

실시간 응용 서비스 지원을 위한 mSCTP 확장 방안

장문정^o 이미정

이화여자대학교 컴퓨터학과

mjchang@ewhain.net^o, lmj@ewha.ac.kr

mSCTP extension approach for supporting real-time applications

Moonjeong Chang^o Meejeong Lee

Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

차세대 통신망이 All-IP 기반으로 진화함에 따라 IP 기반의 이동성 프로토콜의 중요성이 증가하고 있다. 특히 차세대 통신망의 주요 서비스로 등장한 VoIP와 같은 실시간성이 요구되는 서비스를 지원하기 위한 심리스(seamless) 이동성 지원 프로토콜에 대한 연구는 중요하다. 최근, 네트워크 계층에서의 이동성 지원 프로토콜과는 전혀 다른 접근 방식인 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안으로 mSCTP가 제안되었으며 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 무선/이동 네트워크 환경에서 실시간 응용 서비스를 지원하기 위하여 mSCTP를 확장하는 방안을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 방안의 성능을 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안들과 비교한 결과, 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실을 측면에서는 제안하는 방안이 대부분의 IPv6 이동성 지원 프로토콜들보다 향상된 성능을 보이나 처리율 면에서는 IPv6 이동성 지원 프로토콜보다 조금 낮은 성능을 보임을 알 수 있었다.

1. 서 론

차세대 통신망은 All-IP 기반의 핵심 망을 기반으로 하여 다양한 종류의 액세스 망을 수용하는 형태로 발전하고 있다. 뿐만 아니라 액세스 망도 기존의 무선 LAN을 포함하여 IP 기술을 기반으로 하는 액세스 망들이 점차 주류로 등장하고 있다. 또한 차세대 통신망의 주요 서비스로는 멀티미디어 서비스와 같은 실시간성이 요구되는 서비스가 주목 받고 있다. 이러한 차세대 통신망에서 효율적인 이동성 지원을 위해서는 IP 기술에 기반한 이동성 지원 기술이 필수적이다[1]. 현재 대표적인 IP 이동성 프로토콜로는 MIPv6 (Mobile IPv6) [2], HMPv6 (Hierarchical MIPv6)[3], FMIPv6 (Fast handover for MIPv6)[4] 등이 있으며, 모두 네트워크 계층에서의 이동성 지원 프로토콜들이다.

한편, 최근에는 이와 같은 네트워크 계층에서의 이동성 지원과는 전혀 다른 접근 방식으로서, 새로운 트랜스포트 계층 프로토콜인 SCTP (Stream Control Transmission Protocol)[5]를 기반으로 하는 mSCTP (mobile SCTP)[6]가 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안으로 제안되었다. mSCTP는 SCTP 커넥션의 한 종단점인 MT (Mobile Terminal)가 이동함에 따라 그 IP 주소가 변경되는 경우 종단 간에 그 커넥션에 매핑되는 종단점의 IP 주소를 동적으로 변경하는 트랜스포트 계층 주소변경 시그널링 매커니즘을 제안하였다. 이와 같이 트랜스포트 계층에서 점대점으로 이동성을 지원하면 홈 에이전트나 외부 에이전트와 같은 특별한 네트워크 엔티티를 사용하지 않아도 되도록 디플로이가 상대적으로 용이하다.

[7]에서는 MT가 단일 인터페이스를 가지고 하드 핸드오버가 이루어지는 경우를 가정하고 [8]에서 정의한 mSCTP의 주소변경 시그널링을 발생시킬 적절한 시점을 판단하는 조건 및 기준을 제안하였다. 그러므로 본 논문에서는 [7]에서 제안한 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안을 무선/이동 네트워크 환경에서 실시간 응용 서비스를 지원할 수 있도록 확장하는 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 [7]에서 제안되었던 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안에 대해서 요약하여 설명하고, 유선환경에서 실시간 응용 서비스를 지원하기 위한 목적으로 제안된 PR-SCTP (Partial Reliable-SCTP)[9]에 대하여 설명한다. 3장에서는 제안하는 방안의 동작방식에 대해서 자세히 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 통해 그 성능을 비교·분석하여 마지막으로 5장

