

통신망 단절을 고려한 이동컴퓨팅 태스크의 성능 분석

정 승 식⁰, 김 재 훈

아주대학교 정보통신전문대학원

(blueogre, jaikim)@madang.ajou.ac.kr

Performance Analysis of Tasks on Mobile Computing Considering Disconnection

Seong-Sik Jung⁰, Jai-Hoon Kim

The Professional Graduate School of ICT, Ajou University

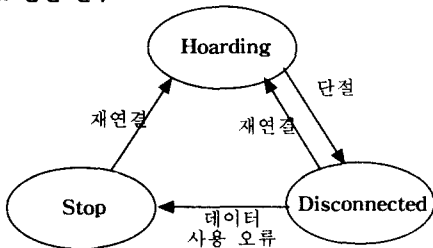
요 약

무선 네트워크 환경에서의 이동컴퓨팅에서는 특성상 잦은 끊김과 높은 에러율 때문에 비연결시에도 수행을 계속할 수 있는 기능이 필요하다. 이러한 이동컴퓨팅 환경에서 비연결 수행기능을 제공하기 위해 많은 개념과 이론들이 제안되고 있다. 본 논문에서 마코프(Markov) 모델링 기법을 이용하여 모바일 컴퓨팅 환경에서 비연결 수행상태를 포함한 평균 태스크의 수행시간을 분석하였다. 모바일 컴퓨팅 환경은 데이터 호딩(Data Hoarding), 비연결 수행(Disconnected operation), 정지(Stop)의 3가지 상태로 구성할 수 있다. 이러한 3가지 상태에서 여러 가지 입력 파라미터들(에러율(Error rate), 재연결율(Recovery rate), 태스크 수행 중지 확률(Stop), 호딩 오버헤드(Hoarding overhead), 재연결 오버헤드(Reintegration overhead))들이 태스크 수행시간에 미치는 영향을 분석하였다. 이러한 분석을 통해서 통신망 단절을 고려한 이동컴퓨팅에서 보다 효과적인 태스크 수행기법을 선택할 수 있다.

1. 서론

무선 네트워크의 특성중에서 잦은 끊김과 높은 에러율로 인하여 모바일 컴퓨팅에서는 비연결 수행에 관한 해결책을 제공해야 한다. 프로세스(또는 데이터)는 비연결 상태에서도 수행이 가능하도록 모바일 호스팅 쪽으로 데이터를 이전해야 한다. 이러한 비연결 수행상태로 가기 전의 상태를 호딩 상태(Hoarding State[1])라 한다. 무선네트워크에 장애가 발생하면 모바일 호스트는 비연결 상태(Disconnected state)가 된다. 이 상태에서도 모바일 호스트는 이전의 호딩 상태에서 모바일 호스트로 가지고 온 데이터를 이용하여 태스크의 수행을 계속 할 수 있다. 재연결이 이루어지기 전에 모바일 호스트(로컬)내에서 미리 가지고 온 것 이외의 데이터 요구가 발생하면 모바일 호스트는 더 이상 태스크 수행을 진행하지 못하고 정지 상태(Stop state)로 변한다. 무선 네트워크가 재연결이 되면 비연결 상태에서 수행한 결과 및 사용했던 데이터중 수정된 것들에 대한 사항을 다른 연결된 호스트들에게 알리게 된다. 이 때 재연결 오버헤드(Reintegration overhead)가 발생한다[1].

2. 관련 연구



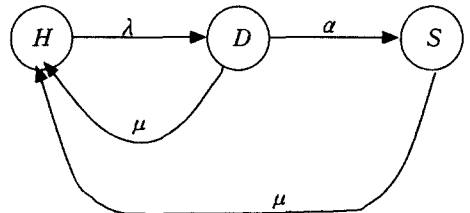
<그림 1> 이동 컴퓨팅 태스크의 세가지 상태

모바일 컴퓨팅 환경에서 이동컴퓨팅의 수행의 상태는 위에서 설명한 것과 같이 <그림 1>처럼 표현이 가능하다. 많은 개념들이 비연결 상태에서 태스크 수행을 효과적

으로 지원하기 위해서 제안되었다[1,2,3,4,5].

이러한 3가지 종류 모두 기본적인 방식은 미리 사용될 데이터를 예상하여 이동 태스크로 가지고 오는 방식을 기본적으로 사용하고 있으며, 미리 가지고 온 데이터를 선택하는 기준에 따라서 종류별로 나누어진다. 물론 주어진 무선 환경과 호딩 방식, 그리고 재연결 오버헤드 해결 방식에 따라라도 성능 향상을 고려할 수도 있지만 본 논문에서는 보다 더 일반적인 상황에서 다양한 시스템 파라미터를 바탕으로 태스크 수행시간을 분석하였다.

