

net-VE 환경에서 확장 칼만필터를 이용한 가변적 경로예측

송선희 · 박동석 · 김희철* · 배철수** · 나상동

조선대학교 · *KT네트워크 · **관동대학교

Variable Route Predictive using Extend Kalman Filter for net-VE Environment

Sun-hee Song · Dong-Suk Park · Kim Hee Chul · Chul-soo Bae** · Sang-dong Ra

Dept. of Computer Engineering, Chosun University

*KTNetworks

**Dept. of Field of Com. Science, Kwandong University

E-mail: ssh6061@nate.com

요 약

net-VE 환경에서 다중 사용자들이 정보를 공유하는 경우 교환되는 이벤트 트래픽을 줄이기 위하여 확장 칼만필터를 이용해 객체 이벤트의 가변적 경로예측을 한다. 다중 사용자를 지원하는 3차원 공간 정보공유는 가상환경에 대한 상태정보를 중앙 서버에서 관리하므로 일관성 유지가 용이하다는 장점이 있으나 네트워크에 과중한 부담을 주며, 메시지 병목현상, 확장성이 부족하다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이동되어져온 객체의 유클리드 실측치와 칼만 예측치와의 오차 정보인 이노베이션을 사용하여 가변적 경로예측을 하고, net-VE 공유 및 이벤트 필터링 과정을 제안한다.

Key Words : net-VE, VRML, VRTP, 이동 에이전트, 데드레커닝, 칼만필터

1. 서 론

네트워크 가상환경(net-VE/Network Virtual Environment)[1]은 분산된 다중 사용자들이 실시간 네트워크를 통하여 상호작용 할 수 있도록 가상현실 기술에 분산 네트워크를 접목하여 발전시킨 시스템이다. Net-VE 시스템을 설계하는데 있어 고려해야 할 사항은 네트워크 대역폭, 공정성, 분산 상호작용, 동기화, 자원관리, 확장성 등으로 분산네트워크 기술과 여러 기술이 하나의 시스템 내에서 유기적인 조합이 되어야 한다. 또한 시간지연에 따른 동기화 작업으로 자연스런 현실감 및 참가자들 사이의 충돌체크, 일치성, 해상도 지원 기술이 필요하다.

분산된 클라이언트-서버 기반의 객체 중계 모델 ESPDU 프로토콜은 다중사용자 환경의 확장에 효과적이며, 문법적으로 분석된 추상적 PDU의 형식을 교환할 수 있는 자바 애플릿을 포함한다. 또한 VRTP(Virtual Reality Transport Protocol)[2] 테스트링의 무선영역 동작 프로토콜을 가능하게 하며, 다수의 참가자 사이에 물리적인 기초가 형성된 모델 정보를 브로드 캐스트하게 된다.

주기적인 상태정보 전송은 네트워크의 트래픽

오버헤드를 가져온다. 교환되는 이벤트들에 대한 갱신메시지 필터링 기법은 대표적으로 공간분할 기법과 데드레커닝(Dead-reckoning)[3] 기법이 있다. 공간분할 기법은 가상환경에서 여러 개의 작은 부분 영역으로 분할하여 상태메시지가 전파되어야 하는 영역을 제한하여 전체적인 메시지트래픽을 줄이는 방법을 말하며, 데드레커닝 기법은 객체의 이동경로 상에서 변화정도를 고려한 데이터 자료에 근거하여 예측값과 실제값의 차이가 임계값을 넘어설 때만 정보를 전송한다.

본 논문에서는 이동 에이전트[4]에서 실시간 계속 변화하는 동적 데이터의 이동 패킷 예측을 위하여 유추된 움직임 정보로서 이동 객체의 유클리드 실측치와 칼만 예측치와의 오차 정보인 이노베이션 정보를 이용하여 가변적 이동경로를 예측하는 방법을 제안한다. 이노베이션 오차는 칼만필터의 중량을 수정하는 칼만 이득과정에서 계산되어지며 실제 관측치에 근접한 예측치 계산을 위하여 사용되어진다. 이벤트 엔터티의 종류에 따라 데드레커닝 알고리즘을 이용한 예측으로 데이터 필터링을 하여 중앙서버의 부하를 줄여 전체 네트워크 트래픽을 줄인다.