에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1. 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안

[7]에서는 단일 인터페이스를 가지고 하드 핸드오버 이루어지는 경우에 mSCTP를 적용할 때 ADDIP, DELETEIP, Set-primary IP 등을 수행할 적절한 시점을 판단하는 기준을 제안하였다. MT의 이동이 진행되면 MT는 먼저 새로운 서브 네트워크에 대한 2계층 핸드오버를 수행하고 이어서 IP 주소를 획득한다. 단일 인터페이스 MT의 경우 2계층 핸드오버가 시작되면, 이미 이전 AR로부터의 데이터 수신이 불가능해지기 때문에, 가능한 한 빨리 새로운 ARO에 속한 새로운 주소로 데이터가 전송되도록 해야 한다. 따라서 [7]에서는 새로운 IP 주소를 등록할 수 있는 가장 빠른 시점인 새로운 IP주소가 획득된 시점에 ADDIP를 수행함과 동시에 Set-Primary를 수행할 것을 제안하였다. 한편 MT가 이전 IP 주소에 대해 DELETEIP를 수행하는 시점은 핸드오버 지연이나 작업량 등의 성능에 직접적으로 영향을 미치지 않는다. 핸드오버 중의 데이터 전송능력은 새로운 경로로 데이터 전송이 언제부터 가능한지와 이전 경로를 통한 데이터 수신이 언제까지 지속되었는지에 의해 결정되는데, 전자와 후자 모두 DELETEIP와는 별개인 사건에 의해 그 시점이 결정되기 때문이다. 전자는 Set-Primary IP가 이루어지는 시점에 의해 결정되고, 후자는 단일 인터페이스이기 때문에 DELETEIP와는 별개로 2 계층 핸드오버가 시작되는 시점에 의해 결정된다. 단, DELETEIP를 먼저 수행하느냐는 프로토콜의 프로세싱 오버헤드에 영향을 미치게 된다. 그러므로 [7]에서는 팽팽 이동의 경우 발생하는 불필요한 프로세싱 오버헤드를 최소화하기 위하여 MT가 이전 AR의 전파범위를 완전히 벗어난 시점에 DELETEIP를 수행할 것을 제안하였다.

2.2. PR-SCTP

PR-SCTP (Partial Reliable-SCTP)[9]는 실시간 응용을 위해 2004년 5월에 RFC 3858로 제정되었다. PR-SCTP는 "Time-Critical" 스트림에 대해서는 SCTP 데이터 전송 도중에 오류제어를 중단하고 곧바로 응용계층에 전달할 수 있도록 한다. 즉, 송신원이 필요에 의해 특정 TSN 번호 이전의 데이터에 대해서는 신뢰성 제공 기능을 중지하도록 수신자에게 알림으로써 PR-SCTP를 수행할 수 있다. 이를 위해, 새로운 체크 타임인 FORWARD TSN이 정의되었다. FORWARD TSN 체크는 송신원이 특정 TSN을 수신원에게 알려주기 위해 사용한다. 수신원은 송신원으로부터 FORWARD TSN 체크를 수신하면, FORWARD TSN

본 논문은 정부(산업자원부)의 재원으로 한국산업기술평가원의 지원을 받아 수행된 신기술실용화기술개발사업의 연구결과임

청크에 표시된 TSN 이전의 데이터에 대해서는 자신의 버퍼에 있는 해당 데이터 청크들을 곧 바로 상위 응용에 전달한다. 한편 통신하는 두 단말이 이 기능을 사용하기 위해서는 SCTP 어소시에이션 설립 단계에서부터 이 기능을 지원할 것인지 여부를 협상해야 한다.

3. PR-mSCTP

본 논문에서는 무선/이동 환경에서 실시간 응용 서비스를 지원하기 위해 [7]에서 제안한 트랜스포트 계층 이동성 지원 프로토콜에 PR-SCTP 기능을 구현한 방안으로 PR-mSCTP (Partial Reliability-mSCTP)를 제안한다. 본 논문에서는 혼잡으로 인한 손실이나 우선링크특성으로 인한 손실은 고려하지 않는다.

