



USB 설계에 있어서의 대역폭 초과 문제

By (Brian Ellis, Cypress Semiconductor Corp.)

우리가 생활하고 있는 아주 빠르게 변화하고 있는 세상에서 시간은 곧 돈이다. 특히 하이테크 산업에서의 매 초는 성공과 실패를 의미할 수도 있다. 가능한 효율적이고 우수한 USB 시스템을 설계하려면 성능을 극대화 할 수 있는 USB 허브 컨트롤러를 필요로 한다. 멀티플 트랜잭션 트랜스레이터 (TT)를 가진 USB 허브 컨트롤러는 전통적으로 고성능 이란 의미와 동일한 의미였으며, 고성능이란 곧 더 높은 비용을 말하는 것이기도 하다. 그러나 멀티-TT USB 허브 컨트롤러는 오늘날의 디자인에서 정녕 싱글-TT USB 허브 컨트롤러 에서의 성능상의 이점을 가지는 것일까? 다음의 간략한 리서치는 대역폭 초과 문제에 대한 비용 지불로부터 비용 절약을 위한 도움을 줄 수 있을지 모른다.

USB 허브 컨트롤러 101 : The Basics

USB 허브 컨트롤러에서 기대하고자 하는 것을 이해하기 위해 허브의 기본 작동을 먼저 이해해 보자. 아주 높은 레벨에서 USB 허브는 하나의 통풍구(funnel)로 생각할 수 있다; 당신은 멀티플 인풋을 가지며, 싱글 아웃풋으로 멀티플 인풋을 중심에 모은다. 이 인풋은 다운스트림 포트를 통해 수신되며, USB 호스트에 연결된 하나의 업스트림(upstream)포트를 통해 모여진다. 하나의 USB 버스는 연결된 USB 호스트에 의해 규정된 싱글 속도로 작동한다. 따라서 USB 허브의 업스트림 포트가 high-speed USB 호스트에 연결되었다면 업스트림 포트를 통과하는 모든 트래픽은 high-speed 트래픽 이어야 만 한다. 이는 USB 주변기기가 서로 다른 속도로 작동하는 관계로 근본적인 문제를 야기시킨다: low-speed (LS), full-speed (FS) 및 high-speed (HS). 따라서, 허브는 업스트림 포트를 통과하는 모든 트래픽의 속도가 표준화 되어야만 한다.

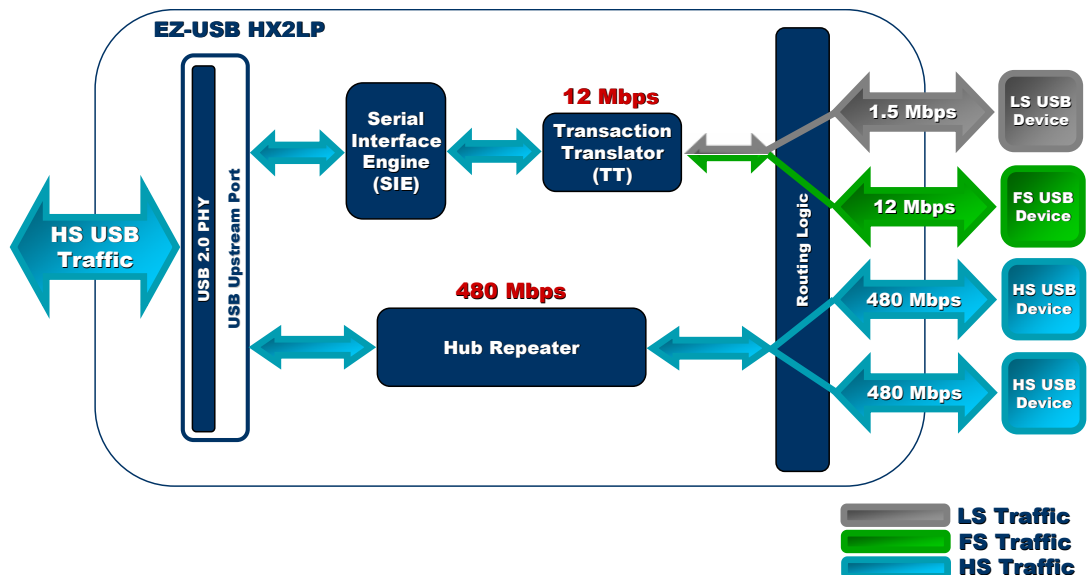
업스트림 포트를 통과하는 모든 데이터는 두 개 채널 중 하나를 먼저 통과해야만 한다 (트랜잭션 트랜스레이터의 허브 리피터). USB 호스트로서 동일한 속도로 이미 작동하고 있는 주변기기에 대해 "속도의 표준화"는 필요치 않으며 따라서 데이터는 간단히 업스트림 을 통과한다. 이는 데이터를 통과하는 것 같이 행동하는 허브 리피터(repeater)를 통해 이루어진다. 부착된 주변기기가 있는 경우에는 USB 호스트와 동일한 속도로 작동하지는 않으며 트래픽 속도는 트랜잭션 트랜스레이터를 이용하여 표준화 된다.