II. 네트워크를 통한 패킷 통신

클라이언트-서버와 서버-서버 통신은 다른 타입의 통신으로 구현된다. 요청된 함수를 제공하는 특성을 가지고 있으며, 전체적 실행이 개선되고 네트워크를 통해 전송되는 정보를 최소화 한다.

본 논문에서는 net-VE 플랫폼에 있는 네트워크 통신을 TCP나 UDP를 기반으로 빠른 전송과 메시지의 특정클래스에 대한 신뢰성을 보장하기 위해서 가상의 다중사용자 작용에 따라 위치 메시지(posMes), 중요 메시지(impMes)클래스로 구분하여 일방적인 송인과 UDP에 요구하는 권한을 주었다. PosMes는 다중사용자 세계에서의 아바타 위치를 정의하는 메시지가고, ImpMes는 모든 체류하는 메시지가이다. 메시지를 두 범주로 분리하면, posMes가 impMes와 다른 특성과 요구를 가지고 있기 때문에 각각의 메시지 타입에 따라 다른 타입의 통신으로 구현한다.

2.1 UDP-ACK

impMes 메시지 사용 예로는 UDP-ACK 통신 함수의 impMes-1이 클라이언트에 의해 적용된 마지막 impMes이다. 클라이언트 버퍼는 다른 posMes와 impMes-3 (그림2.1(a))과 impMes-4(그림2.1(c))가 서버로부터 전송되고 있는 동안 posMes와 impMes-2(그림2.1(b))를 포함한다. 마지막 posMes와 impMes-3은 라우트를 잃고 다음의 posMes의 실행은 impMes-4에 도착한다. 이 시점에서, 클라이언트는 impMes-3으로 그 손실을 파악하고 사라진 posMes 메시지로 서버에게 재발송을 요구하고 wait 모드에 들어간다(그림2.1(a)). impMes-3이 요구될 때에 즉시 구현되고 다음의 클라이언트는 버퍼 메시지(그림2.1(e))를 가지고 실행된다.

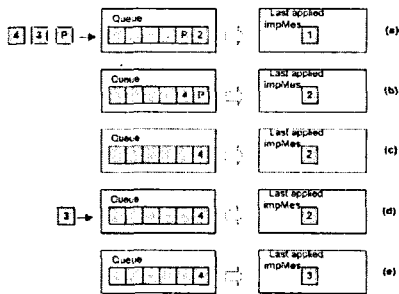


그림 2.1 UDP-ACK의 예
Fig 2.1 Example of UDP-ACK

2.2 VRTP 설계

대규모 네트워크의 대화식 그래픽 표현은 필수적인 휴먼 인터페이스 기술로 어떤 플랫폼에서도 볼 수 있는 인터랙티브한 3D 장면을 구현할 수 있다. 특히 VRML은 4차원 안으로 HTML의 평면 2D 기능을 확장하고 시간적인 동작을 더한 기하학적인 3D 공간이다. 대화식 3D 대규모 가상환경으로 확장하려면 새로운 네트워크 프로토콜인 VRTP가 필요하다. http가 HTML의 대규모 사용을 지원하는 것처럼 VRTP는 대화식의 공유된 대규모의 웹 기반 3D 그래픽에서 동시에 일어나는 다중 사용자

를 지원한다. VRTP는 그림 2.2에 보여진 것처럼 협력작업을 위한 구성요소인 http, 멀티캐스트 스트리밍, 자바 에이전트, 네트워크 모니터링 등 다중 프로토콜을 능률적으로 결합시킨다.

