

# USB(Universal Serial Bus)의 데이터 송수신 성능향상을 위한 적응성 통신방식

정희원 김운구\*, 이기동\*

## An Adaptive USB(Universal Serial Bus) Protocol for Improving the Performance to Transmit/Receive Data

Yoon-gu Kim\*, Ki-dong Lee\* *Regular Members*

### 요약

USB(Universal Serial Bus)는 최근 컴퓨터시스템에서 가장 인기 있는 인터페이스 중의 하나인데 이를 보다 확대하여 사용 시 즉, 다수의 디바이스들이 서로 연결되는 대내망을 구성할 때는 버스대역을 시분할 다중화(TDM, Time Division Multiplexing) 방식으로 사용하는 USB의 특징상 버스대역의 병목현상을 초래하게 되는 데 이러한 상황을 보다 효율적으로 대처할 수 있는 버스 대역 사용방안을 제안한다.

**Key Words** : USB, Time Division Multipliexing, Isochronous, Bus Bandwidth, Heavy Traffic

### ABSTRACT

USB(Universal Serial Bus) is one of the most popular communication interfaces. When USB is used in an extended range, especially configuring In-home network by connecting multiple digital devices each other, USB interface uses the bandwidth in the way of TDM (Time Division Multiplexing) so that the bottleneck of bus bandwidth can be brought. In this paper, the more effective usage of bus bandwidth to overcome this situation is introduced.

### I. 서론

USB는 최근 컴퓨터시스템에서 PC 주변기기 간 상호연결 기술에 있어서 가장 중요한 발전 중의 하나이다. 많은 수의 새로운 디지털 장비 또는 장치에 있어 USB를 통신 인터페이스로 채택하는 것이 보편화되고 있고 그 사용의 편의성, 진정한 Plug and Play, 높은 성능, 절감된 시스템 비용 등의 장점들이 USB의 선택을 의심치 않게 하는 이유들이다<sup>1)</sup>. 이렇게 빠르게 그 사용 분야가 넓혀가고 있는 가운데 USB 적용부분을 보다 확대하여 사용 시 즉, 다수의 디바이스들이 서로 연결되는 홈 네트워크 맥

내망을 구성할 때는 버스대역을 시분할 다중화(TDM, Time Division Multiplexing)방식으로 사용하는 USB의 특징상 버스대역의 병목현상을 초래하게 되는 데 이러한 상황을 보다 효율적으로 대처할 수 있는 버스 대역 사용방안을 본 논문에서 제안한다.

기본적으로 USB 통신방식으로 디지털 정보가전간 실시간 동영상 정보 전송을 위한 시스템을 구현함에 있어 보다 효율적인 데이터 전송을 위한 USB 데이터 전송타입과 디바이스 간 정보 교환을 위한 정의된 포맷을 가지는 데이터 구조인 각 디스크립터(Descriptor)들을 분석하여 동영상 전송을 위한 등시성(Isochronous) 전송 방식의 세부 성능향상 방법

\* 영남대학교 컴퓨터공학과 제어정보시스템 연구실 (ryankim8@yumail.ac.kr, kdrhee@yu.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-06-267, 접수일자 : 2006년 6월 9일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 29일

을 제한한다. 하나의 디바이스 설정(Configuration)이 2개의 대안적 설정(AlternateSetting)을 가지는 인터페이스를 가정할 경우 버스 트래픽 과다에 의한 Isochronous 전송이 원활하지 않을 경우에 Interface의 대안적 설정을 변경하기 위한 설정변경 명령(SetInterface())를 요청하여 충분한 버스대역을 할당받지 못 하는 디바이스에 있어서도 최소한의 데이터 재생 프레임률을 보장하고자 한다. 그리고 버스 트래픽이 정상인 경우 원래의 설정으로 복구하는 알고리즘을 제안한다. 이 제안 방법으로 다수의 디바이스들이 연결되어지는 홈 네트워크 맥내망에서의 동영상 데이터 전송 시 발생할 수 있는 병목현상을 해결한다<sup>5)</sup>.

