

도시 홍수 및 산사태 예측, 예방 시뮬레이션

설윤창

개요

- 아이디어의 방향 및 타당성
- 도시 홍수의 국내외 연구 및 모델링
- 도시 산사태의 국내 연구 및 모델링
- 초고성능 컴퓨팅의 적용
- 시뮬레이션의 가상 활용예와 기대효과

1. 아이디어의 방향

- 초고성능 컴퓨팅이 효과적으로 활용될 수 있는가?
- 사회적 문제해결에 활용될 수 있는가?
- 문제 해결을 위한 과학적 접근방법에 도움을 주는가?
- 현실적으로 구현이 가능한가?

2. 아이디어의 타당성

- 초고성능 컴퓨팅이 효과적으로 활용될 수 있는가?

A: 도심 속의 복잡한 구조물과 산의 토사물 또는 비의 상호작용은 매우 복잡하므로 초고성능 컴퓨팅의 활용이 필요하다.

2. 아이디어의 타당성

- 사회적 문제해결에 활용될 수 있는가?

A: 최근 세계적으로 이상기후가 나타나고, 한국도 여름 장마철에 홍수 및 산사태 피해가 심각해지고 있다.

(강남역의 침수, 방배동 우면산 산사태, 한강)

2. 아이디어의 타당성

- 문제 해결을 위한 과학적 접근방법에 도움을 주는가?

A: 구조물과 상호작용하는 유체 문제이며
다른 유사한 현상에도 적용되어 문제해결에
도움을 줄 수 있다.

2. 아이디어의 타당성

- 현실적으로 구현이 가능한가?

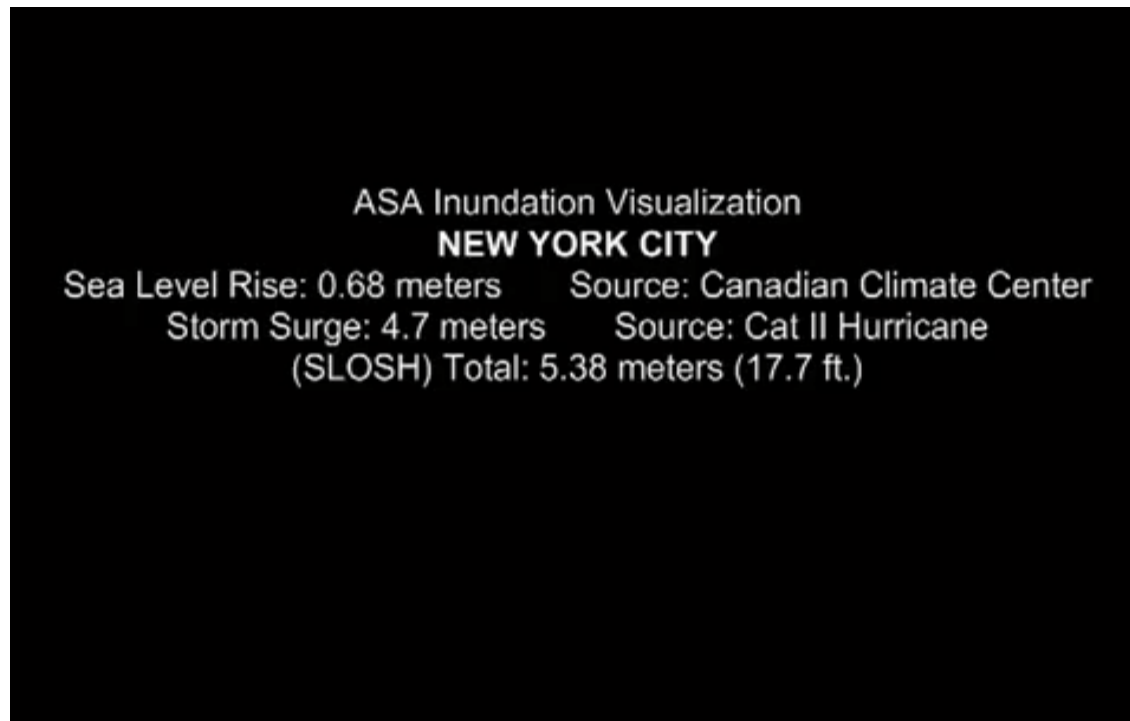
A: 구조물과 상호작용하는 유체 문제는 오랫동안 연구되어 왔다. 초고성능 컴퓨팅을 [도시 홍수 및 산사태]에 효과적으로 적용할 수 있는 **실용적인 방법의 개발**이 필요하다.

3. 도시 홍수의 연구(국외)

- Journal of Hydrology (수문학 학술지)
- A GIS-based model for urban flood innudation (Jian Chen, et al, 2009)
 - 강 범람과 돌발 홍수에 비해 도시 홍수는 최근(1999년~) 들어 주목되기 시작함.

