

LG 전자 Network Computer 넷챔프

안 승 권, 김 병 철, 우 준 석
LG전자 미디어통신연구소

I. 서 론

LG 전자의 네트워크 컴퓨터(Network Computer, NC)인 넷챔프(NetChamp)는 PC에 이어 Network Computing을 이끌 차세대 플랫폼으로 각광을 받고 있는 NC의 개념에 바탕을 두고 개발되었으며 기본적으로 Web Browsing과 Java Application 또는 Applet을 실행할 수 있는 단말기로 일종의 Internet appliance라고도 할 수 있다. 이러한 사용목적에 따라 넷챔프는 다음과 같은 점들을 설계 목표로 하였다.

- 가격이 저렴하면서도 충분한 성능 제공
- 사용이 편리하고 관리하기 편할 것
- 보안 기능이 있을것

다른 종류 또는 다른 회사의 NC와 넷챔프와의 호환성, 그리고 응용프로그램 개발자의 입장에서 본 응용프로그램 간의 호환성은 넷챔프에서 동작하는 Java Virtual Machine(JVM)에 의해 보장이 되므로 넷챔프의 시스템 설계는 JVM이 잘 동작하기만 한다면 비교적 자유스럽다고 할 수 있다. 따라서 설계시 위의 목적을 최대한 달성할 수 있도록 노력하였는데 넷챔프의 주요한 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- 중앙처리장치 : StrongARM(200MHz/233MHz)
- 메모리 : 8MB/16MB/32MB/64MB SDRAM
1MB/2MB Video 메모리
기본 0.5MB의 boot flash 메모리와 0~8MB의 optional flash 메모리

- 외부장치지원 : PS/2 마우스 및 키보드, 프린터 포트, 오디오 잭, 마이크 잭, 시리얼 포트, 한 개의 PCI 확장 Slot

- 운영체제 : JavaOS 1.1
- 웹브라우저 : HotJava Browser
- 비디오 : SVGA (resolution 1024×768)
- 오디오 : 16bit 디지털 스테레오, 4KHz~54KHz Sampling rate
- 스마트카드
- 네트워크 인터페이스 : Ethernet 10BASE-T, 100BASE-T, Optional Modem Card

넷챔프의 시스템을 이해하기 위해서는 먼저 넷챔프의 동작에 대해 이해할 필요가 있다. 따라서 다음 2장에서 넷챔프의 동작 원리를 개략적으로 살펴보고 난 뒤 3장에서 시스템을 구성하는 component 들을 차례로 살펴보고 4장에서 결론을 맺는다.

II. 넷챔프의 동작

넷챔프에 전원이 들어오면 맨 먼저 “demon”이라는 프로그램이 동작한다. 이 demon은 시스템의 하드웨어를 초기화 시키고 시스템의 메모리를 확인한다. 여기에서 초기화는 가능한 한 시스템 동작에 꼭 필요한 기본적인 것들만 초기화를 한다. 이것이 끝나고 나서 demen은 NC의 연결 상태를 조사한다. 만일 NC가 debugger 프로그램을 실행시킨 PC 또는 workstation 등의 host machine에 serial cable로 연결된 경우에는 host machine의

debugger로부터 NC로 프로그램을 downloading 하여 debugging 할 수 있도록 host machine의 debugger와 통신을 한다. 그러나 만일 NC가 debugger에 연결되어 있지 않을 경우에는 boot flash ROM에 저장되어 있는 “netboot” 라는 프로그램을 실행시킨다. 이제 netboot 프로그램에 대해 좀 더 살펴보기로 하자.