## II. 관련 연구

USB 시스템은 클라이언트 소프트웨어/USB 드라이브, 호스트 컨트롤러 드라이브(HCD), 호스트 컨트롤러(HC), USB 디바이스의 주된 4개의 블록이 각 블록 간 인터페이스로 이루어진다. 호스트 컨트롤러 드라이버와 호스트 컨트롤러가 클라이언트 소프트웨어와 USB 디바이스 사이에서 데이터의 전송을 위해 동작한다<sup>1-4)</sup>.

### 2.1 USB 전송타입

USB 전송방식으로는 제어 전송(Control), 등시성 전송(Isochronous), 인터럽트 전송(Interrupt), 벌크 전송(Bulk)이 정의되어 있다. 각 전송방식은 클라이언트 소프트웨어와 USB 디바이스 간의 서비스 요구 특성과 조건에 따라 선택적으로 설정이 가능하다.

각 전송방식의 특징적 내용은 아래와 같다.

#### • 제어(Control) 전송

제어 전송은 양방향성이며 호스트와 디바이스의 기능(Function) 간의 설정, 명령, 상태정보 전송 역할을 지원한다. 제어전송은 Setup 단계, Data 단계(선택적), Status 단계 중 2단계 또는 3단계의 과정을 거치며 전송이 이루어진다. Setup 단계에서 디바이스의 Function에 하나의 요청(Request)을 보내고, Data 단계에서 Setup단계에서 지시된 방향(IN: 디바이스에서 호스트로, OUT: 호스트에서 디바이스로)으로 데이터를 보낸다. 그리고 Status 단계에서는 호스트와 디바이스 간 데이터 송수신의 상태결과를 알려준다(Handshake).

#### • 등시성(Isochronous) 전송

등시성 전송은 단방향 또는 양방향성이며 일정한

전송률을 보장하며 데이터를 주기적으로 전송하지만 전송에러에는 민감하지 않아 재전송 등의 요구를 하지 않는 것이 특징이다. 최대 전송속도는 USB 1.1의 경우 1ms의 프레임당 1023 Bytes로 초당 최대 8.184 Mbps 전송이 가능하다.

#### • 인터럽트(Interrupt) 전송

인터럽트 전송은 단방향성이며 호스트로의 입력만 가능하다. 1ms에서 255ms까지의 폴링주기를 가지며 작은 데이터 전송량과 높은 데이터 전송빈도에 유리한 전송 방식이다.

#### • 벌크(Bulk) 전송

Bulk 전송은 데이터 전송 시간적인 측면 보다는 많은 양의 정보를 보다 정확하게 전송하는 데 그 중요성을 두며 버스 대역폭의 여유가 있을 시 비주기적으로 전송을 하게 된다.

### 2.2 디스크립터(Descriptor) 타입분석

디스크립터는 호스트가 접속되는 디바이스에 대해 그 디바이스의 특성을 알 수 있는 정보를 USB에서 정의하는 포맷의 데이터 구조이다. 모든 USB 주변기기들은 호스트의 표준 USB 디스크립터 요청에 일정한 포맷으로 응답을 해야 한다. 그 종류에는 Device, Configuration, Interface, Endpoint, String 등이 있으며 그 순서대로 상위에서 하위로의 레벨이 정해진다. 상위레벨 디스크립터는 추가적인 하위레벨 디스크립터의 정보를 호스트에 알려주게 되며 지원하는 특성에 따라 복수개의 하위레벨 디스크립터를 가질 수 있다.

- 우선적으로 Device 디스크립터는 디바이스 접속 시 호스트가 첫 번째로 알게 되는 디바이스 정보로 USB 디바이스에 대한 일반적인 정보를 가지며 디바이스 간 구분을 위한 고유한 ID 정보를 가진다.