3. 도시 홍수의 연구(국외)

- ASA (Applied Science Associates)
: 뉴욕시 홍수 시뮬레이션 (2005년)



3. 도시 홍수의 연구(국내)

- 도시 수문학: 한국수문학회에서 1988년에 심포지엄 개최
- “대부분의 연구는 선진 외국의 기술을 도입 소개하거나 응용하는 수준. 각 대학, 연구소, 용역회사 단위로 필요성에 의해 단편적으로 이루어져 오는 실정” (이종태 교수, 2004년)

3. 도시 홍수의 연구(국내)

- 2003년 12월: 건설교통부의 [도시 홍수 재해관리 기술]을 중점연구과제로 채택하여 연구단 구성, 5년간 지속.
- 인명피해 1/20, 재산피해 30% 이상 경감으로 “flood free city” 실현을 목표로 함
- www.urbanflood.or.kr, www.iflood.re.kr
(차세대 홍수 방어 기술개발 연구단)

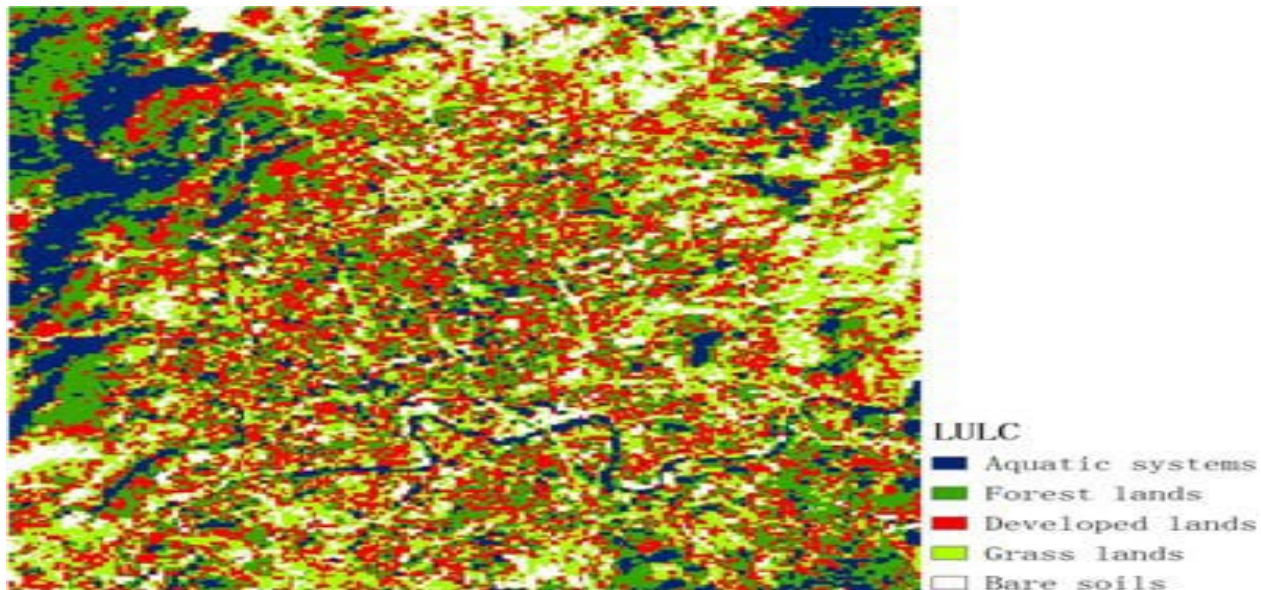
3. 도시 홍수의 연구(국내)

- 2013년 2월 28일: 서울시와 서울시립대가 “도시 홍수 연구소” 설립. 도시 홍수 방재 연구 등 홍수 예측 프로그램 개발도 포함 (연구소장: 토목과 문영일 교수, <http://flood.uos.ac.kr/>)
- 2012년 6월: 5년 간 국토교통부 과학기술진흥원의 도시홍수 관련 도시침수저감 연구단으로 선정되어 72억 원의 연구비를 확보

4. 도시 홍수의 모델링

- 도시 홍수 모델1

: 지형의 고저를 이용해서 물의 흐름에 통계수치를 적용하여 방정식을 만드는 2차원 방법



4. 도시 홍수의 모델링

- 도시 홍수 모델2 (아이디어)



4. 도시 홍수의 모델링

- 도시 홍수 모델2 (아이디어)

: 도시의 건물은 강체로, 하수구는 투과성이 있는 영역으로 표현하는 3차원 모델링 방법

(나비에-스톡스 방정식 이용)

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} \right) = -\nabla p + \mu \Delta \mathbf{u} + \mathbf{f}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