PR-mSCTP는 [7]에서 제안한 트랜스포트 계층 이동성 지원 프로토콜에 추가적으로 FORWARD TSN 청크를 보내는 시점과 손실된 데이터에 대한 재전송 시도 횟수를 정의한 스킴이다. 즉, 송신원인 CT (Correspondent Terminal)가 FORWARD TSN 청크를 전송하는 시점을 핸드오버 후 새로운 전송 경로로부터 Set-primary ASCONF 청크를 CT가 받는 시점으로 정의하였으며, 손실된 데이터에 대한 재전송 시도 횟수는 0으로 정의하였다. 이와 같이 오류제어를 수행하지 않도록 정의함으로써 mSCTP의 신뢰성 있는 순차적인 데이터 전송이 발생하지 않도록 하여 실시간 응용 서비스를 지원할 수 있도록 한다.

PR-mSCTP는 다음과 같이 동작한다. 핸드오버가 발생하면, CT가 이전 경로로 전송한 데이터 혹은 MT로부터 전송된 ACK이 핸드오버에 의해 손실되어 CT는 MT로부터 ACK을 받지 못한다. CT는 PR-mSCTP의 전송 윈도우가 허용하는 마지막 패킷을 전송한 후에는 재전송 타이머를 설정하고 패킷 전송을 일시적으로 중단한다. 재전송 타이머가 만기되면, 손실된 데이터를 재전송하는 것이 아니라 전송한 적이 없는 데이터를 전송한다. 이는 재전송 시도 횟수를 0으로 설정했기 때문에 오류제어를 하지 않기 때문이다. 이 때, 만약 핸드오버가 완료되지 못하여 새 경로에 대한 ASCONF 청크를 받지 못한 상태라면 데이터 패킷은 이전 경로로 전송되기 때문에 그 패킷은 손실되어 또 다시 타임아웃이 발생하게 된다. 한편 CT가 ASCONF 청크를 받으면, 전송한 적이 없는 데이터와 함께 FORWARD TSN 청크를 함께 전송한다. MT가 이 패킷을 수신하면, 현재 유지하고 있던 ACK 포인트를 FORWARD TSN으로 변경하고 ACK을 CT에게 전송한다. CT는 원래 PR-SCTP와 마찬가지로 새로운 전송 경로로는 항상 슬로우 스타트를 수행한다.

4. 성능평가

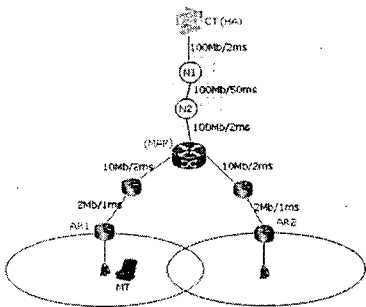


그림 1 시뮬레이션 네트워크 모델

시뮬레이션을 통해 제안하는 PR-mSCTP의 성능을 평가하기 위하여 대표적인 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜 (MIPv6, HMIPv6, FMIPv6)에 UDP를 탑재한 경우를 비교하였다.

시뮬레이션은 버클리 대학 (U.C Berkeley)의 네트워크 시뮬레이터 (Network Simulator) 2.27 버전 [10]으로 구현하였으며, 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 그림 1과 같다. 그림 1에서 괄호 안에 있는 엔티티들은 네트워크 계층에서의 이동성 지원 프로토콜을 위해서 필요한 엔티티들이다. AR1과 AR2의 전파범위는 각각 250m이고, AR1의 전파범위와 AR2의 전파범위가 중첩되는 부분의 크기는 80m라고 가정하였다. 그리고 MT는 Waypoint Mobility 모델에 따라 AR1과 AR2 사이에서 무작위로 이동한다.

