

IMT-2000 시스템의 채널 할당 운용전략에 관한 연구 : web 트래픽을 대상으로

The Operation Strategy of Channel Allocation for the IMT-2000 System about the Web Traffic

이진혁 김재훈 차동완
KAIST 테크노경영대학원 경영공학

Abstract

본 논문은 IMT-2000 시스템 MAC 계층에서의 채널할당 운용에 관한 것이다. 기존의 2세대 무선이동통신인 셀룰라나 PCS에서는 주로 음성이 주요한 트래픽이었기 때문에 채널 할당에 관한 운용전략이 간단했다. 그러나 무선구간 데이터 트래픽의 급속한 증가는 IMT-2000 시스템의 등장을 가져왔고 이 시스템은 음성과 함께 데이터를 전송하기 때문에 2세대보다 채널할당이 복잡할 수 밖에 없다. 데이터 트래픽 중 web 트래픽이 주요한 부분이 될 것은 자명하다. 그래서 본 논문에서는 대상이 되는 트래픽을 web 트래픽으로 한정하고, web 트래픽을 크게 2개의 class로 구분했다: streaming & non-streaming. 그리고 다시 각각의 class를 2개, 3개의 subclass(type)로 나눴다. 이 구분과 함께 IMT-2000 시스템의 멀티미디어 트래픽 모델링을 사용하여 시뮬레이션을 행했다. 시뮬레이션은 전용채널, 공용채널의 수, type 별 확률을 변화시키면서 여러 가지 상황을 고려해봤다.

1. 서론

앞으로 서비스되는 통신 서비스의 핵심은 고속 무선 통신 기술로 언제, 어디서나, 누구에게도 통신할 수 있는 기술이며, 이를 위하여 각 선진국들은 자국의 기술 연구개발과 표준화를 위해 많은 노력을 하고 있다. 이러한 가운데 국내외적으로 PCS의 IMT-2000으로의 진화를 통한 유무선 통합광역 개인통신망에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 현재 각종 표준화 단체 및 연구 기관을 통하여 기술 규격을 체계적으로 권고하는 단계에 있다.

IMT-2000 서비스는 음성신호의 전달보다 원활한 데이터 전송에 그 초점을 맞추고 있다. 즉, IMT-2000 시스템에서는 패킷 모드의 도입으로 대부분 패킷 형태로 전송되는 데이터에 패킷, 데이터 전송기법을 바로 적용함으로써 서킷모드에서의 데이터 전송으로 인한 회선 효율의 저하를 막아 패킷 데이터 전송을 기반으로 하는 다양한 서비스를 개발하고 회선 효율의 향상으로 저가격 데이터 통신을 가능케 할 수 있게 한다. MAC의 도입으로 원활한 패킷 모드 서비스가 가능해진 IMT-2000에서는 더 나아가 모든 서비스(음성신호 전달을 포함하는)를 패킷 데이터화하여 전송하는 기법도 활발히 연구되고 있다.

IMT-2000의 무선환경은 지금까지 사용되던 개인이동통신의 그것과 사뭇 다른 형태를 띠고 있다. 기존의 셀룰라나 PCS에서는 무선구간에서 음성 트래픽만 발생이 되었기 때문에 한 개의 채널을 할당해주면 모든 게 끝났고 따라서 할당할 수 있는 만큼 모두 할당하고 나면 시스템의 용량까지 바로

결정할 수 있었다. 그러나 IMT-2000 시스템은 음성보다는 데이터의 증가로 인해 패킷 데이터 처리를 위해서 나온 시스템이기 때문에 채널할당을 기존의 방식대로 할 수는 없다. 서비스 이용자들의 행태도 정성적 추측만이 존재할 뿐 명확히 알려진 바는 없다. 이와 같은 불확실성속에서 IMT-2000 서비스를 구현했을 때 서비스 제공자 입장에서 필요한 것은 이 서비스를 통해서 제공되는 트래픽의 특성에 관련된 모형과 시스템의 적절한 운용전략이라 할 수 있다.