5. 도시 산사태의 연구(국내)

- 도시 산사태는 한국지형의 특징에 기인
- 대한 지질 공학회
- 산사태 발생운동 통합시뮬레이션

LS-RAPID ₩350,000 (세금 별도)

(오대개발주식회사)

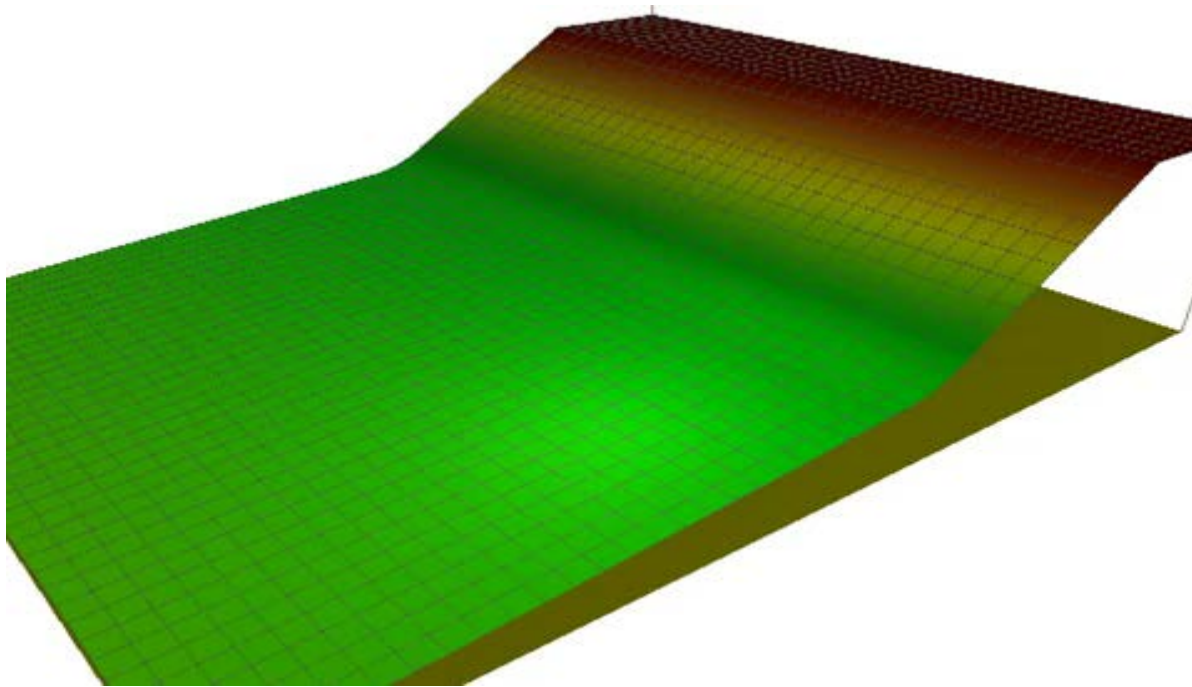
5. 도시 산사태의 모델링

- 도시 산사태 모델1 (LS-RAPID)

: 요소에 걸리는 토괴의 자중(W), 수평, 연직 지진력, 수평 토압, 요소저면에 선단저항(간극수압의 효과를 포함한)의 합력을 수평면에 투영해, 수평면상의 힘의 균형이 질량(m)의 토괴를 가속도(a)로 가속시키는 식(1) 및 주상요소에 유입하는 토량분만 토괴의 높이가 변화한다는 가정(2)에서, 토괴의 유량(M, N)과 높이(h)의 변화를 푸는 모델

5. 도시 산사태의 모델링

- 도시 산사태 모델1 (LS-RAPID)



5. 도시 산사태의 모델링

- 도시 산사태 모델2 (아이디어)

: 도시 홍수 모델과 마찬가지로 유체방정식을 기본으로 사용하며, 도시의 건물은 강체로, 나무와 바위는 질량이 있는 움직이는 물체로 표현한다. 건물과의 충돌 등은 역학방정식을 추가하여 구현한다. (토사=유체)

5. 도시 산사태의 모델링

- 도시 산사태 모델2 (아이디어)



6. 초고성능 컴퓨팅의 적용

- 방법론 설계

: 속도가 빠른 알고리즘의 사용과

병렬처리 활용이 극대화되는 방법으로 설계

- 하드웨어 설계

- 단일 시스템

(MPI, OPENMP, GPGPU, INTEL XEON PHI Coprocessor 등)

- 멀티 시스템

(MPI+OPENMP, MPI+GPGPU, MPI+INTEL 등)