- Configuration 디스크립터는 특정 디바이스의 설정에 대한 정보를 기술하고 있으며 설정 내에 현재 설정값과 그 하위레벨 디스크립터인 Interface 디스크립터의 수 등을 알려준다. 호스트가 Configuration 디스크립터를 요청(Get\_Descriptor)시 이 설정에 관련된 모든 Interface와 Endpoint 디스크립터 정보를 함께 반환한다.

- Interface 디스크립터는 하나의 Configuration 내에 있는 특정 Interface에 관한 정보를 기술

하고 있다. Interface는 디바이스가 설정이 된 이후에 그 Endpoint들과 그 특성에 변화를 줄 수 있도록 하기 위해 대안적 설정(Alternate Setting)이 가능한 필드를 두고 있다. 본 논문에서는 이러한 USB의 특징들을 이용한다.

- Endpoint 디스크립터는 하나의 Interface를 위해 사용되는 각 Endpoint가 가지는 디스크립터로 각 Endpoint의 주소와 대역폭 정보를 기술한다.
- String 디스크립터는 선택적이며 각 디스크립터 내의 String 참조 포인트에 대한 문자정보를 기술한다<sup>6)</sup>.

### 2.3 USB 관련 연구개발 동향

USB 연구개발동향을 파악하기 위해 우선 각 범주별 제품개발 현황을 살펴보면 대용량 저장매체 솔루션들에는 다양한 제품으로 소개되고 있는 Flash Drives, DiskOnKey, Hard Drives, 외장형 CD & DVD Writers 등이 있고 멀티미디어에 관련해서는 USB 헤드셋(Headset), 스피커, 이동성 MP3/비디오 플레이어, 웹캠(WebCam), 디지털 카메라, 비디오 캡처(Capture), Digital TV 등에 적용되고 있다. 디지털 이미징(Digital Imaging)장치에는 스캐너, 프린터, 복합기(Multi- Functions) 등이 있다. 입력장치로는 마우스, 키보드, 게임 컨트롤러 등에 적용되고 있고 기타 USB 장치로는 USB 브리지(Bridges), USB Hubs, USB Cables, USB Cards 등이 개발되고 있다<sup>7)</sup>.

최근의 기술동향으로 우선 무선(Wireless) USB가 새로이 소개되고 Flash Drive에 장착되어 시연되고 있는데 이는 Flash Drive의 고유 기능인 파일저장 기능뿐만 아니라 두 디바이스 간에 PC의 중재 없이도 무선으로 파일공유가 가능한 특징적 기능이 있다. 그 사용의 예로 제품을 소개하는 소책자와 같은 파일을 전달하고자 할 때 USB 디바이스를 PC와 같은 호스트에 연결함이 없이 사용자가 가지고 다니는 열쇠꾸러미에 있는 USB Flash Drive에서 디바이스 간 상호동작하고 파일을 다운로드할 수 있다<sup>7,8)</sup>. Memsen사의 'Click n' Share' 라는 무선 메모리 키가 디바이스와 디바이스 간 연결이 가능하고 무선 데이터 공유가 가능한 무선 USB 디바이스의 대표적 예이다. Wireless USB(WUSB)의 표준안이 발표되고 WUSB 칩 개발이 완료되면 그 효용성은 비약적인 발전을 보일 것이다. 그리고 Flash

Drive에 있어서도 기존에 파일을 저장하는 공간을 제공하는 기능 외에 Flash Drive에서 직접 실행될 수 있는 어플리케이션을 제공하는 새로운 표준 플랫폼을 개발하려는 노력이 M-Systems나 SanDisk와 같은 주요 Flash Drive 개발사에서 이루어지고 있다. 현재 소개되고 있는 U3 플랫폼의 실현은 퍼스널 컴퓨팅(Personal Computing)을 보다 완벽하게 이동성 있게 만들어주게 될 것이다. 사용자의 데이터와 어플리케이션을 언제, 어디에서든지 가지고 다니다가 U3 호환 플랫폼에서 바로 실행이 가능하도록 하기 때문에 편리한 인터페이스와 더불어 이동성과 보안성을 향상시키는 주요 특징을 제공해준다<sup>9)</sup>. 또한 Flash Drive의 저장용량에 있어서도 4GB 까지의 데이터를 저장할 수 있는 디바이스를 출시하고 있다.