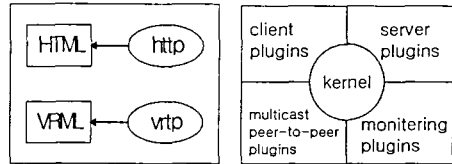


그림 2.2 VRML 대규모 가상환경의 VRTP 구성
Fig 2.2 VRML Large-scale Virtual Environment (LSVE) of VRTP Schema.

III. 개선된 데드레커닝 알고리즘 - 경로예측

이 논문은 칼만필터와 유클리디의 적용으로 확장 칼만필터모델을 제안한다. 가상공간 구현은 객체의 이동정보를 데드레커닝 알고리즘을 사용하여 메시지화 하고 Java EAI를 사용하여 VRML로 표현되는 가상공간에서 발생하는 이벤트를 필터링하였다.

3.1 개선된 데드레커닝 모델

교환되는 이벤트들에 대한 갱신메시지 필터링의 데드레커닝 기법은 객체의 이동경로 상에서 변화 정도와 데이터 자료에 근거한 모델로 이동이벤트의 예측을 위한 방법이다. 그림 3.1은 확장된 데드레커닝 모델로써 이동경로로부터 초기에 알려진 위치, 그리고 이미 알고 있는 위치로부터 경과된 시간과 운동으로부터 예측될 수 있다. 이러한 엔티티의 상태정보를 접근하기 위해서 모션에 대한 확장 칼만필터 방정식을 적용한 데드레커닝 경로예측 방법을 본 논문에서 제안한다.

net-VE에서 데드레커닝의 각 에이전트는 다른 에이전트들에 대해서 독립적으로 실행하고, PDU 네트워크 패킷을 통해 에이전트 상태의 초기사실을 브로드캐스트 한다. net-VE에 있는 각각의 시물레이션은 에이전트의 상태가 빈번하게 브로드캐스트 되지 않도록 하기 위해서 경로 평가를 사용한다.

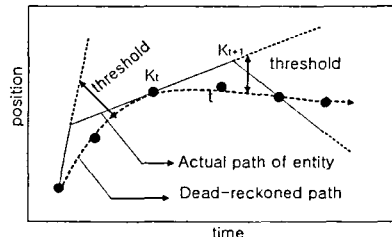


그림 3.1 net-VE 데드레커닝 과정
Fig. 3.1 net-VE Dead-reckoning Process

3.2 확장 칼만필터 경로예측

칼만의 예언 이론은 상태의 가장 최근의 예측

을 사용함으로써 미래 상태의 가장 좋은 예측의 계산을 할 수 있도록 해준다. 최적예측인 선형최소 오차(LMV: Linear Minimum Variance of error) 예측을 위한 순차적이면서 재귀적인 특성을 지닌다. 그림 3.1의 칼만 필터모델은 현 상태 x_t 에 대한 일정한 시간 경과 후 전개된 상태를 보여주는 모델로 알려진 이동 행렬 F_t 와 공분산 Q_t 의 가우시안 노이즈로 특징지어진다.

칼만 필터링 기술에 따르는 공분산 분석은 그 예측된 시스템 상태에서의 불확실성을 나타내는 신뢰 단위의 역할을 한다. 비선형 시스템으로의 선형적 칼만필터의 확장은 비선형 상태의 초기화와 관측 방정식을 통해 이루어지고 이동되어져온 궤적의 유클리드 실측치와 칼만 예측치와의 오차 정보인 이노베이션으로 가변적 경로예측 방법을 제안한다. 이노베이션의 의미는 실제 측정치와 이전 프레임에서 예측되어진 예측치와의 차이이다. 이러한 오차의 정보는 칼만필터의 중량을 수정하는 칼만 이득과정에서 계산되어지며 실제 관측치에 근접한 예측치 계산을 위하여 사용되어진다. 이벤트의 이동궤적에 따라 오차 값인 이노베이션 값은 상당히 크게 측정되어진다.