7. 시뮬레이션의 가상 활용예1



강남역



빗물정원

7. 시뮬레이션의 가상 활용예1

- 강남역 부근 침수와 하수도의 확충 및 서울시의 빗물정원 설치 계획

: 삼성전자사옥 불법시공에 의한 하수시설
역경사, 하수도의 적정 개수, 강남역 건물사
이에 빗물정원 설치와 침수 예방의 효과

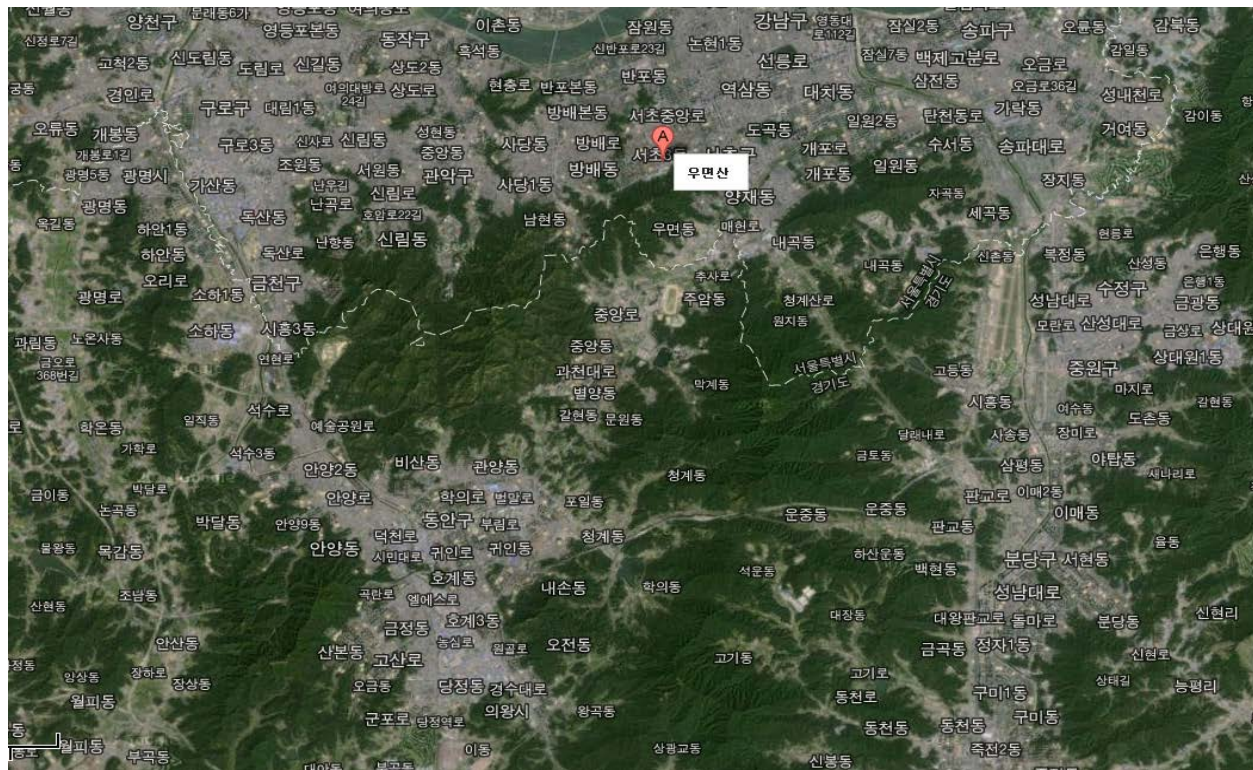
7. 시뮬레이션의 가상 활용예2



우면산
(2011년 7월)

7. 시뮬레이션의 가상 활용예2

- 우면산 산사태의 피해 정도를 설명하는 모델개발로 다른 지역에도 활용할 수 있다.



8. 시뮬레이션의 기대효과

- 더욱 정밀한 과학계산을 통해 **정량화, 수치화** 된 홍수 및 산사태의 **피해예측**을 바탕으로 한 정된 예산 내에서 도시사업계획을 **과학적인 방법으로 접근**할 수 있다.
- 피해 예측과 더불어 **예방방법의 효과**를 **정량화**하고, 과학적인 근거를 바탕으로 한 사업의 규모와 우선순위를 결정하여 실시할 수 있다.

9. 요약 및 결론

- 최근 서울시에 홍수 및 산사태 피해가 늘고 있다. 도시 재해방지를 위한 노력이 필요하며, 도시 홍수 및 산사태 예측 시스템의 개발이 시급하다.
- 도시의 복잡성 및 하수구 시설 등으로 인해 계산의 복잡도가 크기 때문에, 초고성능 컴퓨팅의 활용은 시각화와 수치화에서 고속, 고정밀 계산을 통해 도시재해방재에 큰 도움을 줄 것이다.

도시 홍수 및 산사태

예측, 예방 시뮬레이션

감사합니다.