트랜잭션 트랜스레이터(TT)는 LS & FS 데이터가 HS 열차를 타는 기차역으로 생각할 수 있다. 이러한 유추에 의거하여, LS & FS 데이터가 "역"에 진입함에 따라 HS 열차가 채워지는 동안 데이터를 기다린다. 일단 HS 열차가 LS & FS 데이터로 채워지면 HS 에서 역을 출발한다. LS & FS 데이터가 TT 에 들어감으로써 LS & FS 데이터는 HS 데이터 패킷이 LS & FS 데이터로 채워지고 HS 에서 업스트림 포트를 통해 보내질 때 까지 "패킷화"된다.

이와 같은 과정을 진짜 무슨 일이 일어나고 있는지 이해하기 위해 좀더 기술적인 용어로 살펴보자. TT 는 하나의 업스트림 HS 핸들러와 하나의 다운스트림 LS/FS 핸들러로 구성되어 있으며, 이들은 데이터 버퍼를 통해 연결되어 있다. 데이터 처리가 시작될 때 HS 핸들러는 버퍼에 착수하기 위해 start-split 명령을 수신하고 처리 과정을 시작한다. 그러면 버퍼는 LS/FS 트랜잭션을 가지는 반면 HS 업스트림 버스를 통한 전송 준비는 HS 패킷으로 패킷화된다. 일단 패킷이 전송할 준비가 되면 complete-split 명령이 발생하며 데이터는 USB 호스트 에서 HS 핸들러를 통해 통과된다.

트랜잭션 트랜스레이터(TT)는 허브를 통해 HS 트래픽을 보다 효과적으로 취급하기 위해 split transaction 을 이용한다. Split transaction 을 이용함으로써 USB 호스트는 LS/FS 트랜스레이션을 시작할 수 있게 된다. 이는 결국 최상의 허브 성능을 달성하면서 TT 를 통해 데이터를 번역하기 위해 기다리는 시간 허비가 없다는 것을 의미하는 것이다.

Single-TT vs Multi-TT : 더 많은 것이 항상 더 나은 것은 아니다



각각의 TT 는 12 Mbps 의 최대 대역폭을 처리할 수 있다. Single-TT 애플리케이션에서 12 Mbps 의 대역폭은 모든 활성 포트를 통해 공유된다. 따라서 만약 LS/FS 주변기기가 USB 2.0 4-포트 허브의 4 개 모든 포트에 연결되었다면 각각의 주변기기에 대한 트래픽은 12 Mbps 의 공간을 공평하게 점유하기 위한 다툼이 일 것이다. 그리고 어떤 조건에서는 디바이스가 필요한 대역폭이 지원되지 않는 관계로 완전히 확인되지 않을지도 모른다. Multi-TT 허브는 LS/FS 주변기기를 공유할 필요 없이 필요한 최대한의 대역폭을 허용 하면서 각각의 포트에 할당된 TT 를 제공함으로써 이러한 문제점을 없애준다.

따라서, multi-TT 가 single-TT 보다 더 나은가? 답은 “아니다” 이다.

이제 이러한 사용 모델을 좀 더 깊이 들여다 보자. LS USB 디바이스에 의해 소모된 최대 대역폭이 1.5 Mbps 라는 점을 기억해 보자. 7-포트의 single-TT 허브에서 7 개의 LS USB 디바이스를 사용하고 있었다면 필요한 최대 대역폭은 10.5 Mbps 이며, 이는 여전히 TT 에서 가능한 12 Mbps 이하이다. Multi-TT 허브는 LS & FS 주변기기를 이용한 디자인에서 single-TT 허브가 가진 추가적인 이점을 제공하지 않을 것이다.

이는 대역폭 hog 로서 이젠 FS USB 를 떠난 것이지만, FS USB 를 말하기 전에 USB 의 기본에 대한 교훈을 배울 때이기도 하다. USB 전송에는 다음 4 가지 형태가 있다 : control, interrupt, bulk, isochronous

Control Control 전송은 일단 시스템에 전원이 켜지면 디바이스를 준비하기 위한 모든 USB 디바이스에 의해 사용된다. 이러한 전송은 아주 간단하며 거의 제로의 대역폭을 가진다.

Interrupt Interrupt 전송은 짧은 데이터 전송에 사용된다. 아울러, Interrupt 전송은 한번에 긴 시간 사용하지 않는 아주 낮은 대역폭의 디바이스용으로 주로 사용된다.

Bulk Bulk 전송은 보다 빠르게 많은 양의 데이터를 보내기 위해 사용된다. 예를 들어, 외장 하드드라이브에 파일을 복사할 때 bulk 전송을 이용한다. 속도는 bulk 전송이 가진 목적이므로 아주 빠르고 가능한 많은 대역폭을 소모할 것이다. 더 많은 대역폭이 가능하면 더 큰 데이터를 보내는 것과 더 빠른 전송시간이 가능할 것이다.

