) = 2n \tag{1}$$

PCI 방식은 4단계로 나뉘어져 동작하며 PCI-Request는 PNC에 의해서 1회, PCI-Announce와 PCI-Response는 기존 PNC 후보들과 새로운 후보에 의해 송출되므로 2(c+1)회이며, 여기에서 c는 피코넷에서 유지되는 PNC 후보의 수이다. PCI-Information은 PNC와 PNC 후보들을 제외한 일반 디바이스들에 의해 송출되므로 (n-(c+1)-1)회이다. 그러므로, PCI 과정에서 송출되는 총 메시지 수를 $N_{PCI}(n,c)$ 라 정의하면 수식 (2)와 같이 정리된다.

$$N_{PCI}(n,c) = n + c + 1 \tag{2}$$

그림 10는 수식 (1)과 수식 (2)를 이용하여 디바이스 개수가 증가될 때 $N_{CI}(n)$ 와 $N_{PCI}(n,c)$ 의 변화를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 메시지 사용수는 CI 방식보다 PCI 방식이 대략 65%정도를 사용하고 있으며, PNC 후보 디바이스의 개수에 지배 받지 않는 것으로 분석되었다.

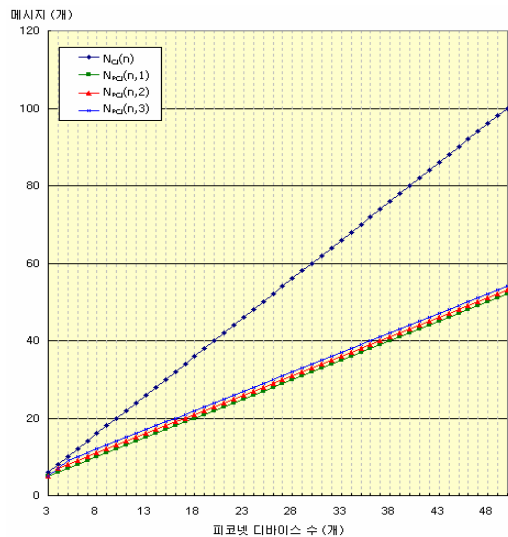


그림 10. PNC 선택방식에 따른 메시지 사용수

4.2 명령 메시지 트래픽

명령 메시지 트래픽을 정확하게 측정하기 위해서는 물리 계층과 MAC 계층 전부를 검토해야 하지만, 계산의 용이성을 위해 MAC 계층을 중심으로 비교하였다.

MAC 프레임은 MAC 헤더, 프레임 본체와 FCS로 구성되며, 프레임 본체를 제외한 MAC 프레임 바이트(byte) 수를 D라 정의한다.

CI 과정에서 CI-Request와 CI-Terminate는 정보 요소 없이 송출되므로 D바이트가 되고, CI-Response에는 자신을 제외한 각 디바이스에서 송출되는 신호의 수신 여부를 나타내는 정보요소가 포함되므로 (D+n-1)바이트가 된다. CI 과정에서 송출되는 총 메시지 양을 $M_{CI}(n)$ 라 정의하면, 수식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 M_{CI}(n) &= M_{CI-Request} + M_{CI-Response} \times 2(n-1) + M_{CI-Terminate} \\
 &= D + 2 \times (D+n-1) \times (n-1) + D \\
 &= 2D + 2(n-1)(D+n-1)
 \end{aligned} \tag{3}$$

PCI 과정에서 PCI-Request, PCI-Information과 PCI-Response에는 기존 PNC 후보들과 새로운 후보에 대한 정보를 포함하므로 (D+c+1)바이트가 되고, PCI-Announce는 정보요소 없이 송출되므로 D 바이트가 된다. PCI 과정에서 송출되는 총 메시지 양을 $M_{PCI}(n,c)$ 라 정의하면 수식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned}
 M_{PCI}(n,c) &= M_{PCI-Request} + M_{PCI-Announce} \times (c+1) + \\
 &\quad M_{PCI-Information} \times (n-c-2) + M_{PCI-Response} \times (c+1) \\
 &= M_{PCI-Request} (1+(n-c-2)+(c+1)) + M_{PCI-Announce} \times (c+1) \\
 &= n(D+c+1) + D \times (c+1)
 \end{aligned} \tag{4}$$

그림 11은 D를 14바이트(MAC header + MAC command length + MAC command type)로 가정하고, 디바이스 개수가 증가될 때 $M_{CI}(n)$ 과 $M_{PCI}(n,c)$ 의 변화를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 $M_{CI}(n)$ 는 곡선형태로 증가하고, $M_{PCI}(n,c)$ 는 직선

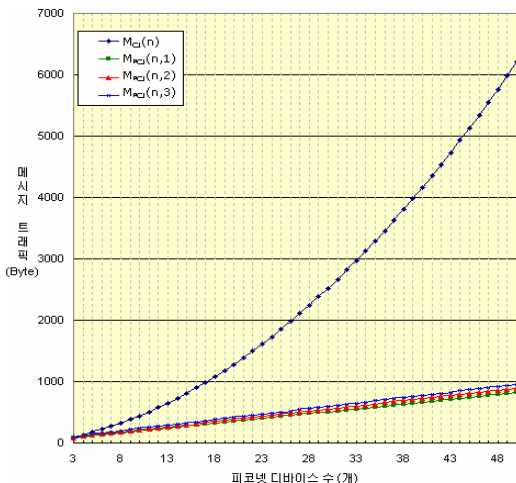


그림 11. PNC 선택방식에 따른 메시지 트래픽

형태로 증가하므로, 디바이스 개수가 증가할수록 그 차이가 확연히 드러난다. 예를 들어 디바이스개수가 20개인 경우, $M_{PCI}(n,c)$ 는 $M_{CI}(n)$ 의 30% 수준에 불과하다.