따라서 본 논문은 무선환경에서의 패킷 데이터 트래픽 특성분석을 토대로 서비스 제공자 입장에서 필요로 하는 시스템의 채널할당을 위한 시나리오를 제안하고자 한다. 대상이 되는 패킷 트래픽은 앞으로 무선구간으로 이동되는 모든 종류의 트래픽을 대상으로 하는 것이 현실적으론 합당하겠지만 일단은 앞으로 가장 많이 서비스될 World Wide Web 데이터 트래픽만을 대상으로 하겠다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 패킷 데이터 트래픽 모델링과 대상이 되는 Web 트래픽에 대해 살펴본다. 3장에서는 Web 트래픽 대상 모델과 시뮬레이션 결과, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

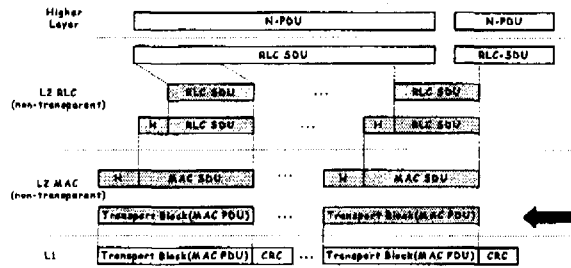
2. 패킷 데이터 특성 모델링

2.1 트래픽 특성 모델링

(1) 계층간 데이터의 흐름

UMTS 무선구간에서의 데이터의 흐름은 아래 그림과 같다. 상위계층의 PDU가 RLC PDU, MAC PDU, Transport block을 거치는 형태로 데이터의 흐름이 발생한다.

그림에서 N-PDU가 RLC 계층으로 처리되는 것으로 되어 있는데, 이 N 계층이 어떤 계층이 될지는 매우 불확실하다. UMTS 에서의 데이터 처리방안의 원형이라고 할 수 있는 GPRS 의 프로토콜 구조



<그림 2-1> 계층간 데이터 흐름

를 보면, RLC 계층과 IP 계층 사이에 논리적 링크 계층이 중첩되어 정의되고 있음을 알 수 있다. 하지만, 이후의 트래픽 분석과정에서는 이러한 링크 계층을 아직 표준화 단계에서 결정된 바 없기 때문에, 논리링크계층은 모두 생략된 것으로 가정한다. 이러한 관점에서 N 계층은 IP 계층을 의미하게 된다.

(2) 트래픽 부하의 계산

위에서 언급한 WWW 서비스는 IMT-2000 이 실용화되면 곧바로 제공될 것으로 생각되며 따라서 WWW 서비스에 관한 무선구간 부하계산이 가장 먼저 선행되어야 한다. 이에 WWW 서비스 요구사항을 확인하고 적절한 RLC, MAC, physical frame matching 을 선정하여 서비스별 무선구간 부하를 계산한다.

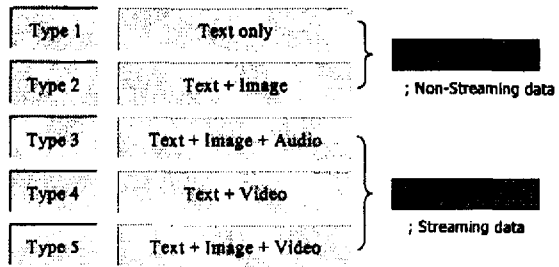
서비스 부하계산의 첫 단계는 서비스 특성의 파악이다. 전송속도, QoS, 지연과 같은 특성이 파악된 후 이 특성에 맞는 부하계산 모델을 만들 수 있다. 그러나 아직 실제 서비스가 제공되지 않고 있으며, 또 IMT-2000 에 적용될 서비스는 지금까지의 그것과는 다른, 무선접속환경을 고려한 새로운 형태의 서비스로서 여러가지 제공방안이 제시되고 있다. 즉 기술적인 면에서 확정된 서비스의 종류가 한정되어 있으며 mobile web 과 같은 주요 서비스는 아직까지 표준이라고 할만한 것이 확정되지 않은 상태이다. 또한 사용자들의 서비스 이용양태 역시 큰 변수의 하나로 적절한 예측치를 도출해 내기가 매우 여의치 않다. 이에 우선 여러가지 기술적, 환경적인 대안을 분석하여 적절한 대표값을 서비스 특성치로 잡아 서비스 부하 모델을 개발 하였으며 이 모델에 유연성을 부여하여 입력값의 변화에 따라 그때그때 부하를 계산할 수 있도록 하였다

