

## 철도차량내의 효율적인 인터넷 서비스를 위한 Stateless 기반의 Care of Address 구성방안

이 일 호\*, 이 준 호\*\*

### The Stateless Care of Address Configuration Scheme To Provide an Efficient Internet Service in a Train

Il-Ho Lee \*, Jun-Ho Lee \*\*

#### 요 약

철도차량에 탑재된 이동 라우터(Mobile Router:MR)의 이동방향은 랜덤하게 이동하는 일반 무선단말기와 달리 선로를 따라 양방향 이동으로 제한된다. 따라서 이동라우터와 접속된 액세스 라우터(Access Router:AR)은 인접한 이웃 AR의 주소정보를 이용하여 이동라우터의 2계층, 3계층 핸드오프 수행 전에 이동라우터 대신 미리 Care of Address(CoA)를 구성할 수 있다. 이동라우터는 현재 접속된 AR에서 어느 AR 영역으로 이동하더라도 이동검출과정 후 현지 AR로부터 새로운 CoA를 즉시 획득할 수 있게 된다. 성능분석결과, 제안한 방안은 Stateless 방식과 달리 별도의 CoA 과정과 주소중복확인절차(Duplicate Address Detection:DAD)를 수행하지 않아 Stateless 방식보다 최소 약 1.8[s], 최대 4.98[s] 빠르게 CoA를 획득할 수 있음을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

The movement of the MR loaded on the train is confined to the bidirectional movement along the rail. Therefore, the AR connected to the MR can use the address information of the neighboring ARs and configure CoA in advance before performing L2 and L3 handoff. The MR can acquire new CoA immediately from the present AR after the movement detection procedure. The performance analysis shows that the proposed scheme can provide CoA to the MR about 1.8[s] at minimum and 4.98[s] at maximum faster than the Stateless scheme because the proposed scheme does not carry out any additional CoA and DAD procedure unlike the Stateless scheme.

▶ Keyword : Care of Address, L2 Link Up Trigger, Stateless Configuration

• 제1저자 : 이일호    교신저자 : 이준호

• 투고일 : 2009. 07. 21, 심사일 : 2009. 08. 02, 게재확정일 : 2009. 08. 31.

\* 서울산업대학교 철도전문대학원 박사과정    \*\* 서울산업대학교 전자정보공학과 부교수

## I. 서론

3계층 핸드오프 과정에서 지연되는 주요 요소를 차지하는 것이 CoA를 구성하는 절차에 있는데, CoA를 구성하는 방식 중 하나인 Stateless 방식[1]에서는 이동라우터가 다른 서브 넷으로 이동할 때 마다 스스로 해당 서브 넷에 맞는 CoA를 구성하여야 한다. 이러한 CoA를 구성하기 위한 첫 번째 단계로 이동검출 과정을 수행하기 위해서 이동라우터는 AR의 Router Advertisement(RA) 메시지 수신 상태를 주기적으로 점검해야 하고, 만일 RA 메시지가 주기적으로 수신 되지 않을 경우 새로운 AR로부터 RA 메시지를 요청하기 위한 Router Solicitation(RS) 메시지를 전송해야 한다. 수신한 RA 메시지를 통해 CoA를 구성한 후, DAD 과정을 통해 주소 중복확인을 하여야 CoA 구성 과정이 끝나게 된다. 이와 같은 CoA 구성과정은 전체 3계층 핸드오프 과정 중 대부분을 차지하기 때문에 Stateless 방식을 철도차량에 그대로 적용할 경우 끊임없는 인터넷 서비스를 제공하기가 어렵다는 문제를 가진다. 따라서, 본 논문에서는 철도차량에 탑재된 이동라우터의 CoA를 빠르게 구성하는 방안을 제시하고자 한다. 철도차량에 탑재된 이동라우터의 이동방향은 선로를 따라 양방향 이동으로 제한되며, 선로를 따라 설치된 AR들은 서로 인접하여 접속된다[2][3]. 이와 같은 네트워크 모델에서, 제안한 방안에서는 AR은 인접한 이웃 AR들의 주소정보를 이용하여 2계층, 3계층 핸드오프 수행 전에 이동라우터 대신 미리 CoA를 구성하는 절차를 수행한다. 이와 같은 과정을 수행하면, 이동라우터는 현재 접속된 AR에서 어느 AR 영역으로 이동하든지 이동검출과정 후 현지 AR로부터 구성된 CoA를 즉시 획득할 수 있게 된다. 따라서 제안한 방안에서는 Stateless 방식보다 적은 메시지로 빠른 CoA 구성이 가능하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 CoA 구성방식과 Stateless 방식의 IP 이동성 프로토콜의 문제점을 살펴보고, 3장에서 철도차량의 이동성에 적합한 CoA 구성 방안을 제안한다. 4장에서는 제안한 방안의 성능을 평가한 후 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

CoA는 이동라우터가 새로운 서브 넷으로 이동했을 경우 새로운 서브 넷에서 3계층 통신이 이루어 질 수 있도록 임시로 주어지는 주소이다.