본 장에서 살펴본 USB 전송방식, 각 디스크립터들 그리고 표준요청들을 USB의 기능 및 특성에 관한 기본 연구로 하여 USB 통신 인터페이스로 서로 연결되어지는 복수 개의 디바이스들이 USB의 제한된 대역폭을 경쟁하는 상황 속에서도 보다 효율적인 방법으로 버스대역폭을 사용하고 그에 따른 데이터 송수신 성능향상을 꾀할 수 있는 모델을 다음장에서 제안한다.

## III. 제안모델 및 성능분석

### 3.1 제안모델

기본적으로 아래의 그림 1과 같이 하나의 디바이스 디스크립터에 2개의 설정 디스크립터가 있고 그 하나의 설정 디스크립터, 즉 Configuration0 에 2개의 인터페이스 디스크립터가 있다고 설정하고 그 하나의 인터페이스의 Function을 위한 Endpoint들에 대해 대안적 설정(AlternateSetting)이 2개 있다고 설정한다. 여기서 Interface 디스크립터 설정필드인 bAlternateSetting에 대안적 설정의 값을 설정함에 따라 Interface의 기능(Function) 특징이 변경되어 동작한다.

그림 1에서 Interface 디스크립터의 설정필드가

- bAlternateSetting = 0 인 경우 표 1과 같이 Endpoint를 설정한다.
- bAlternateSetting = 1 인 경우 표 2와 같이 Endpoint를 설정한다.

표 1. bAlternateSetting = 0 인 Endpoint 설정

Endpt No	필드	값	비고
Endpoint 1	bmAttributes	01	Isochronous
	wMaxPacketSize	1023	Byte
Endpoint 2	bmAttributes	11	Interrupt
	wMaxPacketSize	64	Byte

표 2. bAlternateSetting = 1 인 Endpoint 설정

Endpt No	필드	값	비고
Endpoint 1	bmAttributes	01	Isochronous
	wMaxPacketSize	512	Byte
Endpoint 2	bmAttributes	11	Interrupt
	wMaxPacketSize	64	Byte

아래의 그림 1은 위의 설정사항을 도식화한 내용이다.

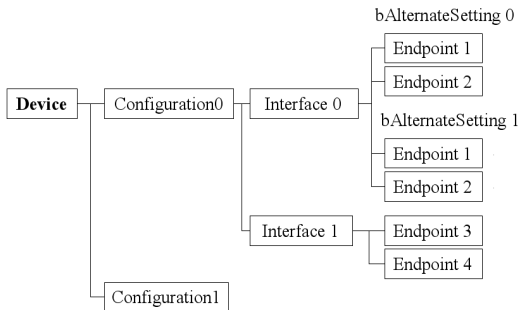


그림 1. Interface Descriptor의 대안적 설정

위의 설정정보와 각 디스크립터들의 기술정보를 토대로 여러 대의 디바이스들의 USB 통신방식으로 서로 통신을 하는 경우 USB의 제한적인 통신대역을 시분할 다중화 방식으로 대역을 할당받아 사용하게 된다. 이 때 특정 디바이스가 충분한 대역폭을 할당받지 못 하여 전송요청이 계속 지연될 경우 전송지연회수를 카운트해서 기억하고 있다가 그 전송지연회수가 일정 회수를 초과하는 경우에 그 디바이스의 어플리케이션 S/W에서 설정(Configuration)변경을 요청하도록 한다. 이 요청으로 Interface 디스크립터의 bAlternate- Setting 필드를 변경하게 된다. 즉 최초 설정보다 한 단계 낮은 수준의 bAlternateSetting으로 변경요청(SetInterface() Request 사용)하고 변경승인을 얻으면 그 설정을 기준으로 전송을 다시 요청하게 된다. 이렇게 하면 특정 디바이스의 전송 요청이 최초 설정 bAlternateSetting 0 의 wMaxPackitSize 1/2로 줄어든 wMaxPackit- Size로 이루어지게 된다.