3. 비용분석



<그림 2> Markov 모델

위 그림은 모바일 환경에서 모바일 클라이언트의 수행 상태를 Markov chain을 이용하여 표시한 것이다. H는 Hoarding 상태, D는 Disconnected 상태이며 S는 Stop 상태를 나타낸다. 이때 λ는 연결이 끊어질 비율(rate)을 나타내며 μ는 끊어진 연결이 다시 연결될 비율을 나타낸다. 그리고 α는 끊어진 상태에서 수행을 지속하다가 재연결 되지 않고 정지 상태로 이전 할 비율을 나타낸다. 에러, 재연결, 정지상태의 발생은 Poisson process로 가정한다.

위의 조건을 가지고 다음과 같은 4개의 식을 얻을 수 있다.

- ① $P_H + P_D + P_S = 1$
- ② $-\lambda P_H + \mu P_D + \mu P_S = 0$

$$\textcircled{3} \lambda P_H - (a + \mu)P_D = 0$$

$$\textcircled{4} aP_D - \mu P_S = 0$$

위의 식에서 P_H, P_D, P_S 는 <그림 2>에서 각각 H, D, S상태에 존재할 확률을 나타낸다. 위의 4개의 식을 이용해서 P_H, P_D, P_S 를 구하면 다음과 같다.

$$P_H = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

$$P_D = \frac{\lambda \mu}{(a + \mu)(\lambda + \mu)}$$

$$P_S = \frac{a\lambda}{(a + \mu)(\lambda + \mu)}$$

그리고 위의 [그림 2]에서 태스크서 실제 프로그램이 ϵ 만큼 진행하는 비용을 산출하면 다음과 같다. ($H(t), D(t)$ 는 각각 H, D상태에서 시작할 경우를 나타낸다.)

$$H(t) = f(t + \epsilon) - f(t) \\ = e^{-\lambda \epsilon} \cdot \epsilon \cdot h$$

$$+ (1 - e^{-\lambda \epsilon}) \left[\frac{\epsilon - E_\lambda(\epsilon)}{\epsilon} \cdot D(t) + E_\lambda(\epsilon) \cdot h \right]$$

$$D(t) = f(t + \epsilon) - f(t) = e^{-\mu \epsilon} \cdot e^{-a \epsilon} \cdot \epsilon$$

$$+ (1 - e^{-\mu \epsilon}) \left[\frac{\epsilon - E_\mu(\epsilon)}{\epsilon} \cdot H(t) + r + E_\mu(\epsilon) \right]$$

$$+ (1 - e^{-a \epsilon}) \left[\frac{\epsilon - E_a(\epsilon)}{\epsilon} \cdot H(t) + \frac{1}{\mu} + r \right]$$

이제 ϵ 을 가지고 각 식을 미분하면 다음과 같다.

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{H(t)}{\epsilon} = h + \lambda \frac{\epsilon - E_\lambda(\epsilon)}{\epsilon} \cdot D(t) \\ = h$$

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{D(t)}{\epsilon} = 1 + \mu \left\{ \frac{\epsilon - E_\mu(\epsilon)}{\epsilon} \cdot H(t) + r + E_\mu(\epsilon) \right\} \\ + a \left\{ \frac{\epsilon - E_a(\epsilon)}{\epsilon} \cdot H(t) + \frac{1}{\mu} + r \right\} \\ = 1 + \mu r + a \left(\frac{1}{\mu} + r \right)$$

$g(t)$ 를 태스크에서 실제 프로그램이 t 시간 진행하는데 소요되는 평균 시간이라고 하고 전체적인 식을 완성해 보면 다음과 같다.

$$g(t + \epsilon) - g(t) = \frac{P_H H(t) + P_D D(t)}{P_H + P_D}$$

$$\Rightarrow g'(t) = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{g(t + \epsilon) - g(t)}{\epsilon}$$

$$= \frac{1}{P_H + P_D} [P_H H'(t) + P_D D'(t)]$$

$$= \frac{1}{P_H + P_D} \left[P_H h + P_D \left\{ 1 + \mu r + a \left(\frac{1}{\mu} + r \right) \right\} \right]$$

$$= \frac{(a + \mu)(\lambda + \mu)}{(a + \lambda + \mu)\mu} \left[\frac{a\mu h + \mu^2 h + \lambda \mu + \lambda r \mu^2 + \lambda a + \lambda a r \mu}{(a + \mu)(\lambda + \mu)} \right]$$

$$= \frac{(a + \mu)\mu h + (a + \mu)\lambda \mu r + (a + \mu)\lambda}{(a + \lambda + \mu)\mu}$$

$$= \frac{(a + \mu)(\mu h + \lambda \mu r + \lambda)}{(a + \lambda + \mu)\mu}$$

$$\Rightarrow g(t) = \frac{(a + \mu)(\mu h + \lambda \mu r + \lambda)}{(a + \lambda + \mu)\mu} t + c$$