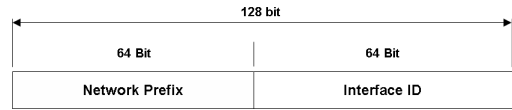


그림 2.1 IPv6의 CoA 구조  
Fig. 2.1 IPv6's CoA Format

그림 2.1은 IPv6[4]의 CoA 구조를 나타낸 그림이다. 새로운 서브 넷으로 이동 한 이동라우터는 일반적으로 64bit의 네트워크 프리픽스와 64bit의 Interface ID로 조합한 CoA를 가능한 빨리 구성해야만 원활한 인터넷 서비스를 제공받을 수 있다. 이와 같은 CoA 구성방식은 두 가지 방식으로 구분 된다.

첫 번째 방식은 Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6(DHCPv6)[5]와 같은 프로토콜을 사용하는 서버의 도움을 받아 주소를 구성하는 Stateful 방식이 있다. 이 방식을 이용하여 CoA를 구성하기 위해서는 반드시 서버장치가 존재해야 하고, 서버는 자신의 영역 내의 모든 주소를 관리해야 하기 때문에 지속적인 주소 업데이트가 필요하다. 이 때문에 주소관리 알고리즘이 매우 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

두 번째로는 다른 서버의 도움 없이 라우터의 RA 메시지에 포함된 옵션정보를 이용하여 주소를 구성하는 Stateless 방식이 있다. 이미 대부분의 IP 이동성 프로토콜들이 Stateless 방식에 기반을 두고 있으며, Stateless 방식이 적용된 대표적인 IP 이동성 프로토콜로는 Fast Handovers for Mobile IPv6[6]와 Hierarchical Mobile IPv6[7]가 있다. 따라서 본 논문에서는 Stateless 방식을 기반으로 한 CoA 구성절차와 기존 방안을 중점적으로 살펴보도록 하겠다.

Stateless 방식은 이동검출과정, CoA 구성과정, DAD 과정으로 나눌 수 있으며, 이동검출과정은 다른 과정과 달리 세 가지 방법으로 다시 분류될 수 있다. 그림 2.2의 (a)와 (b)는 각기 다른 이동검출방식에 따른 Stateless 방식을 나타낸 그림으로 그림 2.2의 (a)는 RA 메시지에 포함된 전송주기 옵션을 이용한 이동검출방식이고, (b)는 RA 메시지에 포함된 네트워크 프리픽스 옵션을 이용한 이동검출방식이다. 각각의 이동검출과정에 대한 설명은 다음과 같다.

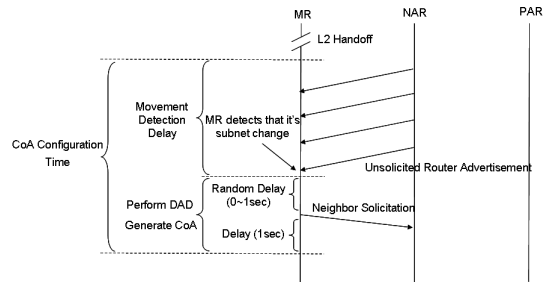
그림 2.2의 (a)에서, 이동라우터가 Previous AR(PAR)에서 New AR(NAR)로 이동한다고 가정하면, 이동라우터는 이미 PAR로부터 RA 메시지 수신을 통해 전송주기 옵션에 포함된 전송주기를 기억하고 있다. 만일, 이동라우터가 알고 있는 전송주기에 따라 RA 메시지를 전송받지 못할 경우 이동라우터는 자신이 새로운 서브 넷으로 이동했음을 인지한 후 RA 메시지를 요청하는 RS 메시지를 NAR로 전송함으로써 CoA 구성을 시작한다.

그림 2.2의 (b)는 PAR과 NAR로부터 획득한 네트워크 프리픽스 값을 비교하여 새로운 서브 넷으로의 이동을 인지하는 방식이다. 이동라우터가 PAR로부터 획득한 네트워크 프리픽스 값을 알고 있는 상태에서 네트워크 프리픽스 값이 다른 옵션을 포함한 RA 메시지를 주기적으로 수신하였을 경우 이동라우터는 획득한 네트워크 프리픽스 값과 자신이 알고 있는 PAR의 네트워크 프리픽스 값과 비교한다. 만일 값이 다르다면, 이동라우터는 자신이 새로운 서브 넷으로 이동했음을 인지한 후 NAR로부터 획득한 네트워크 프리픽스 값을 이용하여 CoA 구성을 시작한다.

이 밖에 2계층 트리거 신호를 감지하여 자신이 새로운 서브 넷으로 이동했음을 인지하는 방식이 있는데, 이 방식은 RFC4068(6)에서 사용하고 있는 방식으로 2계층 트리거를 이용하여 3계층으로 직접 알려줌으로써 빠른 핸드오프를 지원해주는 장점을 가지고 있다. 하지만, 이 문서에서는 2계층 트리거 발생시점에 대해서 구체적인 언급이 없어 2계층 트리거 발생시점에 따라 이동검출시작 시점이 달라질 수 있다.

이와 같이 대부분의 IP 이동성 프로토콜들은 2계층 트리거를 이용하거나 NAR로부터 주기적으로 전송되는 RA 메시지의 네트워크 프리픽스 혹은 전송주기 값의 비교를 통해 CoA 구성의 첫 과정인 이동검출을 수행하게 된다.