칼만필터 알고리즘을 공식화하기 위하여 관측 모델 및 불연속 시간에서 인스턴스 t_0, t_1, \dots 은 샘플링한다. 이것은 두개의 연속적인 시간 스텝 사이에 연속시간 프로세스 모델을 통합하는 것은 불연속 시간 프로세스 모델을 획득하기 위한 것으로 연속 시간 프로세스 모델은 식 (1)처럼 표현된다.

$$\begin{aligned} x_k &= f(x_{k-1}, u_k, k) + w_k \\ w_k &\sim N(0, Q_k) \end{aligned} \quad (1)$$

$f(\dots, k)$ 가 불연속 함수로 이전의 상태를 만든다. 현재 상태로 입력을 제어하는 x_k 는 타임 인스턴스 k 에서의 상태이며, 유클리드 거리 u_k 는 알려진 제어 벡터이다. 공분산 행렬 $Q(t)$ 인 가우시안 선형 이동의 상태전이 행렬은 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$q(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

w_k 는 예측에러인 불연속 프로세스 노이즈로 제로 평균치와 일정한 공분산의 가우시안 분산 랜덤 변수가 되도록 가정된다. 트루상태 x_k 의 관측 z_k 는 관측 모델 식 (3)으로 구해진다.

$$\begin{aligned} z_k &= h(x_k, k) + v_k \\ v_k &\sim N(0, R_k) \end{aligned} \quad (3)$$

$h(\dots, k)$ 가 불연속 함수로 현재 관측행렬이고, v_k 는 측정 이노베이션으로 측정에러이다. 정확하게 모델되지 않는 효과와 가정된 효과는 제로 평균치와 일정한 공분산의 가우시안 분산 랜덤 변수가 되는 것으로 간주한다. 독립변수 네비게이션 배경

에서, 예언 스테이지는 매개체의 이동에 대한 모델을 사용한다. 인스턴스 $k-1$ 을 포함하기까지 인스턴스 k 는 사용 가능한 정보를 주어진다.

상태 예언 함수 $f(\cdot)$ 는 제로 프로세스와 제어 노이즈 가정은 식 (1)에 의해서 정의되며, 상태의 예언은 단순하게 이전의 상태와 어떤 노이즈가 없이 변환식 안으로 현재의 제어 입력을 치환함으로써 얻어진다. 예언된 매개체 공분산 $P_{(k|k-1)}$ 은 현재의 매개체의 상태 평가에 관하여 선형화된 상태 전달식의 자코비안을 사용하여 계산된다. 상태와 공분산 사용은 다음 스텝의 예언된 관측을 측정하는 것으로 예언된 상태를 업데이트 하는 것에 대하여 대응한 확장된 필터링 기술을 측정하는 것이다. 실제 관측과 타임 스텝 k 에서 예언된 관측 사이의 차이점인 이노베이션 v_k 는 확장된 필터링으로 식 (4)처럼 나타낸다.

$$v_k = Z_k - \hat{Z}_{(k|k-1)} \quad (4)$$

개선된 공분산은 예측된 관측에러를 일치시킴으로써 첫 번째 $(k-1)$ 측정 상에서 조건으로 주어진다. 기대 값을 얻음으로써 발견된다.

$$S_k = \nabla h_{x,k} P_{(k|k-1)} \nabla h_{x,k}^T + R_k \quad (5)$$

도착하는 관측이 만약에 식 (6)에 의해서 주어진다. 표준화된 개선된 기술 유효성 게이트 내부로 분류된다면 받아들여진다.

$$v_k^T S_k^{-1} v_k \leq \epsilon_\gamma \quad (6)$$

이노베이션 v_k 는 유클리드의 이동 궤적에서 현재 위치와 예언된 위치 사이의 차이로서 정의된다. ϵ_γ 의 값은 표준화된 개선된 기술 순서는 관측의 m 차수의 자유도와 함께 χ^2 랜덤 변수로부터 선택될 수 있다. 검증된 관측의 평가 업데이트는 가중치 합계와 같으며, 예측은 식 (7)과 같이 계산될 수 있다.