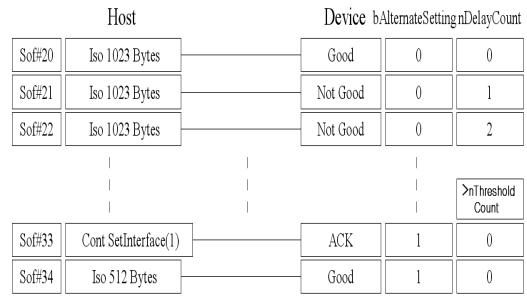


그림 2. 대안적 설정을 변경하는 과정

이 과정을 통해 USB 대역폭 확보를 위해 경쟁을 하던 디바이스 중 일정 전송지연회수 동안 전송 대역폭을 할당 받지 못한 디바이스에게 현재 USB 대역폭 상태에 따라 설정정보에 변화를 줄 수 있도록 하여 현재 대역폭을 보다 효율적으로 사용하도록 한다.

그림 2는 인터페이스 디스크립터를 위한 대안적 설정을 변경하는 과정을 보여주고 있다.

구체적으로 대역폭 경쟁에서 우선권을 가진 디바이스가 대역폭을 할당받고 그 나머지 대역은 다른 디바이스의 최대전송크기(wMaxPacketSize) 조건에 맞지 않아 그대로 사용하지 않은 상태로 전송을 마무리한다면 그 나머지 대역에 대한 낭비가 발생하게 되고 전체적인 데이터 전송량도 줄어들게 된다. 이에 그 나머지 대역폭에 대해 적응할 수 있는 설정 정보를 가지고 있다가 대역폭을 할당 받지 못한 상황이 계속 되는 경우에 있어서는 설정을 바꾸어 현재 대역폭의 상황에 적응해가면서 전송을 하게 된다. 그리고 그림 3에서는 USB 버스 대역폭의 정상인 경우 원래의 설정으로 복귀하기 위해 설정 변경 후의 wMaxPacketSize로 2개의 트랜잭션을 가지는 IRP를 요청하여 2개의 트랜잭션이 모두 전송되었음을 통보받는 경우에 원래의 설정으로 복귀하는 과정을 도식화하였다.

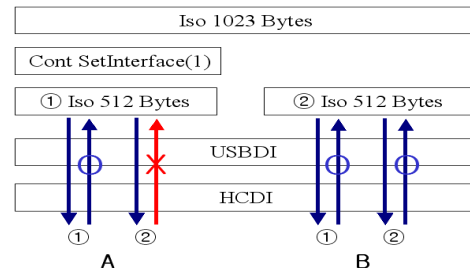


그림 3. 정상 설정으로의 복귀

이러한 과정이 본 논문에서 실험치 결과로 기존 대역폭 경쟁의 경우 보다 전체 데이터 수신율과 데이터 수신량에 있어 보다 향상된 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