Isochronous Isochronous 전송은 시점이 중요할 때 사용된다. 예를 들어, PC 에 있는 유튜브 (YouTube)의 최신 뮤직 비디오를 녹화하기 위해 USB 웹캠을 이용할 때 비디오가 끊기거나 하는 것을 피하기 위해 제 시간에 이미지를 받을 수 있기를 원한다. 이런 경우 isochronous 전송과 함께 타이밍이 아주 중요한 요소이기 때문에 이러한 전송 방식을 사용 하는 디바이스는 작동을 위한 설정된 대역폭 양이 필요하다. 설정된 대역폭 양이 가능하지 않을 경우 디바이스는 작동하지 않을 것이다.

4 개의 USB 전송 형식 중 bulk 와 isochronous 의 단 2 개만이 대역폭이 필요한 것들이며, 설계 시 대역폭 리소스와 관련한 문제를 일으키는 잠재적인 것들이다.

앞서 언급한 것 처럼, bulk 전송은 외장 하드 드라이브 처럼 많은 양의 데이터가 한꺼번에 전송되는 매스 스토리지 애플리케이션에 주로 사용된다. 또한, isochronous 전송은 실시간 사진 퀄리티를 보장하기 위한 웹캠용으로 폭넓게 사용된다. 그러나 리서치 전문회사인 InStat 가 2006년 3월 USB 시장과 관련한 보고서에서 명시한 것 처럼, FS USB 외장 하드디스크 드라이브와 웹캠은 15% 미만의 시장 점유율을 가지고 있으며 2007년 말까지 완전히 확대되지는 않을 것이라고 한다.

Table 15. USB Penetration of Web Camera Market Forecast (Units in Thousands)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR 05-10
Web Cameras	9,200	9,500	9,700	10,000	10,400	10,900	11,000	10,500	1.6%
% w/ USB Low or Full Speed	88.0%	77.0%	55.0%	35.0%	15.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Total w/ USB Low or Full Speed	8,096	7,315	5,335	3,500	1,580	0	0	0	-100.0%
% w/ USB High Speed	5.0%	11.0%	35.0%	60.0%	81.0%	98.0%	97.0%	97.0%	
Total w/ USB High Speed	460	1,045	3,395	6,000	8,424	10,464	10,670	10,185	24.6%

Source: In-Stat, 3/06

정리해 보자. Multi-TT 허브로부터 성능상의 이점을 볼 수 있을 유일한 하나의 시나리오는 FS 외장 매스 스토리지 디바이스나 FS 웹캠과 같은 멀티플 고대역폭 isochronous 혹은 bulk 전송의 FS USB 디바이스를 이용할 때 이다. 그러나 마켓 데이터는 외장 매스 스토리지와 웹캠이 2007 년 말까지 HS USB 로 완전 이전될 것이라는 것을 분명하게 보여 주고 있다. 따라서 현재의 디자인에서 single-TT 허브와 multi-TT 허브는 성능상 동일하다.

실리콘으로 볼 때 다이(die)의 크기는 비용과 동일하다. 다이가 클수록 비용도 높아진다. multi-TT 허브 컨트롤러와 single-TT 허브 컨트롤러의 다이 크기를 비교하는 것은 추가적으로 TT 의 수를 배가시키는 것처럼 그리 간단한 문제는 아니다. 각각의 TT 는 전체적인 다이 크기에 더하여 지원하는 logic 을 가지고 있다. 사실, 동일한 공정 기술을 기반으로 한 multi-TT 허브 컨트롤러와 single-TT 허브 컨트롤러의 다이 크기를 비교할 때 multi-TT 다이는 single-TT 다이 크기에 비해 34%의 크기 증가를 보였다. 다이 크기에서 34%의 증가는 34%의 다이 비용 증가를 의미하는 것이다. 이는 결국 엔드 유저의 리세일 가격으로는 약 49%의 가격 상승을 의미하는 것이기도 하다. multi-TT 허브 컨트롤러로 설계하는 것은 그에 상응하는 single-TT 허브 기반 제품의 성능보다 거의 50% 더 비싼 제품을 만들 것이다.

결론

우리는 비용이 높을수록 성능이 더 나을 것이란 기대를 가진다. 그러나, 다음 USB 설계를 위한 허브 컨트롤러를 선택하기 전에 무엇을 위해 비용을 지불해야 하는 지를 아는 것이 필요하다. 즉, 허브 컨트롤러 이면의 아키텍처 이해하기와 각 부품의 작동이 비싼 대가를 치르는 것으로부터 보호할 수 있는지 등에 대해 아는 것이 필요한 것이다. 오늘날의 USB 시스템에서 multi transaction translator 허브 컨트롤러의 이점은 상실 되었으며, 설계에서 소모되는 대역폭 초과를 위한 비용 지불을 막을 수 있다. Single transaction translator 허브 컨트롤러는 당신이 기대하고 있는 가격에 필요한 성능을 제공할 수 있다.



Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone: 408-943-2600
Fax: 408-943-4730
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.