이동검출과정 이후 RA 메시지에 포함된 네트워크 프리픽스 옵션 정보와 자신의 Interface ID를 이용하여 새로운 CoA를 구성한다. 구성된 CoA를 같은 링크 내에 있는 또 다른 이동라우터 혹은 Mobile Node(MN)이 사용하고 있는 지 검사하기 위해서 이동라우터는 Neighbor Solicitation(NS) 메시지를 멀티캐스트로 전송한 후 1(s) 동안 기다린다. 이때 서브 넷으로부터 메시지에 대한 응답이 오면 중복된 주소가 존재한다는 의미이며, 이 때 이동라우터는 CoA를 새로이 구성해야 한다. 그러나 서브 넷으로부터 1(s) 동안 메시지에 대한 응답이 없다면, 구성된 CoA가 사용가능한 주소임을 인지한 후 CoA 구성절차를 완료한다.



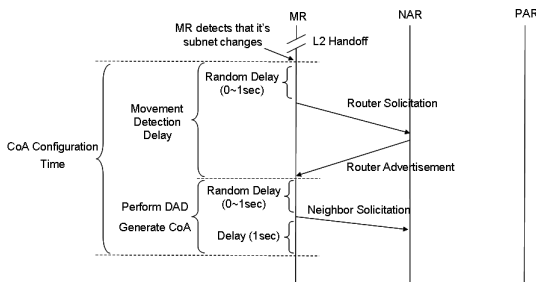
(b) RA assisted CoA 구성

그림 2.2 Stateless 방식의 CoA 구성  
Fig. 2.2 CoA Configuration of the Stateless

최근에는 이와 같은 Stateless 방식을 기반으로 보다 빠르게 CoA를 구성할 수 있도록 하는 방안이 제시되고 있다. 특히, 대중 교통수단 중 철도차량에 탑재된 이동라우터를 대상으로 이동 예측을 적용한 Stateless 기반의 CoA 구성방안 [8]이 제시되었는데, 이 방식은 철도차량이 다른 교통수단과 달리 이동예측이 용이하다는 점을 착안하여 CoA를 보다 빠르게 구성할 수 있도록 한 방안이다. 하지만 이 방식은 철도차량의 이동방향을 단일 방향으로만 고려하였고 이동 예측이 요구된다는 단점이 있다. 본 논문에서는 그와 같은 단점을 개선할 수 있도록 [8]의 방식을 양방향 이동으로 확장한 방안을 제시한다.

### III. 제안한 CoA 구성 방안

Stateless 방식은 랜덤하게 움직이는 이동체에 적합한 방식이기 때문에 이동라우터는 새로운 서브 넷으로 이동한 후 CoA 구성에 필요한 정보를 직접 받아 구성하여야만 한다. 하지만, 철도차량은 그림 3.1과 같이 이동하고자 하는 방향이 양방향으로 제한된다는 특징을 가지고 있으므로 AR2에서 AR3으로 도달할 수 있고, 반대로 AR2에서 AR1로 도달할 수 있다. 따라서 제안한 방안에서는 이동라우터가 CoA를 직접 구성하지 않고, 현재 이동라우터와 접속된 AR이 이웃 AR의 네트워크 프리픽스와 이동라우터의 MR Interface ID(MRID)를 이용하여 사전에 CoA를 구성할 수 있다. 이후 AR은 이동라우터가 이동하게 될 이웃 AR로 CoA를 직접 전송함으로써 이동라우터가 별도의 CoA 구성과정과 DAD 절차 없이도 CoA를 획득할 수 있도록 지원하게 된다.



(a) RS assisted CoA 구성

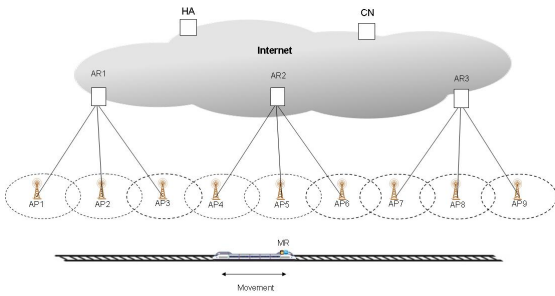


그림 3.1 무선 네트워크 모델  
Fig. 3.1 Wireless Network Model

3.1 CoA 구성에 필요한 메시지

본 절에서는 CoA 구성을 위해 확장된 RS, RA 메시지에 포함되어질 새로운 옵션을 다음과 같이 정의한다.

Type	Code				Checksum
Cur Hop Limit	M	O	H	Reserved	Router Lifetime
Reachable Time					
RetransTimer					
Option code(31)	Option length				
Option = CoA					

그림 3.2 확장된 RA 메시지 구조  
Fig. 3.2 The Extended RA Message Format

그림 3.2는 RA 메시지[9]를 확장한 메시지로 이 메시지 안에는 CoA 옵션이 포함된다. CoA 옵션에는 이웃 AR의 주소정보를 이용하여 구성된 CoA가 포함된다. 이동라우터와 접속된 AR은 이동라우터로부터 이동라우터의 MRID가 포함된 확장된 RS 메시지를 수신한 후 이웃 AR의 네트워크 프리픽스와 이동라우터의 MRID를 조합하여 CoA를 구성한다.