넷챗프와 같은 NC는 네트워크로 연결되어 있는 서버로부터 OS image를 download하여 booting한다. 넷챗프에서는 이러한 역할을 하는 program을 “netboot” 라고 부른다. NC에서 PC의 BIOS 및 diskless workstation의 boot ROM에 담겨있는 프로그램과 유사한 역할을 하는 것이 이 netboot이다. 물론 넷챗프는 모뎀을 통해 Internet ISP 등에 접속하는 경우와 같이 OS image를 서버로부터 download 받는 것이 사실상 어려울 때는 옵션으로 8 MByte까지 장착할 수 있는 플래시 롬에 미리 OS 및 기타 필요한 응용프로그램 등을 저장하여 두었다가 이것을 실행 할 수도 있다.

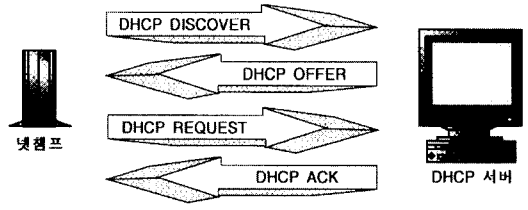
Netboot에서는 TCP/IP 이외에 DHCP, NFS, ARP 등의 프로토콜을 사용하며 WindowsNT Server나 UNIX 등이 모두 서버로 동작할 수 있다. 넷챗프가 부팅하는데 필요한 네트워크 구성은 다음 그림과 같다. 이 중에서 Web 서버는 OS가 부팅하는데 필요한 파라미터와 브라우저 등의 응용 프로그램을 설정하는데 필요한 파라미터를 제공하는데 사용되며 netboot에서는 사용되지 않는다.

DHCP 서버는 NC가 네트워크에 연결되기 위해 필요한 NC의 IP address, gateway address, netmask, DHCP 서버의 IP address, NFS 서버의 IP address, NFS 서버에서 OS image가 있는 위치 및 OS image의 파일 이름 등의 값을 제공하며

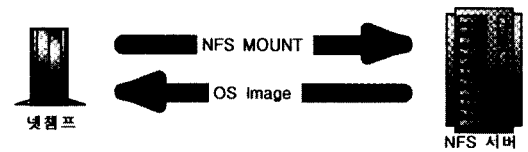
NFS 서버는 부팅에 필요한 OS image 및 브라우저를 포함한 각종 응용 프로그램 그리고 한글을 제공하기 위한 폰트 등을 제공한다. 이러한 여러 서버의 구분은 기능상의 분류로 이러한 기능들은 하나의 서버에 통합되어 제공될 수도 있다.

넷챗프와 DHCP 서버와의 동작은 아래 그림과 같다. 프로토콜의 자세한 내용에 대해서는 인터넷 RFC 등을 참조하기 바란다.

넷챗프와 NFS 서버와의 동작은 다음 그림과 같다.



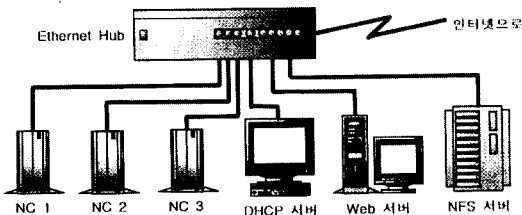
<그림 2> DHCP 동작



<그림 3> NFS 동작

이와 같은 구성에서 넷챗프에 전원을 공급한 후 OS가 실행되기 시작하기까지 걸리는 시간은 네트워크의 상황(속도, 부하 등)에 따라 다르겠지만 대체로 15초에서 1분 정도가 소요된다. 이는 동일한 OS를 하드디스크가 있는 PC 등에 저장하여 실행하는 경우에 비해 결코 많이 늦은 속도는 아니다.

넷챗프에서 또 한가지 유용한 기능중의 하나는 netboot 프로그램을 서버를 통해 자동으로 upgrade 할 수 있다는 것이다. 이는 DHCP option 중에 하나를 이용하여 netboot 파일을 서버에 등록하면 netboot가 실행중에 이를 확인하여 서버에 있는 netboot가 실행중인 netboot 보다 더욱 최신 버전의 것이라고 확인될 때 이를 download하여 flash ROM에 저장함으로써 가능하다. 즉 새로운 버전의 netboot가 만들어졌을 경우 이를 원격지에서 네트워크에 연결되어 있는 서버에 등록하기만 하면 그 서버를 사용하는 NC들은 자동으로



<그림 1> 넷챗프에 필요한 network 구성

upgrade가 되므로 아주 손쉽게 upgrade가 가능하다. 이것은 NC의 특징으로 administration 비용을 효과적으로 줄일 수 있게 해 준다.