3. 모형화

대상으로 하는 시스템은 UMTS 시스템이고 대상이 되는 트래픽은 Web 트래픽이다. Web 트래픽은 poisson 분포로 도착한다고 가정하고 인터넷 트래픽의 형태가 다음의 다섯 가지 타입으로 나뉜다고 가정한다.

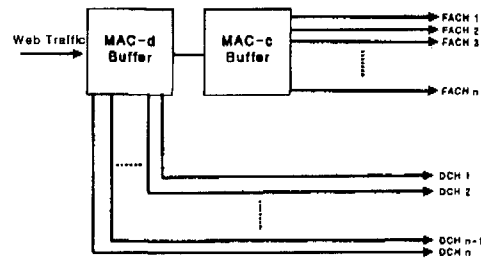
Web 서비스는 순방향과 역방향의 채널이 비대칭적으로 할당이 될 가능성이 크다. 사용자가 역방향으로 Web 페이지를 요청하면 서버로부터 순방향으로 데이터가 전송이 되는 데 요청데이터는

서버의 홈페이지 주소등의 짧은 데이터인 반면 reply 데이터는 steaming 데이



<그림 3-1> Web 트래픽 분류

터를 포함한 큰 데이터가 대부분일 것이다. 이런 비대칭성으로 역방향에서의 채널 할당문제는 별 문제없이 RACH 을 주로 이용할 것으로 예상된다. 따라서 논의에서 제외하고 reply 데이터가 순방향으로 전송될 때 기지국에서의 채널할당에 관련한 운용문제만을 다루기로 한다.



<그림 3-2> 연구모형

Web 서비스는 logical channel 인 DTCH 로 Layer2 까지 내려오게 된다. Layer2 중 RLC 계층에서 서비스 특성에 맞는 transport format 을 결정하여 RLC PDU 의 형태로 mapping 하고 이를 MAC 계층에 내려보낸다. 바로 위 그림에서 buffer 로 도착하는 web 트래픽을 RLC PDU 로 볼 수 있고, Data 에 관련된 모든 DTCH 는 MAC-d 에 우선적으로 접속된다고 했으므로 MAC-d 를 buffer 로 봐서 web 트래픽이 버퍼에 도착하는 것으로 생각할 수 있다.

본 연구의 핵심이 되는 문제는 바로 MAC-d 버퍼 이후에 MAC-c 로 갈 지, 아니면 MAC-d 에서 전송될 지를 결정하는 것이라고 볼 수 있다. 그 이후의 많은 과정을 통해 본 연구에 필요한 것은 전송 시간인 데 이는 앞장에서 참고한 트래픽 특성 모델링을 통해 해결한다.

위 그림에서도 알 수 있듯이 많은 공용채널 중에서 전송채널은 FACH 가 된다. FACH 와 DCH 의 수는 표준안에서도 아직 결정되지 않았다. 하지만 본 연구에서는 채널 수가 운용에는 별 문제가 되지 않는다. 모든 Web 트래픽은 애러 없이 모두 전송된다고 가정한다.

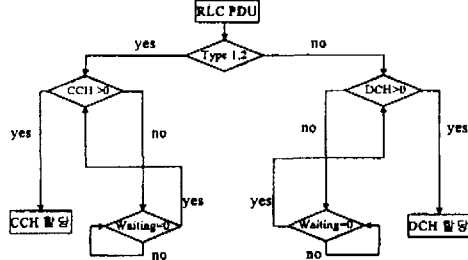
3.1 전략 1

class N 데이터는 공용채널로만, Class S 데이터는 전용채널로만 전송된다. 각 채널이 모자랄 경우에는 Class N 데이터는 MAC-c buffer, Class S 데이터는 MAC-d buffer 에서 각각 기다린다.