PR-mSCTP와 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안들의 성능 비교를 위한 성능측정치로서 핸드오버 지연시간, 패킷 손실률, 처리율을 측정

하였다. 그리고 시뮬레이션 파라미터로는 MT의 이동속도, PAT(Path Acquisition Time)을 각각 변경시켜 보았다. 여기에서 PAT는 2계층 핸드오버가 시작된 시점으로부터 새로운 IP 주소를 획득하기까지 소요된 시간을 의미한다.

4.1. MT의 속도 변화에 따른 성능평가

그림 2, 그림 3, 그림 4는 MT의 이동 속도를 2m/s~28m/s (7km/hour~100km/hour)로 변화시켜 보면서 핸드오버 지연시간, 손실률, 처리율을 측정 한 결과를 각각 보여준 것이다. 모든 스킴에 있어서 핸드오버 지연시간은 MT 속도가 작을수록 일정한 반면, FMIPv6를 제외한 모든 스킴에 있어서 MT 속도가 빨라질수록 손실률은 높아지고, 처리율은 낮아지는 것을 볼 수 있다. 먼저 핸드오버 지연시간은 CT 혹은 MAP에서 새로운 경로로 데이터 전송을 시작하는 시간에 의해 결정되는데, 이 시간은 MT의 속도와는 무관하기 때문에 모든 스킴에서 MT 속도와 무관하게 일정하다. 한편, FMIPv6를 제외한 다른 스킴에서는 MT의 속도가 빨라질수록 파일 전송 중 발생하는 MT의 핸드오버 횟수가 증가하기 때문에 손실률은 증가하고, 이로 인해 처리율은 낮아진다.

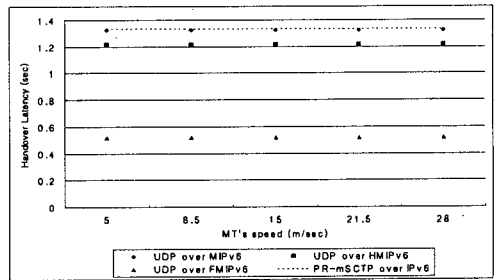


그림 2 MT 속도변화에 따른 핸드오버 지연시간

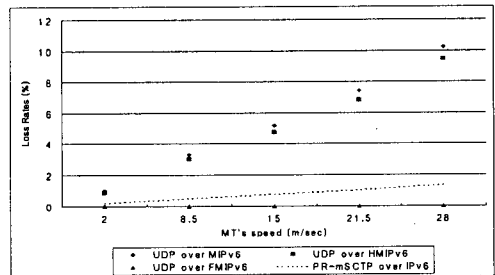


그림 3 MT 속도 변화에 따른 손실률

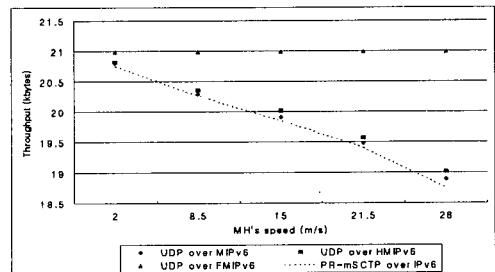


그림 4 MT 속도변화에 따른 처리율

그림 2~4에서 FMIPv6가 가장 짧은 핸드오버 지연, 가장 낮은 손실률, 가장 높은 처리율을 보였다. 이는 FMIPv6가 2계층 핸드오버가 완료되는 즉시 PAR에서 NAR로 터널링한 즉, 이전 경로로 전송된 데이터 패킷을 MT에서 전달 받게 되므로 핸드오버 지연시간은 거의 2계층 핸드오버를 완료하는데 소요된 시간이 된다. 또한 핸드오버 동안 이전 경로로 전송한 데이터 패킷들을 PAR이 NAR로 터널링함으로써 핸드오버 동안 데이터 패킷의 손실이 없기 때문에 처리율이 가장 높다. 그러나 FMIPv6의 경우 터널링으로 인해 NAR에서의 버퍼링이 요구되며, MT의 수가 많은 경우, 상