$$\hat{X}_{(k|k)} = \hat{X}_{(k|k-1)} + W_k v_k \quad (7)$$

$W_k v_k$ 가 칼만 게인 매트릭스에서 매개체 예언과 관측에서 관계된 신뢰에 의해서 결정된다. 그리고 업데이트된 평가에서 개선된 기술의 영향력을 결정한다. 공분산 업데이트는 식 (8)에 의해서 주어진다.

$$P_{(k|k-1)} = P_{(k|k-1)} - W_k S_k^{-1} W_k^T \quad (8)$$

칼만 게인 매트릭스가 식 (9)인 곳에서

$$W_k = P_{(k|k-1)} - \nabla h_{x,k}^T S_k^{-1} \quad (9)$$

IV. net-VE 공유 및 이벤트 필터링

그림 4.1은 데드레커닝이 어떻게 net-VE 환경에 있는 상태엔티티들 사이에서 결합을 유지시키는지 타임스텝의 연속적 방법을 보여준다. 커브에 의해서 보여진 에이전트 동작모델에 의해서 계산된 에이전트의 일정한 위치는 선형 데드레커닝 모델로부터 이탈한다. 예러가 한계값을 초과할 때, 모델은 ESPDU의 배포에 의해서 대응점 안으로 가져오게 된다. 그러므로 세 개의 ESPDU들이 모든 시간스텝의 한쪽에서 브로드캐스트 한다.

4.1 데드레커닝 수행

가상 환경의 에이전트 엔티티는 에이전트 관리 모델로부터 가상공간의 상태 정보와 존재하는 다른 가상 환경 에이전트의 정보를 가지고 이주되는 가상 환경 에이전트는 참여자의 호스트에 상주하면서 참여자의 행위에 의해 발생하는 이벤트와 외부에서 전달되는 이벤트를 처리한다.

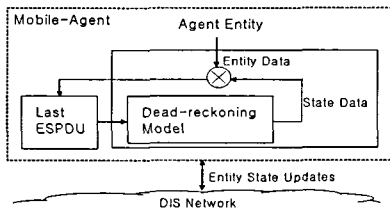


그림 4.1 이동 에이전트 엔티티의 데드레커닝 수행
Fig. 4.1. Dead-reckoning Implementation in Mobile Agent Entity

4.2. 3D 장면의 에이전트 공유

다중사용자 3D 장면의 중요한 문제는 새로운 참가자의 초기화 과정이다. 새로운 사용자가 다중사용자 세계에 들어갈 때, 공유된 오브젝트는 모든 다른 참가자와 일치시키기 위해 갱신된다.

클라이언트의 초기화 알고리즘으로

- VRML 장면의 sNode가 어느 것인지 통보.
- SharedNode를 사용하면서 마지막 sNode를 다운로드 한다.
- 초기화 기간 동안의 sNode에 만들어진 최신 정보를 갱신한다.

net-VE 플랫폼에 있는 초기화 과정은 SharedNode와 SVE(Share Virtual Environment) 파일 사용에 기반하며, InitServer가 실행될 때 SVE file을 문법적으로 분석하고 SharedNode의 리스트(SharedList)를 새로 만든다.

공유를 위한 초기화 과정의 구현은

- InitServer로부터 SharedList의 통신 : 클라이언트는 InitServer에 TCP 연결을 시작하고 SharedNode의 리스트를 받는다(그림 4.2(1)).
- VRML 서버로의 연결 : 클라이언트가 InitServer로부터 SharedList를 받기 시작할 때, VE에 있는 다른 참가자가 sNode에 적용된 VRML 서버로부터 갱신 메시지를 동시에 받고 있다. 이 메시지는 클라이언트의 버퍼에 입력되고 SharedList의 통신은 끝까지 적용되지 않는다(그림 4.2(2)).
- InitServer로부터의 단절과 공유된 이벤트의 응용 : 클라이언터는 InitServer와 연결하고

SharedList를 수신하면서 닫는다. 그런 다음 큐에서 버퍼되는 이벤트를 적용하기 시작한다(그림 4.2(3)).