Type	Code	Checksum
Reserved		
Option code(30)	Option length	
Option = MRID		

그림 3.3 확장된 RS 메시지 구조  
Fig. 3.3 The Extended RS Message Format

그림 3.3은 RS 메시지[9]를 확장한 구조를 나타낸 그림이다. 이동라우터는 AP로부터 2계층 Link UP(LU) 트리거 신호를 감지할 때 마다 AR로부터 CoA를 요청하기 위해 MRID 옵션을 포함한 확장된 RS 메시지를 전송한다.

AR's CoA List			
From PAR		From NAR	
MRID	CoA	MRID	CoA
-	-	-	-
-	-	-	-

그림 3.4 CoA List  
Fig. 3.4 CoA List

각 AR은 이웃 AR로부터 획득한 CoA와 MRID를 저장하기 위해 그림 3.4와 같은 CoA List를 가진다. CoA List는 이웃 AR이 구성한 CoA와 MRID를 저장하는 공간이며, 등록된 CoA를 해당 이동라우터에게 전송하기 위한 용도로 사용된다.

3.2 CoA 구성 시작시점

빠른 CoA 구성을 위해 본 논문에서는 FMIPv6에서 사용된 2계층 LU 트리거를 이용하여 CoA 구성 시작시점을 결정하고자 한다. 2계층 LU 트리거 발생시점에 대해서는 아직 Request For Comments(RFC) 문서에 명확하게 언급된바가 없지만, 본 논문에서는 [10]에서 제시한 선로변의 Access Point(AP) 수신 전계강도가 -65(dBm) 값 이상일 때 2계층 LU 트리거가 발생하는 것으로 가정하였다. 이 값은 IEEE 무선랜 AP에서 허용하는 최소 수신 전계강도 -80(dBm)과 히스테리시스 마진 값을 합한 값이다.

예를 들어 그림 3.1에서 이동라우터가 AR2에서 AR3으로 이동한다고 가정하면, 이동라우터는 각 AR과 접속된 AP에 의해 2계층 LU 트리거 신호를 감지하게 된다. 이 시점부터 이동라우터는 AR로부터 CoA를 요청하는 확장된 RS 메시지를 전송하고, AR로부터 CoA가 포함된 확장된 RA 메시지를 수신하게 된다. CoA 구성과정과 획득과정은 다음 절에서 설명하도록 한다.

3.3 AR의 CoA 구성

라우터는 기본적으로 주변 라우터와 주기적인 RA 메시지 교환을 통해 서로의 존재여부 확인뿐만 아니라 구체적인 주소 정보를 공유하는 절차를 가진다. 즉, 그림 3.5에서 이동라우터가 AR2와 접속되어 있다고 가정하면, AR2와 이동라우터는 RA 메시지에 의해 서로의 존재여부를 주기적으로 확인할 뿐만 아니라 유선으로 접속된 이웃 AR인 AR1과 AR3과도 RA 메시지를 주고받으며 존재 여부를 확인하게 된다.

그림 3.5는 철도차량에 탑재된 이동라우터의 CoA 구성과정을 나타낸 그림이다. 이동라우터가 AR2에서 AR3으로 이동한다고 가정하면, 이동라우터는 2계층 LU 트리거 신호를 감지할 때마다 자신의 MRID인 a를 포함한 확장된 RS 메시지를 AR2로 전송한다.

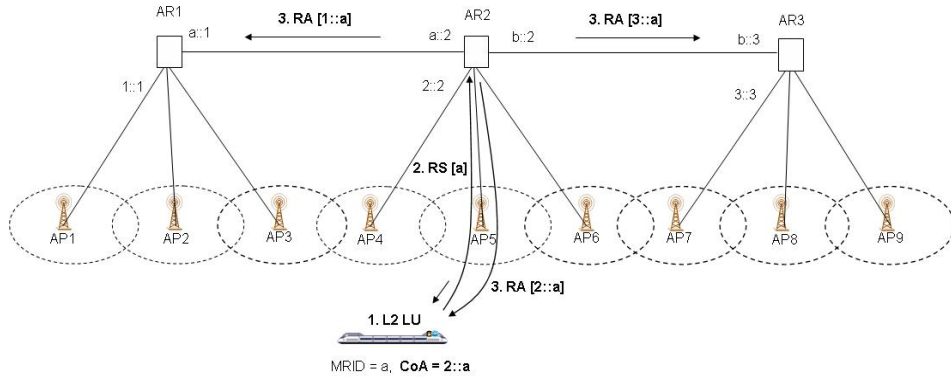


그림 3.5 이동라우터의 CoA 구성 과정  
Fig. 3.5 MR's CoA Configuration Procedure

확장된 RS 메시지를 수신한 AR2는 두 가지 동작을 수행하게된다.

첫 번째는 자신의 CoA List에 획득한 MRID가 등록되어 있는지 확인한 후 등록되어 있다면, 해당 MRID의 CoA를 확장된 RA에 포함시켜 이동라우터로 전송한다. 만일 등록되어 있지 않다면, 자신의 네트워크 프리픽스 값 2::와 획득한 MRID 값 a를 조합한 CoA 2::a를 구성한다. 구성된 CoA는 확장된 RA 메시지에 CoA 옵션으로 포함하여 이동라우터로 즉시 전송되므로 CoA List에 해당 MRID가 등록되지 않는 경우에도 별도의 DAD 과정을 수행하지 않는다.