앞에서 살펴본 바와 같이 PCI 방식이 CI 방식에 비해 처리하는 동안 사용하는 자원양이나 PNC 선택 후 관리 디바이스 개수 측면에서 성능이 더 우수하였다.

V. 결론

초기에 최적의 디바이스가 PNC로 선택된다는 것을 보장하지 못하기 때문에, IEEE 802.15.3 WG에서는 네트워크 운용중에 최적의 디바이스로 PNC 역할을 이양하기 위한 PNC 핸드오버 절차 및 PNC 선택기준을 제공하고 있다. 또한, PNC 핸드오버 절차와 PNC 선택기준은 PNC가 WPAN에서 분리하고자 하는 경우에도 다른 디바이스에게 PNC 역할을 이양하는데 이용되기도 한다.

그런데, IEEE 802.15.3 WG에서 제시하는 PNC 선택기준은 단순히 디바이스의 규격과 관련된 사항만을 포함하고 있다. PNC 선택기준은 보다 효과적인 피코넷 운영을 위해서 PNC가 네트워크 성능에 영향을 줄 수 있는 디바이스의 특성과 네트워크 운영 정보가 반영하여야 한다.

본 논문에서는 피코넷에 참여중인 디바이스를 최대한 수용하기 위한 정보요소로 PNC의 무선 도달 범위에 의한 통신 가능성, 관리 대상인 디바이스들의 무선 도달범위에 의한 통신 가능성, 그리고 코디네이터를 통한 디바이스간의 통신 가능성에 대해 제안하고, 이러한 정보요소를 고려한 PNC 선택 방법인 PCI 방식을 제안하고, 기존의 PNC 선택 방법인 CI 방식과 성능을 비교하였다.

두 방식의 성능 비교 결과, PCI 방식은 기존의 CI 방식에 비해 전반적으로 65% 수준의 메시지 수를 사용하여 절차를 처리하였으며, PNC를 선택하는 동안 처리되는 메시지 트래픽은 디바이스 개수가 20개인 경우 30% 수준을 보여 무선 자원 및 처리 시간 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 그리고, CI 방식은 PNC 무선 영역에 의한 관리 디바이스 인자를 고려하여 절차가 설계된 반면, PCI 방식은 PNC 무선 영역과 일반 디바이스의 무선 영역에 따른 통신가능성과 의존 피코넷의 코디네이터를 통한 디바이스간의 통신가능성을 포함하는 관리 디바이스 인자를 고려하도록 설계되어 CI 방식에 비해 보다 정

확한 코디네이터의 선발할 수 있다. 또한, PCI 방식은 PNC 후보 목록을 사전에 유지하고 있으므로 기존의 PNC가 긴급하게 피코넷에서 이탈하는 경우에 PNC 선택과정 없이 PNC 후보 목록 중에 우선 순위가 가장 높은 디바이스에게 PNC 핸드오버를 실시할 수 있으므로 긴급한 경우에 효과적인 대처가 가능한 장점이 있다.

참 고 문 헌

[1] IEEE Std. 802.11, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 1999 Edition.

[2] IEEE Std. 802.15.3 "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPANs)," IEEE, Sep. 2003.

[3] 전자신문, "e테크 : 초광대역(UWB) 기술-짧고 강한 진동," 2002. 8. 28.

[4] D. G. Leeper, "A Long-Term View of Short-Range Wireless," *IEEE Computer Magazine*, Vol.34, No.6, pp.39-44, Jun. 2001.

[5] Edgar H, Callaway, *Wireless Sensor Networks: architectures and protocols*, CRC Press LLC, 2003.

[6] 이상무, 조평동, "무선통신기술 현황분석 맥내 통신기술 중심," *전자통신동향분석* 제16권 제4호, 2001.

[7] Per Johansson and Johan Sorensen, *Ad-hoc IP Networks over Bluetooth*, Ericsson.

[8] Oksun Park, JungRak Ha, and SungHee Kim, "High Rate WPAN Tend," *ETRI Weekly Technology Trends*, Feb. 2002.

[9] Shige Sugaya, Kaz Takamura, and Masa Akahane, "A proposal to add geographical coverage based criteria to PNC selection," *IEEE 802.15-01/304r3*, 10. Sep. 2001.

[10] Shige Sugaya, Kaz Takamura, Masa Akahane, and Bob Huang, "Configuration Inquiry Process," *IEEE802.15-01/499r1*, Nov. 2001.

정 헌 주 (HeonJu Jeong)

정회원



1992년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업
 1994년 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
 2005년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사
 1994년~2000년 한국전자통신연

구원 선임연구원

2001년~2003년 아론통신기술(주) 부설연구소 팀장
 2003년~2005년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2005년~현재 특허청 전기전자심사국 심사관
 <관심분야> WPAN, 센서네트워크, NMS

조 무 호 (Mooho Cho)

정회원



1980년 경북대학교 전자공학과 졸업
 1989년 청주대학교 전자공학과 석사
 1998년 충북대학교 정보통신과 박사
 1983년~2000년 한국전자통신연

구원 책임연구원

2000년~현재 경주대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수
 <관심분야> 통신네트워크, 이동통신시스템, 트래픽모델링