$g(0) = 0$ 이므로

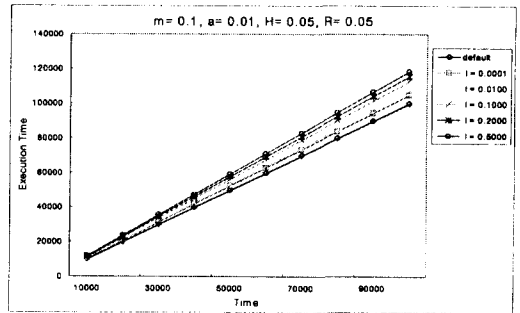
$c = 0$, $g(t) = \frac{(a + \mu)(\mu h + \lambda \mu r + \lambda)}{(a + \lambda + \mu)\mu} t$ 라는 식을 얻게 된다.

위의 식은 λ, μ, a, h, r 로 이루어진 상수 값을 갖는 t 에 대한 일차식이다.

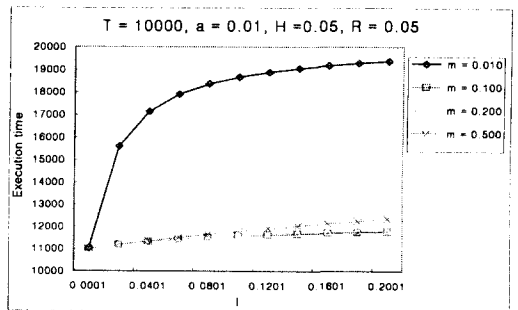
모빌 환경에서 위와 같은 현상이 반복된다고 할 때 우리는 위와 같은 주변환경에서 받은 영향의 정도를 분석하여 끊임 에러율(λ)과 재연결율(μ) 그리고 끊어진 상태에서 정지 상태로 갈 비율(a)을 가지고 이러한 환경 요소들이 실제 모빌 컴퓨팅 태스크 평균 수행 시간에 얼마나 영향을 주는지 분석해 보았다.

4. 성능 평가

여러 가지 시스템 파라미터를 변화시켜 성능을 측정하였다. 아래에 나오는 그래프에서는 λ (연결이 끊어질 비율), m 은 μ (재연결 될 확률), a 는 a (끊어진 상태에서 수행을 지속하다가 재연결 되지 않고 정지 상태로 이전 할 비율), H는 Hoarding overhead, R은 Reintegration overhead를 나타낸다.



<그림 3> λ 에 따른 시간의 변화

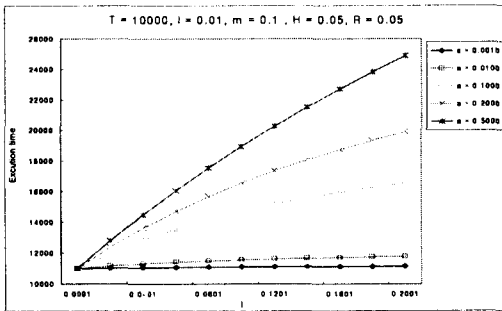


<그림 4> μ 에 따른 λ 의 변화

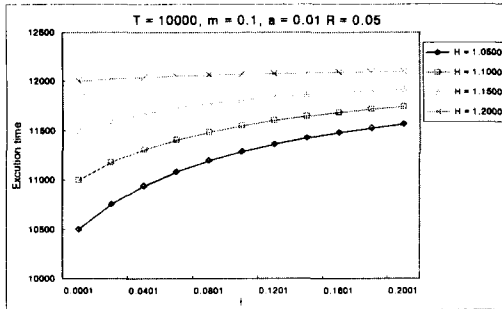
<그림 3>은 태스크의 수행시간을 10000에서 100000까지 순차적으로 증가하면서 그 중에 λ 값을 변화시켰을 때의 그래프이다. λ 값이 증가하면서 수행시간 또한 증가하는 것을 볼 수 있다. 위 그래프에서는 λ 값이 0.0001

과 0.01과의 수행시간의 차이가 얼마 나지 않는 것을 알 수 있다. 이는 λ 값이 적은 값에서는 hoarding의 영향으로 수행 시간에 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

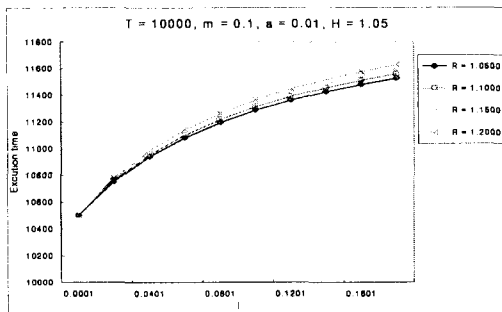
<그림 4>에서 <그림 8>까지는 실제 태스크 프로그램이 수행되는 시간(Useful computation)을 10000로 했을 때 통신의 단절으로 고려한($\lambda, \mu, \alpha, h, r$) 태스크의 수행시간을 각각의 환경 변수를 변화해 가면서 어떠한 영향을 주는지 알아보았다.