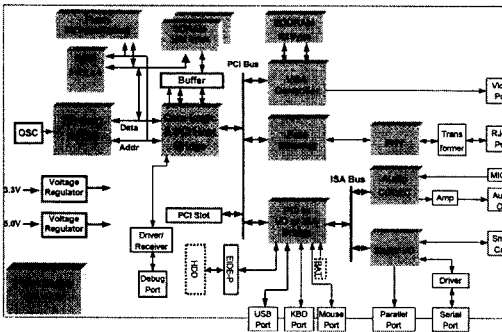
Netboot는 원격지의 server로부터 OS image를 네트워크를 통해 download하기 위한 네트워크 디바이스 드라이버 및 TCP/IP 등의 각종 네트워크 프로토콜과 함께 다음과 같은 몇 가지의 기능을 추가로 가지고 있다.

- MMU 및 Netboot를 위한 pagetable 초기화
- 키보드, 이더넷 등의 각종 디바이스 초기화
- 화면 해상도 조정
- 시스템 diagnostics 실행

이 중 diagnostics는 사용자가 NC를 사용하는 중에 발생할 수 있는 시스템 이상 여부를 이 프로그램을 실행시켜 봄으로써 진단 및 확인할 수 있게 해 준다.

III. 시스템 하드웨어

개략적인 시스템의 모습은 다음과 같다.



〈그림 4〉 넷칩의 Block Diagram

1. 중앙처리장치(CPU)

넷칩은 ARM계열의 프로세서 중 가장 빠른 마이크로프로세서인 StrongARM을 사용하였다. 이 프로세서는 크기가 매우 작고 적은 전력을 소모하면서도 상당히 빠른 속도를 자랑한다. Digital의 주장에 의하면 경쟁제품 중에서 MIPS/\$ 그리

고 MIPS/Watt 값이 가장 우수하다고 한다. StrongARM의 특징을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

- 고성능 RISC 프로세서 166MHz, 200MHz, 233 MHz
- 메모리 관리기(Memory management unit, MMU)가 가상메모리 시스템 지원
- 16KB의 명령어 캐시와 16KB의 writeback 데이터 캐시 내장
- 각각 16 바이트의 8 엔트리 Write buffer를 내장하여 성능향상
- 적은 전력 소모로 전력소모에 민감한 시스템에 적당
- 마이크로초 이하의 인터럽트 반응속도로 실시간 응용에 적절
- High-level language 지원이 우수
- Big and little endian 모드를 동시 지원

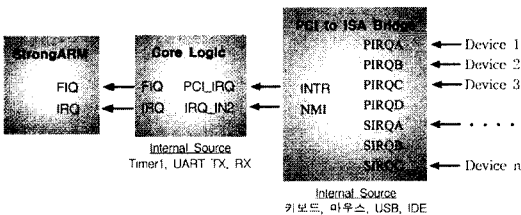
StrongARM은 명령어와 데이터에 대해 별도의 캐시를 갖고 있으며 write buffer와 MMU가 하나의 칩에 집적되어 있는 범용 32-bit 마이크로프로세서이다. StrongARM은 ARM Version 4 architecture를 기반으로 설계되어 이 processor family와 software적으로 호환이 되며 IO 메모리와 video등의 ARM architecture를 지원하는 칩들과 함께 사용될 수 있다. On-chip cache는 write buffer와 함께 평균 실행 속도를 향상시키고, processor가 사용하는 평균 memory bandwidth를 줄여준다. 또한 이렇게 함으로써 별도의 추가적인 processor나 direct memory access(DMA)를 지원하기 위한 외부 memory 사용이 가능하다. 명령어 캐시는 32-byte block, 32-way set-associative 캐시이며 flush-all-entry function을 갖고 있다. 명령어 캐시는 MMU가 disable된 동안에도 사용할 수 있다. 데이터 캐시는 32-byte block, 32-way associative 캐시이며 flush-all, flush-entry, 그리고 copyback-entry function을 제공한다. 이 중에서 copyback-entry는 하드웨어가 아닌 소프트웨어에 의해 구현된다.