### 3.2 성능분석

앞 절의 제안 모델에 대한 시뮬레이션 실행화면을 그림 4에서 보여주고 있다. 시뮬레이션에서는 3 가지 경우를 선택적으로 실험할 수 있도록 프로그램 하였는데 첫 번째(CASE 1)로 각 디바이스의 전송 패킷 크기의 합이 대역폭을 초과하는 경우 (Total Size > 1500bytes/ms (12Mbps))의 실험으로 대역폭의 할당을 서로 경쟁하도록 하였고 두 번째 (CASE 2)는 전송패킷의 합이 대역폭이내 인 경우 (Total Size <= 1500bytes/ms (12Mbps))의 실험으로 전체 전송크기가 대역폭 이내이므로 정상적으로 대역폭할당이 모두 이루어지는 경우이다. 세 번째 (CASE 3)로는 첫 번째와 마찬가지로 전체 전송패킷 크기가 대역폭을 초과하는 경우인데 다른 점은 앞서 제안된 모델을 적용하여 대역폭의 현재 상황에 적응해 가면서 전송패킷크기를 가변적으로 설정할 수 있도록 프로그램 하여 시뮬레이션 하였다. 그리고 세 번째의 경우에는 제안한 모델의 내용대로 전송지연회수에 대한 특정 임계값(nThresholdCount)을 CASE 3-1은 5, CASE 3-2는 7로 각각 설정하고 시뮬레이션 하였다.

본 시뮬레이션에서 설정하게 되는 각 디바이스의 대안적 설정에서 wMaxPacketSize를 어떻게 설정하느냐에 따라서는 시뮬레이션의 결과가 다소간 차이를 나타낼 수 있다. 본 시뮬레이션에서의 설정은 디바이스 A는 wMaxPacketSize = 1000, 디바이스 B는 wMaxPacketSize = 600, 디바이스 C는 wMaxPacketSize = 300 으로 설정하고 시뮬레이션 하였다. 각 디바이스의 wMaxPacket- Size는 시뮬레이션

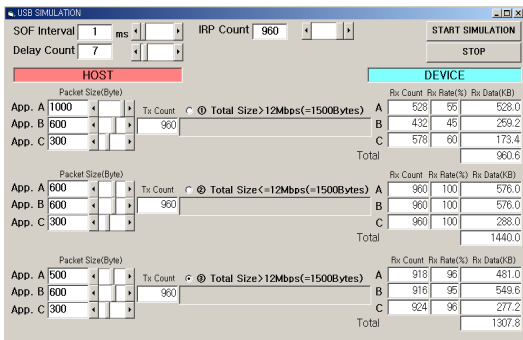


그림 4. 시뮬레이션 실행 화면

진행 중 전송지연회수(nDelayCount)가 전송지연임계치(nThresholdCnt)를 초과하는 경우 앞서 제안한 모델이 적용되어 대안적 설정이 변경되고 현재 설정 wMaxPacketSize의 1/2로 줄어든 최대 전송 크기로 데이터 전송요청이 이루어지게 된다. 이러한 상황에서 대역폭을 할당받는 경우 데이터 전송을 성공적으로 완료하는 프로그램으로 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션 프로그램의 플로우차트를 아래의 그림 5에서 보여 주고 있다. 각 디바이스의 우선순위 결정은 랜덤(Random)하게 우선순위를 부여하고 그 우선순위에 따라 필요한 대역폭을 할당받도록 하였다. 대역폭 할당이 프레임 당 최대전송패킷크기를 초과하는 경우에는 전송지연으로 간주하고 전송지연회수를 누적하여 누적된 전송지연회수가 전송지연 임계 회수를 초과하는 경우에 대안적 설정 변경 요청을 하도록 하였다.

시뮬레이션은 1ms의 SOF(Start Of Frame) 간격과 실험 IRP Count를 960 으로 하고 전송지연 임계값을 Delay Count로 하여 5 또는 7 값으로 설정하여 플레이션 하였다. 각 경우에 대해 10회에 걸쳐 반복 수행하였다. 그 결과를 토대로 한 성능 분석을 아래의 그림 6, 7의 데이터 차트로 설명해 주고 있다. 그림 6에서 보는 결과는 3개의 디바이스 A, B, C가 대역폭을 경쟁하게 되는 상황으로 같은 조건에서 전체 데이터 수신량을 비교해 볼 때 평균 33%의 데이터양을 더 수신할 수 있는 결과를 보여 주고 있다. 또한 전송지연회수 임계값(nThresholdCnt)