두 번째로 AR2는 인접한 이웃 AR인 AR1의 네트워크 프리픽스 값 1::와 AR3의 네트워크 프리픽스 값 3::를 이동라우터의 MRID와 각각 조합하여 CoA 1:a와 3::a를 구성한다. 그 후, CoA 옵션이 포함된 확장된 RA 메시지를 AR1과 AR3으로 전송한다. 이 때 AR2는 이동라우터로부터 MRID 옵션이 포함된 확장된 RS 메시지를 수신할 경우에만 확장된 RA 메시지를 전송하며, MRID 옵션이 포함되지 않은 RS 메시지를 수신한 경우에는 Internet Control Message Protocol version 6(ICMPv6) [11]에서 정의한 RA 메시지를 전송한다. AR2로부터 확장된 RA 메시지를 수신한 AR1과 AR3은 획득한 CoA를 그림 3.6과 그림 3.7과 같이 CoA List의 From AR2 영역에 등록한다. 만일, 획득한 MRID와 CoA 주소정보가 CoA List에 존재한다면, 덮어쓰기로 저장하고, 존재하지 않을 경우에는 추가 등록한다.

AR1's CoA List			
From AR0		From AR2	
MRID	CoA	MRID	CoA
-	-	a	1::a
-	-	-	-

그림 3.6 AR1의 CoA List  
Fig. 3.6 AR1's CoA List

AR3's CoA List			
From AR2		From AR4	
MRID	CoA	MRID	CoA
a	3::a	-	-
-	-	-	-

그림 3.7 AR3의 CoA List  
Fig. 3.7 AR3's CoA List

### 3.4 이동라우터의 CoA 획득

그림 3.8은 이동라우터가 AR3으로부터 CoA를 획득하는 과정을 나타낸 그림이다. 여기에서도 이동라우터가 AR2에서 AR3으로 이동한다고 가정하면, 이동라우터는 AR3의 AP에 의해 2계층 LU 트리거 신호를 감지하게 된다. 이때 이동라우터는 자신의 MRID 값 a를 포함한 확장된 RS 메시지를 전송한다. AR3은 이동라우터로부터 받은 MRID 값 a와 CoA List에 등록된 해당 이동라우터의 MRID 값을 비교한 후 같은 MRID 값을 찾아 CoA List에 등록된 해당 CoA를 확장된 RA 메시지 안에 포함시켜 이동라우터로 전송한다. 그 후 AR3은 CoA List에 등록된 해당 CoA를 삭제시킨다.

그림 3.9는 AR로부터 확장된 RA 메시지를 수신하였을 경우의 이동라우터 동작과정을 나타낸 그림이다.

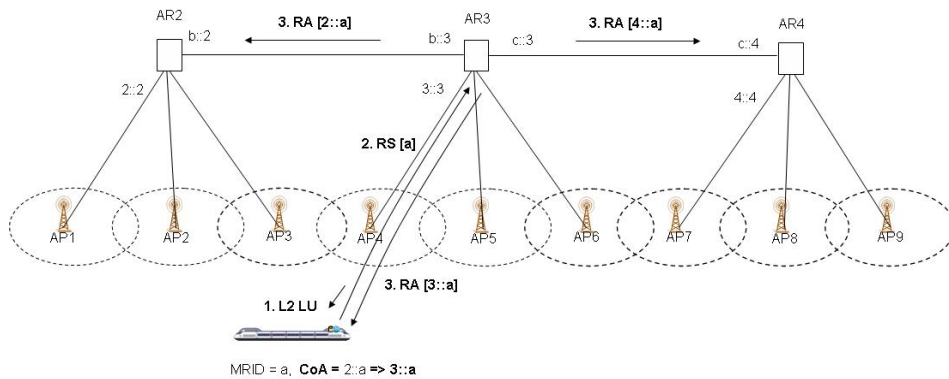


그림 3.8 CoA 획득 과정  
Fig. 3.8 CoA Configuration

확장된 RA 메시지로부터 CoA를 획득한 이동라우터는 획득한 CoA의 네트워크 프리픽스와 현재 자신이 가지고 있는 CoA의 네트워크 프리픽스와 동일하지 비교한다. 만일, 획득한 CoA의 네트워크 프리픽스와 동일하지 않다면, 이동라우터는 새로운 서브 넷으로 이동한 것으로 인지한 후 이전 CoA를 삭제하고, 획득한 CoA를 새로운 CoA로 저장한다. 만일, 획득한 CoA의 네트워크 프리픽스와 동일하다면, 같은 서브 넷 안에서의 이동으로 인지한 후 획득한CoA를 무시한다. 이와 같은 과정을 수행하면, 이동라우터는 별도의 CoA 과정과 DAD 과정을 수행하지 않더라도 적은 메시지로 보다 빠르게 CoA를 획득할 수 있게 된다.

한편, AR3은 이웃 AR로 이동하는 이동라우터가 CoA를 획득할 수 있도록 각각의 CoA 2::a와 4::a를 구성한 후 확장된 RA 메시지를 AR2와 AR4로 전송한다. 그림 3.10과 그림 3.11은 CoA를 획득한 AR2와 AR4의 CoA List 상태를 나타낸 그림이다. 지금까지 제시한 절차는 이동라우터가 AR2에서 AR3으로 이동하는 것으로 가정하였지만, 반대로 이동라우터가 AR2에서 AR1로 이동하더라도 제시한 절차는 동일하게 적용된다.