Strong ARM은 2개의 Interrupt Input Pin을 갖고 있어 다음과 같은 두 가지의 Exception 형태를

지원한다.

- IRQ : Normal Interrupt Request, Vector Address : 0x18
- FIQ : Fast Interrupt Request, Vector Address : 0x1c

FIQ는 좀 더 빠르게 인터럽트를 처리하는데 사용된다. StrongARM은 32 비트 모드 이외에 26 비트 모드도 지원하지만 모든 exception은 32-bit mode에서 시작된다. 기존의 CISC 프로세서(X86, 68K 계열 등)들은 Exception Vector에 다음에 수행될 Instruction의 Address Pointer가 들어 있지만, StrongARM에는 직접 명령어가 들어 있다. FIQ를 제외한 다른 Exception Table에는 Branch Instruction이 사용되지만 FIQ는 Exception Table의 맨 끝에 위치하므로 Service Time을 줄이기 위해 Branch를 하지 않고 직접 FIQ Service Routine을 직접 수행 할 수 있다. 아래 그림을 참고 한다.



〈그림 5〉 Interrupt flow

2. Core Logic and PCI Host bridge

넷칩프에서는 core logic chip을 사용하는데 이것은 StrongARM과 SDRAM, ROM, 그리고 PCI 버스에 대한 interface를 담당하며 아래와 같은 기능을 갖고 있다.

- SDRAM interface
- Flash ROM interface
- PCI Revision 2.1 compliant interface
- DMA controllers
- Interrupt controller
- Programmable timers
- Doorbell registers/mailboxes
- I₂O message unit

- X-Bus (8bit-parallel port)
- Serial Port(UART)
- PCI bus arbiter

PCI Bus 상에는 Core Logic, Ethernet Controller, VGA Controller, PCI-to-ISA Bridge, PCI Slot 등 5개의 디바이스들이 있다. 이 device들의 configuration register를 접근하기 위해서는 Type 0 Configuration Access를 수행한다. 이 중에서 Core Logic 칩은 Type 0 Configuration Access를 수행하지 않고도 StrongARM의 Read/Write Cycle로 Access될 수 있다. 물론 PCI BUS상에 다른 Master CPU가 있다면 PCI Memory나 I/O Cycle에 의해 21285의 Configuration Register가 Access될 수 있지만 넷칩프에서는 StrongARM 이외의 다른 master CPU가 없다. 따라서 실제 PCI Type 0 Configuration에 의해 configuration이 되는 디바이스는 Core Logic 칩을 제외한 4개이다.

PCI 디바이스는 동일한 configuration register offset을 갖는다. PCI Memory나 I/O Cycle은 configuration register의 base address를 각 디바이스마다 다르게 정하여 각 디바이스의 Chip Selection을 할 수 있다. 그러나 Configuration Register의 Access는 이러한 것이 불가능하므로 H/W에 의한 Chip Select Signal을 제공한다. PCI에서는 이 Signal을 IDSEL이라 한다.

PCI Type 0 Configuration Access의 규약을 보면 AD(31 : 11)은 사용하지 않고 예약되어 있다. 넷칩프에서는 PCI Type 0 Configuration Access시 각 디바이스를 Select하기 위해 이 비트들을 사용한다. 다음은 각 디바이스의 IDSEL을 위해 할당된 비트들이다.