<그림 5> α 에 따른 λ 변화



<그림 6> H 에 따른 λ 변화



<그림 7> R 의 변화에 따른 λ 변화

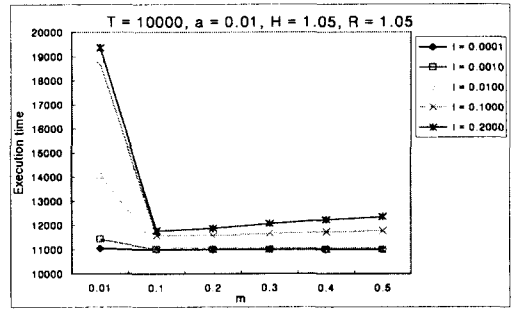
<그림 4>는 다른 값들은 고정으로 두고 λ 가 변화하면서 μ 값을 변화시켰을 때의 그래프이다. μ 값이 0.1 이하일 때 λ 값이 증가하더라도 어느 특정 값에 근접함을 알 수 있다. 이는 λ 값이 증가하더라도 μ 값이 0.1 이상일 때는 호딩에 의해서 값이 일정해진다는 사실을 알 수 있다.

<그림 5>는 λ 가 변화하면서 α 값을 변화시켰을 때의 그래프이다. α 가 0.01 이상이 될 때 execution time의 시간 차이가 많이 나는 사실을 알 수 있다. Stop 상태가 자주 된다는 것을 의미하므로 이는 바로 수행시간에 영향을 미치는 것이다.

<그림 6>는 λ 가 변화하면서 Hoarding 오버헤드(H)값을 변화시켰을 때의 그래프이다. λ 값이 작을 때는 변화

가 크지만 커지면서 그 변화의 폭이 줄어드는 양상을 보이고 있다. 이것으로 λ 값이 작은 환경에서는 H 는 시스템에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있다. 하지만 $h = 1.2$ 이상인 경우에는 λ 의 영향을 덜 받는다는 것도 알 수 있다.

<그림 7>는 λ 가 변화하면서 재연결 오버헤드(H)값을 변화시켰을 때의 그래프이다. λ 값이 커질수록 시스템에 영향을 주는 정도가 크다는 것을 알 수 있다.



<그림 8> λ 에 따른 μ 변화

<그림 8>에서는 μ 값이 0.1 근처까지는 λ 값이 클수록 태스크 수행시간이 줄어드는 반면에 μ 값이 0.1 근처 이후부터는 아주 서서히 태스크 수행시간이 늘어나는 것을 보이고 있다. μ 값이 0.1 이후부터는 모바일 컴퓨팅의 성능(비연결 수행)에 커다란 영향을 나타내지 않는다는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

모바일 환경에서는 주변 환경에서 영향을 받는 요인들이 많다. 이러한 요인들로 인해서 발생하는 통신망의 단절은 이동컴퓨팅 환경의 주요한 장애이다. 이러한 통신망 단절을 고려한 비연결 수행기능을 이용하면 모바일 컴퓨팅 환경에서 통신망의 단절의 영향을 줄일 수 있는 방법을 제공한다. 본 논문에서 마코프(Markov) 모델링 기법을 이용하여 모바일 컴퓨팅 환경에서 비연결 수행상태를 포함한 평균 태스크의 수행시간을 분석하였다. 이러한 분석을 통해서 통신망 단절을 고려한 이동컴퓨팅에서 보다 효과적인 태스크의 수행 방법이 시스템의 특성에 따라 미리 결정할 수 있고, 이동컴퓨팅의 성능 향상을 위한 구체적인 접근 방식을 제시할 수 있다.

참고 문헌

- [1] E. Pitoura and G. Samaras, "Data Management for Mobile Computing," kluwer Academic Publishers, : 37-48, 1997.
- [2] J. J. Kistler and M. Satyanarayanan, "Disconnected Operating in the CodaFile System," ACM Transactions on Computer Systems, 10(1):213-225, February 1992.
- [3] C. Tait, H. Lei, S. Acharya, and H. Chang, "Intelligent File Hoarding for Mobile Computers," In Proceedings of the 1st ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom '95), Berkeley, Ca, October 1995.
- [4] G. H. Kuenning, "The Design of the Seer Predictive Caching System," In Processing of the IEEE Workshop on Mobile Computing system and Applications, Santa Cruz, CA, December 1994.
- [5] R. Gruber, F. Kaashoek, N. Liskov, and L. Shira, "Disconnected Operation in the Thor Object-Oriented Database System," In Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, CA, December 1994.