클라이언트는 SharedList에서 이벤트가 적용될 것으로 추측된 SharedNode를 검색하고 이벤트의 시퀀스 번호와 SharedNode의 LastModified 변수를 비교한다. 만약 두 번째 참여자가 더 크다면, 이벤트는 SharedNode에 적용되어지고, 그렇지 않으면 그것은 무시된다. 예를 들면, 그림 4.2에 나타나는 것과 같이, 클라이언트가 SharedNode X와 Y를 받을 때, LastModified는 변화된 값 x와 y를 가지고 있다. SharedList의 나머지를 다운로드 하는 동안, 두개의 이벤트는 SharedNodes s와 Y에 관련된 시퀀스 번호 $x1(x1>x)$ 와 y를 VRMLServer로 보낸다.

SharedList의 통신이 끝나면 클라이언트는 이벤트를 적용하기 시작한다.

첫째, $x1$ -event는 SharedNode X의 LastModified 변화되는 것과 비교한다. $x1>x$ 로서, 이벤트는 SharedNode에 적용되어지고, LastModified 최근 변화된 $x1$ 로 갱신된다. 반면에, 클라이언트가 y-event의 값을 SharedNode Y의 LastModified 변화 값과 비교할 때, 그 이벤트가 SharedNode Y에 이미 적용되어졌다는 것을 알게 되고 무시한다.

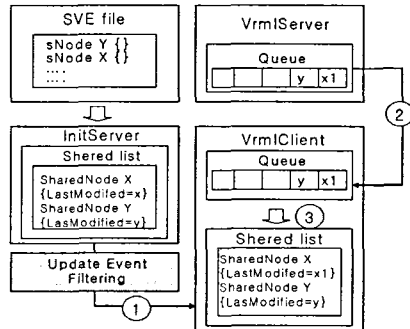


그림 4.2 이동 에이전트의 필터링 과정
Fig. 4.2 Filtering Process of Mobile Agent

V. 결론

본 논문은 net-VE 환경에서 이벤트 이동 경로를 단기 예측하기 위해 초기 탐색되어진 에이전트에 대해 유클리디안 거리를 이용하여 확장 칼만필터의 가변적 경로예측 방법을 제안하였다.

네트워크 분산 가상 환경에서 실시간 상호작용을 할 수 있도록 사실감 있는 3D 그래픽을 제공하기 위하여 정보를 예측하는 경우 동적 이벤트들에 의해 발생하는 네트워크 트래픽을 줄이고자 하였다.

실시간 계속 변화하는 동적 데이터의 이동 패킷 예측을 위하여 개선된 데드레커닝 모델을 제안하고, 가변적 이동경로를 예측하는 방법을 제안하였다. net-VE 장면의 공유를 위한 초기화 및 이벤트 엔티티 종류에 따른 데이터 필터링 및 가변적인 경로예측을 하였다.

참고문헌

- [1] Singhal, S. and Zyda, M., 1999. Networked Virtual Environments: Design and Implementation, ACM Press [ISBN 0-201-32557-8].
- [2] D. Brutzman, M. zyda, k. watsen, and M. Macedonia. "virtual reality transfer protocol(VRTP) Design Rotionale." Distributed System Aspects of Sharing a Virtual Reality Workshop, IEEE Computer Society, Cambridge, Massachusetts, 179-186, June 1977.
- [3] W. Cai, F.B.S. Lee, L. Chen, An auto-adaptive dead reckoning algorithm for distributed interactive simulation, in: Proceedings of the Thirteenth Workshop on Parallel and Distributed Simulation, 1999, pp. 82 - 89.
- [4] D.B.Lange, Programming and Deploying Java Mobile Agents with Aglets, Addison-Welsley, 1998.