- PCI-to-ISA Bridge : AD(23)
- VGA : AD(22)
- Ethernet : AD(21)
- Reserved PCI Slot : AD(20)

각각의 디바이스를 선택하기 위해서는 Reserved Address (AD(31 : 11))중 해당 비트만 1로 하고 나머지는 모두 0으로 한다. 또한 AD(10 : 8)은 function 번호를 나타내므로 Single

function 디바이스는 이 비트들을 모두 0으로 하고, multi-function 디바이스(PCI-to-ISA Bridge)는 해당 function 번호를 이 위치에 적는다.

3. SVGA Controller

(1) 주요 기능

화면 Display를 담당하는 SVGA controller는 다음과 같은 기능을 제공한다.

- 64 bits GUI acceleration width
- 최대 135 MHz dot clock
- 최대 80 MHz 메모리 clock
- Multimedia ready
- Integrated video playback 지원
- Video capture, windowing 지원
- YUV와 AccuPak™ 지원
- Color space 변환
- Interpolated zooming(X와 Y축에 독립적으로)
- Transparent source BitBLT
- Page flip 지원
- 8 또는 16 비트 I/O 버스
- Green PC 전력 절약 모드 지원
- Direct PCI bus interface(2.1 호환)
- 최대 1280 x 1024 해상도 지원
- Integrated triple 8 비트 DAC
- Programmable dual-clock synthesizer
- 64 비트 DRAM display 메모리 인터페이스
- EDO DRAM 지원, 4 또는 16 비트 DRAM 지원, 128K×16 또는 128K×32 DRAM 지원
- 16 비트 pixel 버스

이 디바이스에서는 비디오는 interpolated zooming이 가능하며 하드웨어 프레임 버퍼에 저장된다. 비디오는 그래픽 포맷(예를 들면 8-bpp palettized VGA 포맷)과 다른 포맷(예를 들면 16-bpp YUV 4:2:2)을 가질 수 있다.

이 디바이스는 64-bit GUI BitBLT 엔진을 가지고 있는데 이것의 memory-mapped 제어 레지스터는 이중 버퍼링이 가능하다.

(2) 주요 Component

이 디바이스의 주요한 Component로는 sequencer, CRT controller, graphics controller, attribute controller, dual-frequency synthesizer, palette DAC, PCI bus interface, BitBLT engine, Video capture, video window and video display, 범용 I/O 등이 있다.

Sequencer는 display memory에 대한 access를 제어해 주고, 필요한 screen refresh와 dynamic memory refresh cycle이 확실히 실행되도록 해주며, 남아 있는 memory cycle이 CPU와 BLT read/write operation에 사용 될 수 있도록 해준다.

Sequencer는 memory arbitrator와 memory controller로 구성되어 있다. 메모리 controller는 display 메모리를 접근하기 위해 필요한 신호와 address를 만들어낸다. Sequencer는 CRTIC와 연관되어 있는 memory address counter와 Graphic Controller와 연관되어 있는 address transformation logic으로부터 요청을 받아 동작하는데 Data를 display pipeline에 보내기 위해서는 display FIFO를 이용하며 데이터를 Graphics Controller에 보내기 위해서는 Write Buffer를 사용한다.

CRT Controller(CRTC)는 CRT display를 위한 종방향과 횡방향의 synchronization signal을 만드는 역할을 하는데 이 CRTC는 IBM VGA hardware에 있는 것과 소프트웨어적으로 호환이 가능하다. CRTC의 종방향 횡방향 타이밍과 polarity, 커서 위치, 횡방향 scanline 그리고 종방향 횡방향 GENLOCK는 모두 조정 가능하다. 또 CRTC에 의해 screen을 분할하고 부드러운 scrolling이 가능하다.