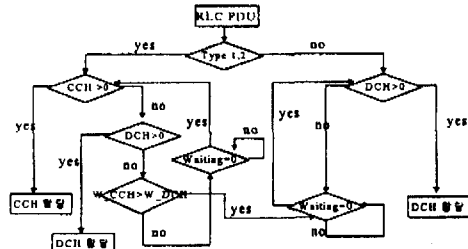
3.2 전략 2

Class N 데이터를 전용채널로 전송할 수 있다. Class N 데이터의 채널 할당 우선순위는 공용채널, 전용채널 순이다. 공용채널이 더 이상 없을 경우 전용채널이 남아있는지 알아보고 있으면 전용채널로 전송한다.

Class N 데이터의 경우, 공용채널과 전용채널이 모두 없을 때는 공용채널로 전송될 때의 대기시간과 전용채널에서의 대기시간을 비교해서 짧은 채널 대기행렬에서 기다린다.



<그림 3-3> 운용전략 1의 순서도



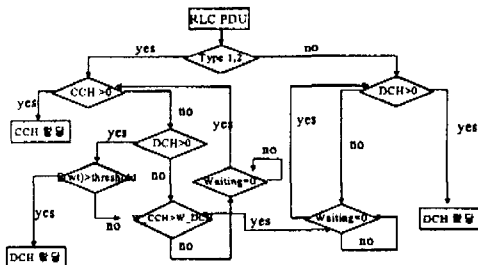
<그림 3-4> 운용전략 2의 순서도

3.3 전략 3

세 번째 운용전략은 두 번째 전략과 한가지만 차이가 있다. 남아있는 공용채널이 없고 전용채널이 있는 경우 두 번째의 전략은 Class N 데이터를 남은 전용채널에 실어서 보낼 수 있었는데 이런 경우 전송에 민감한 streaming 데이터의 전송이 많이 느려질 수도 있고, Class N 데이터가 전용채널로 전송될 때는 아무런 데이터가 전송이 되지 않는 경우에도 무선자원인 채널을 계속 잡고 있기 때문에 낭비가 생기게 된다. 그래서 이를 최소화하기 위해 다음과 같은 제약식을 추가하기로 한다.

$$E(IT_S) < D(x_i), \quad i \in N$$

$E(IT_S)$ 는 Class S 데이터들이 도착하는 Interarrival time의 평균이다. Class N 데이터가 전용채널로 전송이 될 때의 duration time($D(x_i)$)이 평균 interarrival time 보다 큰 위의 경우엔 전용채널이 남아있더라도 Class N 데이터를 전용채널로 바로 할당하지 않고 공용채널의 버퍼에서 대기하게 하는 운용전략이다. 부호의 방향이 반대라면 채널을 할당해 준다.



<그림 3-5> 운용전략 3의 순서도

4. 예제

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|--------------|-------|------------------|------------|
| Lambda | 2 | Web 트래픽 도착 | Poisson |
| TB | 320 | Web page/session | 5 |
| TB Set | 320 | Text size/page | 6.4kbytes |
| MAC | 21 | Image size/page | 13.9kbytes |
| RLC | 4 | Packet size | 480bytes |
| Block Number | 1 | Reading time | 120sec |
| Threshold | 120 | threshold | 120sec |

[표 4-1]

| Channel Type | Number of channels | |
|--------------|--------------------|------|
| | DCH | FACH |
| I | 4 | 1 |
| II | 8 | 1 |
| III | 11 | 1 |
| IV | 5 | 5 |

[표 4-2]