당한 버퍼 오버헤드가 발생할 수 있다. 한편 HMIPv6가 MIPv6와 PR-mSCTP보다 핸드오버 지연시간이 짧으며, MIPv6와 PR-mSCTP의 핸드오버 지연시간은 거의 동일하다. 핸드오버 지연시간은 PAT와 MT가 전송한 BU(Binding Update) 메시지/ASCONF 청크가 CT/MAP (Mobile Anchor Point)에 도착하는데 걸린 시간의 합이다. MIPv6의 PR-mSCTP는 CT에서 BU/ASCONF 청크를 처리하는 반면, HMIPv6는 CT보다 더 가까운 곳에 위치한 MAP에서 BU를 처리하기 때문이다.

네트워크 계층 이동성 지원 방안에서 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률은 핸드오버 지연의 영향을 받으므로 핸드오버 지연이 긴 스캔일수록 패킷 손실률이 더 큼을 알 수 있다. 또한 패킷 손실률이 큰 스캔일수록 처리율이 더 낮음을 알 수 있다. 한편 PR-mSCTP의 경우 핸드오버 지연시간은 길지만 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률은 낮음을 볼 수 있다. 이는 PR-mSCTP의 CT는 핸드오버 동안 계속적으로 CBR 트래픽을 전송하지 않기 때문이다. 즉, 혼잡제어 알고리즘을 사용하기 때문에 전송한 데이터에 대한 ACK이 오지 않으면 재전송 타이머를 설정하며, 이 타이머가 만기될 때까지는 데이터 전송을 하지 않는다. 또한 PR-mSCTP는 패킷 손실률이 낮지만 처리율은 다른 스캔들에 비해서 조금 낮음을 볼 수 있다. 이는 CT가 MT로부터 ASCONF 청크를 수신하면, 새로운 주경로로 CBR 트래픽을 전송하는데, 이 때 슬로우 스타트를 수행하기 때문이다.

4.2. PAT 변화에 따른 성능평가

그림 2에서 보인 스캔 간 핸드오버 지연 차이의 원인을 확인하기 위하여 PAT를 변화시켜 보면서 이에 따른 성능 변화를 측정하는 실험을 수행하였다. 이 실험에서는 인위적으로 PAT를 0 ~ 5초까지 변화시켜 보았으며, MT의 속도는 15m/s (=54km/h)로 고정하였다. 그림 5, 그림 6, 그림 7은 각각 핸드오버 지연시간, 손실률, 처리율을 측정한 결과를 보인 것이다. 2장에서 설명한 바와 같이 FMIPv6는 새로운 AR로의 2계층 핸드오버가 시작되기 전에 새 IP 주소 획득을 마치며 데이터도 새로운 AR로 터널링되도록 하여 IP 주소 획득 시간에 의해 핸드오버 지연이 영향을 받지 않는다. 따라서 2계층 핸드오버 시간과 IP주소획득 시간의 합인 PAT 변화에 따른 성능변화를 보는 것이 무의미 하므로 이 실험에서는 FMIPv6의 결과는 포함시키지 않았다.

그림 5에서 모든 스캔에 있어서 PAT가 증가함에 따라 핸드오버지연이 비례하여 증가하며 핸드오버지연이 PAT와 유사한 값을 가짐을 볼 수 있다. HMIPv6가 MIPv6와 PR-mSCTP보다 핸드오버 지연시간이 조금 짧음을 볼 수 있다. 이는 그림 2에서 설명한 바와 같이 HMIPv6는 CT보다 더 가까운 곳에 위치한 MAP에서 BU를 처리하기 때문이며, MIPv6와 PR-mSCTP는 CT에서 BU/ASCONF 청크를 처리하기 때문이다.