Graphics controller는 CPU에 display memory에 대한 read/write access path를 제공하는데 read/write 전에 data를 조작할 수도 있게 해주며 color painting 모드에서는 color comparator를 사용할 수도 있다. 또한 pixel 버스에 출력하기 위해 display memory data와 attribute를 합치는 역할을 한다.

Attribute Controller는 alphanumeric mode에서 blinking과 밑줄 attribute를 제어한다. 또한

alphanumeric mode와 graphics mode에서 횡방향 pixel-panning 기능을 제공한다.

Palette DAC는 적절한 RFI 필터를 거쳐 아날로그 모니터에 접속된다. 또한 256K의 palette 중에서 256가지의 색상을 동시에 제공하거나 display memory에서 연속적인 2 또는 3 또는 4 바이트를 합쳐 하나의 pixel로 표현하는 direct color mode를 제공하는데 이를 사용하면 32K, 또는 64K 또는 16.8 백만 가지의 색을 screen에 동시에 표현할 수 있다.

BitBLT 엔진은 display memory에서 최대 메모리 bandwidth로 memory block을 이동시키며 이때 각종 graphic format에 대한 color expansion을 할 수 있도록 해 준다.

4. Ethernet Controller

넷캠프에서는 Digital의 10/100 Mbps PCI Ethernet LAN controller를 네트워크 인터페이스로 사용한다. Physical interface chip으로는 MII device 대신에 보다 저렴한 symbol interface device를 사용했다. 이 디바이스는 CPU와 Command and Status Register(CSR)와 공유 메모리를 통해 연결되어 있다.

이 칩은 PCI 기반 시스템에 적합하며 전력관리를 위해 OnNow 또는 remote wake-up LAN mechanism을 제공한다. 또한 비교적 커다란 FIFO와 함께 수신된 packet 중 부적절한 packet을 걸러낼 수 있는 적절한 filter가 있어 효율적으로 동작한다. 또한 10BASE-T interface와 100BASE-TX interface를 동시에 제공함으로써 기존에 많이 설치되어 있는 10 Mbps 네트워크와 점점 비중이 늘고 있는 100 Mbps 네트워크 모두에서 동작할 수 있다. 속도에 대한 선택은 netboot가 Ethernet controller를 초기화 하면서 IEEE 802.3 Auto-Negotiation algorithm(NWAY)에 의해 자동으로 이루어진다.

5. PCI-to-ISA Bridge

이 Device는 multi-function device로 다음과 같은 PCI function을 가지고 있다.

1. PCI-to-ISA Bridge (function 0)
2. IDE Controller (function 1)
3. USB Controller (function 2)
4. Power Management (function 3)

이러한 PCI function 외에도 다음과 같은 peripheral controller들을 포함하고 있다.

- 키보드 controller, PS2 마우스 지원
- Real Time Clock
- PCI 버스상에서 기존의 ISA DMA를 지원하기 위한 Distributed DMA

IDE controller를 이용하여 넷캠프에서는 HDD를 장착할 수도 있는데 이는 PC와는 달리 OS나 응용 프로그램을 위한 caching 영역으로만 사용되고 사용자가 일반적으로 데이터를 저장하는 데에는 이용되지 않는다.

6. Super IO

넷캠프에서 사용하는 Super IO에는 여러 가지 기능이 있으나 넷캠프는 그 중 Serial Port (UART)와 Parallel Port 기능만을 사용한다. 이 디바이스는 2개의 full function UART를 지원하는데 넷캠프에서는 COM 1을 Serial Port로 사용하고 COM 2는 Smart Card Interface에서 Serial Data의 Input/Output을 위해 사용한다. Parallel Port는 IBM XT/AT와 호환되며 PS/2 타입의 bi-directional parallel port (SPP), Enhanced Parallel Port (EPP), 그리고 Extended Capabilities Port (ECP) 등의 parallel port mode를 지원한다.