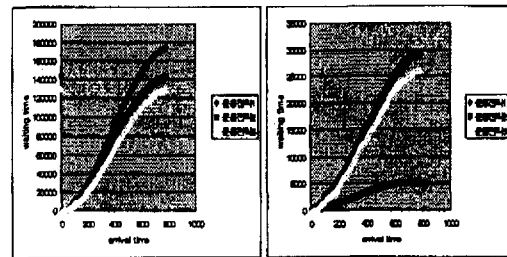
| Service Type | Probability | Mean | Standard deviation |
|--------------|-------------|--------|--------------------|
| Type 1 | 0.4 | 51200 | 7300 |
| Type 2 | 0.5 | 111200 | 16000 |
| Type 3 | 0.05 | 111200 | 16000 |
| Type 4 | 0.03 | 51200 | 7300 |
| Type 5 | 0.02 | 111200 | 16000 |

[표 4-3]

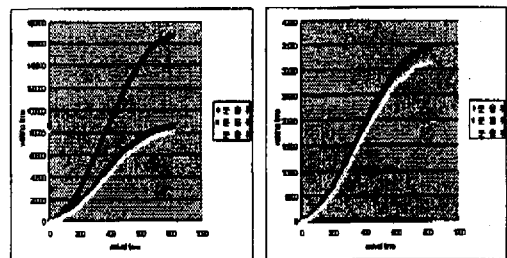
위의 표는 시뮬레이션에 사용된 계수 값이다. 다음은 각 채널타입 별 결과를 보여주는 그림이다.

X 축의 arrival time 이라는 것은 임의의 시점 t 를 0 으로 기준으로 삼고 도착하는 패킷의 도착시간을 나타내는 것이다. Y 축의 waiting time 은 어떤 패킷이 버퍼에 도착했을 때 자신이 기다리는 시간과 이전 패킷들이 버퍼에서 기다렸던 시간들을 모두 더한 누적대기시간을 말한다.

결과_채널타입 I (DCH 4, FACH 1)



결과_채널타입 II (DCH 8, FACH 1)

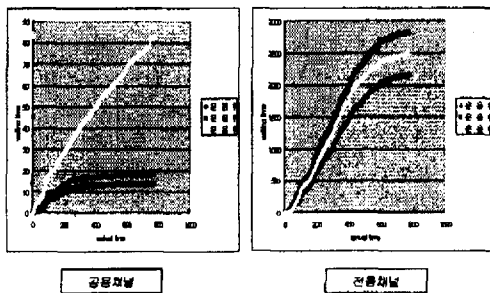


공용채널

전용채널

채널타입 I, II 를 보면 전용채널 DCH 의 수가 늘어나면서 배타적으로 데이터를 처리하는 운용 전략 1 의 성능이 떨어짐을 알 수 있다. 채널타입 III 의 그림은 II 와 유사하다. 그러나 공용채널과 전용채널의 수가 5 개씩 같아질 때는 아래 그림에서와 같이 non-streaming 데이터를 남아있는 전용채널로도 전송하게 하는 운용전략 2 의 성능이 오히려 나빠지는 것을 볼 수 있다.

결과_ 채널타입 IV (DCH 5, FACH 5)



위의 시뮬레이션은 현재 유선에서와 같이 text, text 와 image 가 혼합되어 있는 web 페이지가 많은 것을 염두에 둔 확률발생빈도를 바탕으로 행해진 것이다. 하지만 앞으로 비디오와 오디오가 함께 제공되는 페이지가 증가할 경우에는 운용전략이 어떤 영향을 받을 지 알아볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 채널타입 I 의 경우에 확률분포를 달리하는 민감도 분석을 했다. Type III, IV, V 의 비율을 높여서 실험한 결과 전용채널의 수가 적었던 관계로 총 대기시간에서의 성능은 세 가지 전략이 비슷하게 나왔다.