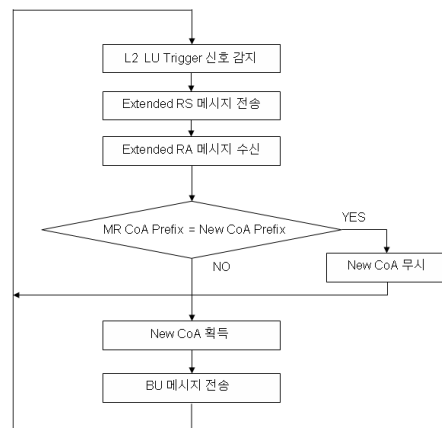


그림 3.9 이동라우터의 동작 과정  
Fig. 3.9 MR's Procedure

AR2's CoA List			
From AR1		From AR3	
MRID	CoA	MRID	CoA
-	-	a	2::a
-	-	-	-

그림 3.10 AR2의 CoA List  
Fig. 3.10 AR2's CoA List

AR4's CoA List			
From AR3		From AR5	
MRID	CoA	MRID	CoA
a	4::a	-	-
-	-	-	-

그림 3.11 AR4의 CoA List  
Fig. 3.11 AR4's CoA List

### IV. 성능평가

여기에서는 Stateless 방식과 제안한 방식을 수식적으로 모델링하여 성능을 분석하고자 한다. 수식적 성능분석을 위해 표 4.1의 파라미터를 사용한다. 표 4.1의 파라미터는 무선 구간에서의 홉(Hop) 지연시간과 대역폭, CoA 구성에 필요한 메시지 크기와 옵션 크기를 정의하고 있다[11].

표 4.1 파라미터 값  
Table 4.1 Parameters and Values

Para.	Meaning	Value	Unit
$D_M$	Hop latency in a wireless network	$5 \times 10^{-3}$	sec
$B_M$	Wireless bandwidth	$11 \times 10^6$	bit/sec
$S_{RA}[n]$	Size of RA message with mobility Option that has n address	$144+128n$	bit
$S_{RS}[n]$	Size of RS message with mobility Option that has n address	$80+64n$	bit
$S_{NS}[n]$	Size of NS message with mobility Option that has n address	$80+128n$	bit
$T_{CS}$	CoA List searching time	$10^{-4}$	sec

본 논문에서는 제안한 방안을 모델링하기에 앞서 먼저 두 방식의 CoA 구성 시작 시점을 규정하고자 한다. 먼저, Stateless 방식에서의 이동라우터는 CoA를 구성하기 위해서 RS, RA 메시지의 정보를 기반으로 이동검출과정이 이루어진 후에 CoA 구성 절차가 시작된다. 또한, 제안한 방식에서의 이동라우터도 이동검출과정을 기본적으로 수행해야 하기 때문에 RS, RA 메시지 전송이 필수적이다.

따라서, 본 논문에서는 두 방안 모두 이동라우터가 AR로 RS, RA 메시지를 전송하는 시점을 CoA 구성시작시점으로 가정한다. 먼저, Stateless 방식의 CoA 구성 소요시간 TCoADelay은 다음의 각 요소의 소요 시간을 모두 합한 식 (4.1)과 같다.

- TMD : 이동라우터의 이동검출에 소요되는 시간
- TCoA : CoA 구성 및 주소 중복 확인에 소요되는 시간

$$TCoADelay = TMD + TCoA \dots\dots\dots (4.1)$$

이동라우터는 새로운 AR로부터 RA 메시지를 전송받음으로써 이동검출을 수행하기 때문에 이동라우터의 이동검출 소

요시간의 대부분은 AR의 RA 메시지의 전송시간, 무선 링크 지연시간 DWL 과 RA 메시지 전송주기 TRtrAdvInterval 의 합으로 나타낼 수 있다. 여기서, RA 메시지에는 네트워크 프리픽스와 전송주기인 Interval 옵션이 포함되므로 n 값은 2로 설정된다. 따라서 이동라우터의 이동검출 소요시간 TMD은 식(4.2)와 같다.

$$T_{MD} = \frac{S_{RA}[n]}{B_{WL}} + D_{WL} + T_{RtrAdvInterval} \dots\dots\dots (4.2)$$

식(4.2)은 식(4.1)에 대입하면 식(4.3)과 같이 다시 표현 될 수 있다.

$$T_{CoADelay} = \frac{S_{RA}[n]}{B_{WL}} + D_{WL} + T_{RtrAdvInterval} + T_{CoA} \dots\dots\dots (4.3)$$

식(4.4)의 TCoA은 CoA 구성시간 TCoA\_Configure과 DAD에 소요되는 시간 TDAD을 합한 것과 같다.