7. 오디오 코덱

넷캠프에서 사용하는 오디오 코덱은 음성 신호 디지털 오디오 칩으로 스테레오 사운드와 FM music synthesis 기능을 제공한다. 이 칩은 Sound Blaster™, Sound Blaster™ Pro version 3.01 및 OPL3™ FM synthesizer와 호환성이 있다. 내장된 믹서를 이용하여 음성과 사운드 및 음악을 녹음, 압축, playback 할 수 있으며 이를 위하여 내부에 music synthesizer, 16-bit stereo wave ADC와 DAC, 16-bit stereo music DAC, MPU-

401 serial port, FIFO를 갖춘 DMA control logic, ISA bus interface logic, 하드웨어 master volume control 등을 가지고 있다.

8. Smart Card

넷챗프는 ISO 7816에 부합되는 스마트카드 인터페이스를 장착하고 있는데 이는 넷챗프가 서버에 접속시 사용자 인증을 위해서 사용되며 전자상거래 등의 사용자 인증이 필요한 소프트웨어를 위해서도 사용될 수 있다.

IV. 결 론

이상으로 넷챗프의 시스템에 대해 살펴보았다. NC는 NC가 지향하는 기본 개념에 충실하면서도 저렴한 가격으로 제공할 수 있어야 하고 또한 사용자가 사용하기 편하도록 설계되어야 한다. 그러면서도 가능한 높은 성능을 유지하여 사용자가 실제로 사용시에 불편을 느끼지 않도록 해야 한다. LG전자의 넷챗프는 이러한 점들을 비교적 충실히 만족시키면서도 일반 데스크탑 PC의 1/10 이하의 작은 크기로 제작이 가능하며 최대 25 watts 정도의 저전력을 소모한다. 곧 PC에 비해 상당히 작은 공간을 차지하며 소비 전력이 작다고 할 수 있다. 이러한 점들은 유지 보수의 편리함과 더불어 넷챗프를 더욱 돋보이게 하는 점들이다. 이러한 장점들로 인해 많은 용도로 넷챗프를 활용할 수 있을 것으로 생각하며 그 날이 하루 빨리 오기를 기대한다.

참 고 문 헌

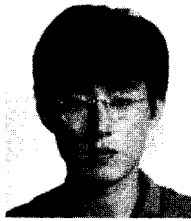
- [1] Digital Semiconductor SA-110 Microprocessor Technical Reference Manual.
- [2] PCI Local Bus Specification, Revision 2.1
- [3] IEEE 802.3 Specification

저 자 소 개



安 承 權

1957年 10月 20日生, 1980年 2月 서울대학교 전자공학 학사, 1982年 2月 서울대학교 전자공학 석사, 1992年 8月 서울대학교 전자공학과 박사, 1982年 3月~1986年 2月 LG전자 중앙연구소, 1995年 2月~1996年 2月 MIT Media Lab, Research Affiliate, 1996年 3月~1997年 12月 LG전자 기술전략팀장, 1998年 1月~현재 LG전자 미디어통신연구소장, 주관심 분야: Digital Signal Processing, Pattern Recognition, Artificial Intelligence



金 炳 喆

1959年 7月 20日生, 1982年 2月 서울대학교 컴퓨터공학과 학사, 1984年 2月 서울대학교 컴퓨터공학과 석사, 1993年 8月 서울대학교 컴퓨터공학 박사, 1984年 1月 LG전자 입사, PC BIOS 개발, VOD SetTopBox 개발, Network Computer 개발, 현재 LG전자 미디어통신 연구소 책임 연구원, 주관심 분야: 멀티미디어 터미널, VOD, NC



禹 峻 錫

1967年 3月 6日生, 1990年 2月 서울대학교 전자공학과 학사, 1992年 2月 한국과학기술원 전기전자공학과 석사, 1991年 2月 LG전자 입사, G4FAX 개발, VOD SetTopBox 개발, Network Computer 개발, 현재 LG전자 미디어통신 연구소 선임 연구원, 주관심 분야: Data Communication, 멀티미디어 터미널, VOD, NC