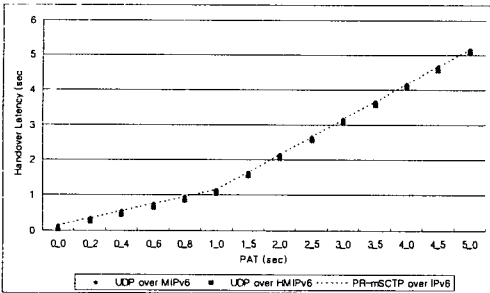


그림 5 PAT 변화에 따른 핸드오버 지연시간

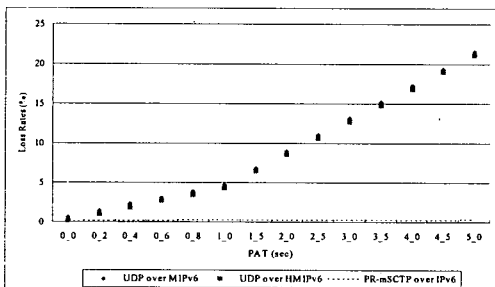


그림 6 PAT 변화에 따른 손실률

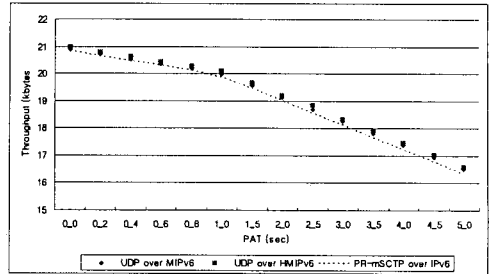


그림 7 PAT 변화에 따른 처리율

그림 6에서 MIPv6와 HMIPv6는 핸드오버 지연의 영향으로 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률도 PAT가 증가함에 따라 핸드오버 지연시간의 증가 형태와 유사한 형태로 길어짐을 볼 수 있다. 한편 PR-mSCTP의 경우 핸드오버 지연시간은 길지만 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률은 매우 낮으며 PAT에 관계없이 거의 일정하다. 이는 그림 4에서 설명한 바와 같이 PR-mSCTP의 CT는 핸드오버 동안 계속적으로 CBR 트래픽을 전송하지 않기 때문이다.

그림 7에서 처리율은 모든 스캔이 거의 유사하나 PR-mSCTP가 조금 낮은 처리율을 보인다. 이는 PR-mSCTP의 경우 핸드오버 후 새로운 경로로는 항상 슬로우 스타트를 수행하기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 우선/이동 네트워크 환경에서 실시간 응용 서비스를 지원하기 위한 mSCTP 확장 방안을 제안하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 방안의 성능을 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안들과 비교한 결과, 전체적으로 제안한 방안은 네트워크 계층 이동성 지원 방안들과 대등한 성능을 보임을 알 수 있었다. 특히 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률 측면에서는 제안하는 방안이 대부분의 IPv6 이동성 지원 프로토콜들보다 향상된 성능을 보였으며, 처리율 면에서는 IPv6 이동성 지원 프로토콜보다 조금 낮은 성능을 보임을 알 수 있었다.

추후, FMIPv6에서 발생하는 AR에서의 버퍼 오버헤드 및 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안들의 오버헤드들을 추가적으로 측정하는 시뮬레이션을 수행함으로써 제안하는 방안과 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안의 성능을 종합적으로 비교해보고자 한다.

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, et al., "A survey of mobility management in next generation all-IP-based wireless systems", IEEE Wireless Communications, August 2004.
- [2] C. Perkins, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC3775, June 2004.
- [3] H. Soliman, C. Catelluccia, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management(HMIPv6)", IETF Internet Draft, draft-ietf-mipshop-hmipv6-02.txt, June 2004.
- [4] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-02.txt, July 2004.
- [5] R. Stewart, et al., "Stream Control Transmission Protocol", IETF RFC 296, October 2000.
- [6] M. Riegel and M. Tuexen, "Mobile Sctp", IETF Internet Draft, draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-03.txt, August 2003.
- [7] M. Chang, et al., "An Enhancement of Transport Layer Approach to Mobility Support", ICOIN, January 2005.
- [8] R. Stewart, "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration", IETF Internet Draft, draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-08.txt, September 2003.
- [9] R. Stewart, M. Ramalho, et al., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Partial Reliability Extension", RFC 3758, May 2004.
- [10] <http://www.isi.edu/nsnam/>