이때, TDAD >> TCoA\_Configure 라고 가정할 수 있다.

$$TCoA = TCoA\_Configure + TDAD \approx TDAD \dots\dots\dots (4.4)$$

DAD에 소요되는 지연시간은 NS 메시지를 보내기 전에 가져야하는 랜덤지연시간 Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay과 NS 메시지 전송시간 및 무선 링크지연시간 DWL, 주소충돌 확인 여부를 통보 받기 위해 기다려야 하는 지연시간 RetransTimer을 합한 것으로 식(4.5)과 같이 나타낼 수 있다. NS 메시지 안에는 구성된 CoA가 포함되므로 n 값은 1로 설정된다.

$$T_{DAD} = \frac{S_{NS}[n]}{B_{WL}} + D_{WL} + Max\_Rtr\_Solicitation\_delay + RetransTimer \dots\dots\dots (4.5)$$

따라서 Stateless 방식의 TCoADelay는 최종적으로 식 (4.6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{CoADelay} = \frac{S_{RA}[n] + S_{NS}[n]}{B_{WL}} + 2D_{WL} + T_{RtrAdvInterval} + Max\_Rtr\_Solicitation\_deIay + RetransTimer \dots \dots \dots (4.6)$$

제안한 방식은 Stateless 방식과 달리 이동라우터와 접속된 AR이 이동라우터의 CoA를 미리 구성하여 이웃 AR로 알려주는 방식이므로 이동라우터는 새로운 AR과 이동검출 후 즉시 CoA를 획득하게 된다. 즉 제안한 방식은 RA, RS 메시지 전송시간과 무선링크지연시간 2DWL, AR의 CoA List searching time TCS의 소요시간만으로도 CoA를 획득하게 된다. 단, 각 메시지들은 기존의 옵션을 포함해서 1개의 제안된 옵션이 더 추가되므로 RA 메시지의 n 값은 3으로 설정되고, RS 메시지의 n 값은 1로 설정된다. 따라서 제안한 방식의 CoA 구성 소요시간 TCoADelay은 식(4.7)과 같이 나타낼 수 있다.

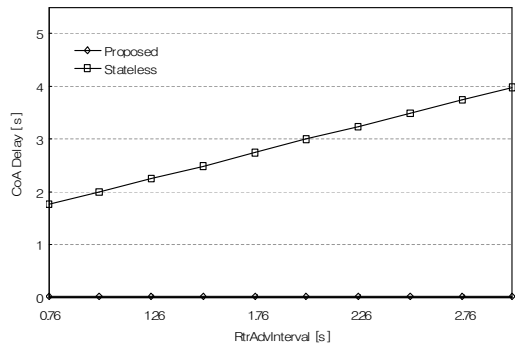
$$T_{CoADelay} = \frac{S_{RA}[n] + S_{RS}[n]}{B_{WL}} + 2D_{WL} + T_{CS} \quad (4.7)$$

식(4.6)과 식(4.7)을 비교 할 때 제안한 방식이 항상 기존의 Stateless 방식보다 작은 TCoADelay 값을 갖게 되는 것을 알 수 있다.

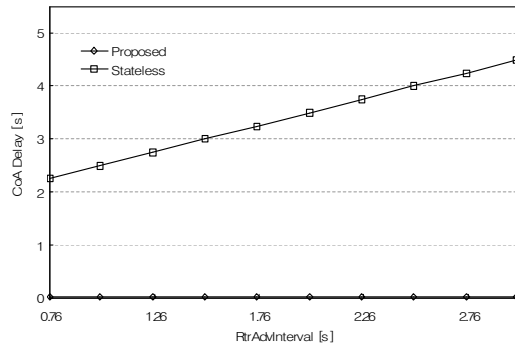
표 4.2 RFC2461에서 제시한 파라미터  
Table 4.2 Parameters from RFC2461

	RFC 2461
<i>RtrAdvInterval</i>	Min : > 0.75s, < 3s Max : > 4s, < 1,800s
<i>Max_Rtr_Solicitation_Delay</i>	Min : 0, Max : 1s
<i>RetransTimer</i>	1s

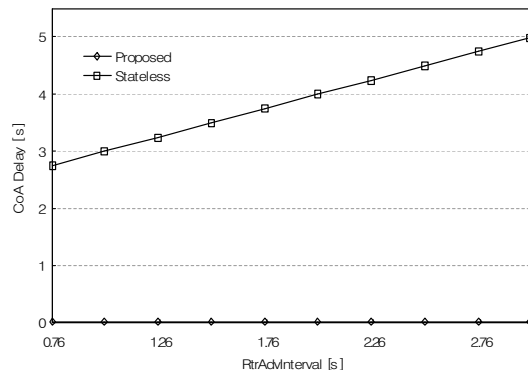
구체적인 값의 비교를 위해 표 4.2의 RFC2461[12]에서 변수 값을 얻어 두 방식의 TCoADelay 값을 구하였다. 성능분석을 위해 RtrAdvInterval는 0.75(s) < RtrAdvInterval < 3(s) 범위 내에서 250(ms)씩 증가시켰으며, Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay은 0(s), 0.5(s), 1(s)로 각각 설정하여 CoA 구성시간을 비교하였다.