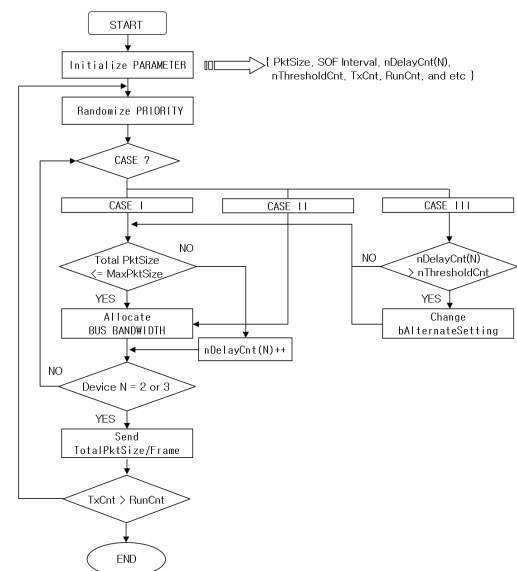


그림 5. 시뮬레이션 플로우차트

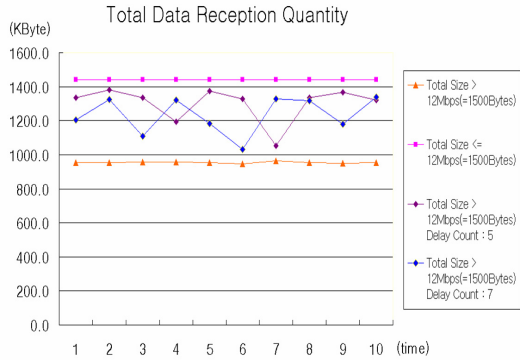


그림 6. 시뮬레이션 결과I : 데이터 수신량 비교

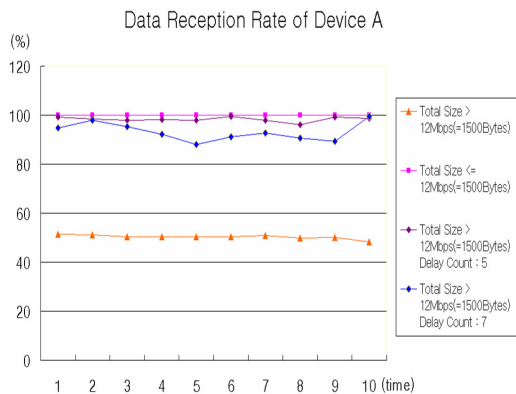


그림 7. 시뮬레이션 결과II : 데이터 수신율 비교

을 달리 했을 때의 결과가 다소간 차이가 나는 결과를 보여주고 있다. 이는 보다 최적의 적응성을 가질 수 있는 상황을 비교하기 위한 목적을 비교·분석하였다.

- nThresholdCnt=5  
954.3:1302.0 = 1:1.364, 약 36% UP
- nThresholdCnt=7  
954.3:1233.5 = 1:1.295, 약 29% UP
- 평균  
954.3:1267.8 = 1:1.328, 약 33% UP

이러한 결과치는 시뮬레이션 시 설정 데이터양에 따라 달라질 수는 있으나 평균적으로 대역폭 경쟁의 경우보다 대역폭 적응성의 경우가 평균적으로 높은 데이터 수신량을 보이고 있다. 이 결과는 버스트래픽이 많은 상황에서 제한된 대역폭을 보다 효율적으로 사용하고 대역폭 병목현상을 줄이고 해결

할 수 있는 방법을 제시해 주는 성과가 있다.

또한 그림 7에서는 각 디바이스에서의 데이터 패킷 수신율을 나타내고 있다. 이는 대역폭 경쟁의 경우 충분한 대역폭의 여유가 없을 시 전송을 하지 않게 되므로 수신율이 전체적으로 떨어지지만 대역폭 적응성의 경우엔 현재 대역폭의 상황에 적응해 전체 대역폭에 맞는 패킷 전송을 시도하므로 수신율은 상대적으로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 평균 95%이상의 데이터 수신율이 의미하는 바는 연속적으로 데이터를 수신할 수 있어 하나의 디바이스에서 계속 대역폭을 할당받지 못하는 경우에 발생하는 디바이스에서의 동영상 재생프레임이 끊기는 현상을 현저하게 줄이고 해결할 수 있다는 의미를 가진다.