5. 결론

본 연구에서 제안하는 운용전략은 모두 3 가지였다. poisson 분포로 도착하는 web 트래픽을 시뮬레이션을 적용해서 각 운용전략을 비교했다. Measurement로는 waiting time 을 사용했다. 각 운용 전략들의 커다란 맥은 non-streaming 데이터와 streaming 데이터를 각각 공용채널(FACH)과 전용채널(DCH)로 전송한다는 것이다. 가장 간단한 전략 1 은 Non-streaming 데이터와 streaming 데이터를 배타적으로 각각 공용채널과 전용채널에서만 서비스 되도록 하는 전략이고 전략 2 는 Non-streaming 데이터를 협동적으로 공용채널과 전용채널에서 처리하도록 하는 전략이다. 전략 3 은 2 와 유사하지만 전용채널의 트래픽 상황을 고려하면서 Non-streaming 데이터를 처리하는 방식이다.

일반적으로 공용채널의 수에 비해 전용채널의 수를 실제 시스템 구현 상 많이 배당을 할 것이다. 앞의 예제 중에서는 예제 1 의 채널타입 I, II, III 가 이런 경우에 속한다. 이럴 경우 실험 결과는 운용전략 2, 3 이 1 보다 적은 지연을 나타냈다. 전략 2, 3 간의 전체적인 차이는 미비하지만 같은 지연의 정도를 나타낸다면 공용채널과 전용채널 중 어떤 채널의 효율을 중요시 하느냐에 따라 운용자는 전략 2, 3 중 하나를 택할 수 있을 수 있다. 하지만 채널 수와 web 트래픽의 발생빈도를 변화시키면서 실험한 예제 1 의 채널타입 IV, 예제 2 의 경우

민감도 분석 결과 각 운용전략들은 처한 상황에 따라서 대기시간이 더 많이 걸리기도 짧게도 나왔다. 특히 web 트래픽의 발생빈도가 시간이 갈수록 streaming service 를 많이 사용한다고 가정했을 때는 대기시간도 크게 증가하고, 각 운용전략 간에도 차이점이 생기지 않았다. 이것은 아직까지 유선 구간에서도 QoS 에 맞게 서비스하지 못하는 streaming 서비스를 속도가 유선에 비해 열악한 무선 구간으로 적용해서 나오는 결과라고 생각된다.

본 연구는 임의의 시간 t 가 홀러감에 따라 도착하는 Web 트래픽의 도착빈도가 같다고 가정해서 행한 결과이다($\lambda=2$). 그러므로 시간이 지남에 따른 트래픽의 도착빈도를 달리하는 분석이 이뤄져야 할 것이다. 또 IMT-2000 시스템의 표준안에는 아직 채널 수가 미정인 상태라서 채널 수를 임의의 수로 가정해서 연구를 했는데 채널 수보다는 채널의 비로 연구를 했으면 비교적 현실적인 연구가 될 수 있었을 것이다. 본 연구에서 어려웠던 것은 대상 트래픽인 web 트래픽이 IMT-2000 시스템의 무선 구간에서 실제로 나온 행태를 분석한 것이 아니고 유선구간에서의 행태를 적용시킨 것이어서 실제로 어떤 모양으로 서비스될 지 알 수 없다는 것이었다. 따라서 향후의 연구는 적절한 채널 수 자체를 결정하는 것, 이제 서비스될 무선구간에서의 web 트래픽 행태뿐 아니라 변화되는 web 트래픽 행태를 고려한 운용방안, 그리고 무선구간으로 전송될 모든 종류의 패킷 데이터를 대상으로 한 운용방안에 대해 연구가 이뤄져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] TS 25.301 radio interface protocol architecture
- [2] TS 25.201 physical channel □ general description
- [3] TS 25.211 physical channels and mapping of transport channels onto physical channels(FDD)
- [4] TS 25.214 UTRA FDD ; physical layer procedures
- [5] TS 25.302 services provided by the physical layer
- [6] TS 25.321 MAC protocol specification
- [7] TS 25.322 description of the RLC protocol
- [8] TS 25.331 RRC protocol specification
- [9] TS 25.303 UE functions and interlayer procedures in connected mode
- [10] TS 25.304 UE procedures in idle mode