(a) Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay = 0(s)



(b) Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay = 0.5(s)



(c) Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay = 1(s)

그림 4.1 CoA 구성 시간 비교  
Fig. 4.1 Comparison of the CoA configuration delay



그림 4.1은 Stateless 방식과 제안한 방식의 CoA 구성 소요시간을 비교한 그림이다. 규정된 파라미터 값에 따라 성능 분석한 결과, 제안한 방안에서는 RtrAdvInterval 과 Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay의 증가와 상관없이 항상 약 11 [ms] 시간이 소요되는 것을 확인할 수 있다. 이는 제안한 방안에서의 이동라우터는 2계층 LU 트리거 신호를 감지하자마자 확장된 RS 메시지를 전송함으로써 AR로부터 CoA가 포함된 확장된 RA 메시지를 즉시 수신 가능하므로 RA 메시지 수신을 위한 별도의 지연시간이 필요하지 않다. 따라서 제안한 방안에서는 RFC 2461에서 제시한 RtrAdvInterval 값이 포함되지 않을 뿐만 아니라 별도의 DAD 과정도 수행하지 않으므로 Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay와 RetransTimer 값의 영향을 받지 않는다.

반면, Stateless 방식은 Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay와 RtrAdvInterval이 기본적으로 포함되므로 이 값들이 모두 최소값을 갖는다하더라도 고정된 소요시간인 RetransTimer가 포함되므로 가장 이상적인 CoA 구성 소요시간은 1.76[s]이다. 그러나 RtrAdvInterval 과 Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay가 증가할 경우에는 그림 4.1의 (c)와 같이 RtrAdvInterval 과 Max\_Rtr\_Solicitation\_Delay가 증가한 만큼의 시간이 더 소요되기 때문에 CoA 구성시간이 최대 4.98[s]까지 증가한 것으로 나타났다. 따라서 제안한 방식은 Stateless 방식보다 항상 최소 약 1.8[s], 최대 4.98[s] 빠르게 CoA를 구성할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

Stateless 기반의 CoA 구성과정은 전체 3계층 핸드오프 과정 중 대부분을 차지하기 때문에 이 방식을 철도차량에 그대로 적용할 경우 끊임없는 인터넷 서비스를 제공하기가 어렵다는 문제를 가진다.

따라서, 본 논문에서는 철도차량에 탑재된 이동라우터가 어느 AR 영역으로 이동하더라도 CoA를 빠르게 구성할 수 있는 방안을 제안하였다. 제안한 CoA 구성방안은 이동라우터가 CoA를 구성하지 않고, AR이 CoA를 대신 구성하기 때문에 이동라우터의 이동방향을 예측하지 않고도 RS, RA 메시지를 통해 이웃 AR로부터 빠르게 CoA를 획득할 수 있다. 아울러, Stateless 방식에서는 CoA 구성과정 중에 DAD 과정이 포함되어 CoA를 구성하는데 상당한 시간이 소요되었지만, 제안한 방안에서는 AR이 미리 이동라우터의 CoA를 구성하기 때문에 DAD 과정이 생략된다. 따라서 Stateless 방식보다 빠르게 CoA를 구성할 수 있다는 장점을 가진다.

제안한 방안과 Stateless 방식의 CoA 구성 소요시간을 수식적으로 모델링해서 성능평가 한 결과, 제안한 방안이 Stateless 방식보다 항상 최소 약 1.8[s], 최대 4.98[s] 빠르게 CoA를 구성할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] S.Thomson and T.Narten, "IPv6 stateless address auto configuration" IETF, RFC2462, Dec. 1998.
- [2] 이일호, 이준호, "이동예측이 가능한 철도차량의 이동성을 기반으로 한 네트워크 이동성 핸드오프 방안", 한국철도학회논문지, Vol.10 No6, pp758, 2007.
- [3] 박희동 외5명, "네트워크 이동성 지원을 위한 이동경로 예측 기반의 끊임없는 핸드오버 방안", 한국통신학회논문지, 550-556쪽, 2005.
- [4] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification" RFC2460, Dec. 1998.
- [5] Droms, R., Bound, J., Volz, B., Lemon, T., Perkins, C.,and M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)" RFC3315, July 2003.
- [6] Koodli, R., "Fast Handovers for Mobile IPv6", RFC 4068, July 2005.
- [7] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)" RFC4140, Aug. 2005.
- [8] 이일호, 이준호, "철도차량의 이동 특성을 고려한 네트워크 이동성 지원을 위한 효율적인 Care of Address 구성 방안", 한국철도학회논문지, Vol.9 No3, pp313, 2006.
- [9] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support for IPv6," RFC3775, June 2004.
- [10] 김윤배, 이성호 "CBTC를 위한 고속로밍 알고리즘과 무선통신장비의 위치 최적화 연구", 서울산업대 학위논문, 2006.
- [11] "Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6)", IETF, RFC2463, December 1998.
- [12] "Neighbor Discovery for IPv6", IETF RFC2461, December 1998.

## 저자 소개



### 이 일 호

2004: 서울산업대학교 전자정보공학과 공학사

2006: 서울산업대학교 철도전기신호공학과 공학석사

2008: 서울산업대학교 철도전기신호공학과 박사과정수료

2009: 서울산업대학교 철도전기신호공학과 공학박사

관심분야: 네트워크 이동성 지원 프로토콜, Mobile IPv6



### 이 준 호

1990: 연세대학교 전자공학과 공학석사

1996: 연세대학교 전자공학과 공학박사

1998 - 현재: 서울산업대학교 전자정보공학과 부교수

관심분야: 네트워크 이동성 지원 프로토콜, 센서 네트워크