#### IV. 결론

본 논문에서 USB의 특성상 제한된 대역폭을 사용함에 있어 다수의 디바이스들이 서로 연결되어 대역폭을 경쟁하게 되는 상황을 현재의 대역폭 상황에 능동적으로 적응해 보다 효율적인 대역폭 활용을 가능하게 하는 USB 통신대역폭 사용 모델을 제안하였다. 제안된 모델의 시뮬레이션 결과로 대역폭 경쟁의 상황보다 대역폭 현재 상황에 적응해 가면서 대역폭을 사용하는 것이 대역폭의 전체 데이터 수신량이나 수신율에 있어서 모두 보다 높은 결과치를 보여주고 있다.

USB는 현재에도 가장 인기 있고 사용하기 편리한 사용자 인터페이스로 널리 사용되고 있고 USB의 활용도 보다 넓고 보편화되어 다양한 형태로 적용되리라 판단된다. 이와 더불어 USB의 활용이 디바이스 간 다중 인터페이스와 멀티미디어 동영상 전송과 같은 대용량의 정보 전달이 필요로 하는 분야에서의 활용은 무엇보다도 전송대역폭의 효율적 활용이 우선적 과제가 될 것이고 이에 본 논문에서 제안된 보다 적응성 있는 모델을 적용한다면 USB를 이용한 다중 멀티미디어 환경에서의 디바이스 간 통신 인터페이스 성능향상이 기대된다.

보다 정확한 성능향상을 위해 다수의 USB 디바이스들의 연결 시 각 디바이스 특성상의 전송지연이나 등시성(Isochronous) 전송에서의 전송 에러에 의한 전송지연회수의 임계값(Threshold) 적용에 최적의 임계값 선택 알고리즘을 개발하여 이 또한 적응성을 가지게 하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Wooi Ming Tan, *Developing USB PC Peripherals Second Edition Using the Intel 8x930Ax USB Microcontroller*, Annabooks, February, 1999.
- [2] Jan Axelson, *USB Complete Everything You Need to Develop Custom USB Peripherals*, Second Edition, Lakeview Research, 2001.
- [3] John Hyde, *USB Design by Example A Practical Guide to Building I/O Devices*, Intel Press, 2001.
- [4] Compaq, Intel, Microsoft, NEC, *Universal Serial Bus Specification Revision 1.1*, 1998.
- [5] 전세일, 이두복, “USB 인터페이스를 이용한 데이터전송 프로그램 개발”, *한국정보처리학회 논문지*, 제7권 제5호, pp.1553-1558, 2000.
- [6] 김형훈, *USB GUIDE Universal Serial Bus*, Ohm, 2002.
- [7] “Wireless USB Hooks up USB Flash Drives”, *CES 2005 Coverage*, [Http://www.everythingusb.com](http://www.everythingusb.com)
- [8] “Wireless USB Brings Greater Convenience and Mobility to Devices”, [Http://www.intel.com](http://www.intel.com)
- [9] <http://www.u3.com>

김 윤 구 (Yoon-gu Kim)

정회원



1996년 2월 계명대학교 경영정보학과 졸업  
2005년 2월 영남대학교 컴퓨터공학과 석사  
2005년 3월~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
<관심분야> 로보틱스, 센스네트  
워크, 자동화, GPS

이 기 동 (Ki-dong Lee)

정회원



1985년 2월 서울대학교 제어계측과 졸업  
1987년 2월 동대학원 석사  
1994년 2월 동대학원 박사  
1995년~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 교수  
<관심분야> 로보틱스, 센스네트  
워크, 인공지능, 정보보안