



## MIPI D-PHY 및 MIPI CSI-2 의 IoT 응용: AI Edge 디바이스

발표자 - Ashraf Taka

Mixel, Inc.



안녕하세요, 제 이름은 Ashraf Takla 입니다, 저는 Mixel 의 창업자이자 CEO 입니다. 오늘 참석해주셔서 감사합니다. 저희 프레젠테이션 주제는 IoT Edge 디바이스 AI 어플리케이션에 MIPI CSI-2 및 D-PHY 사용에 대해 소개입니다.

## Agenda

- Benefits of Edge Processing
- Perceive Ergo® Edge Inference Processor Overview
  - Block diagram
  - target solutions
  - Target Applications
- Why MIPI?
- Why FDSOI?
- Mixel MIPI IP and Silicon Results



우선, 간단히 Edge 컴퓨팅의 장점으로 소개하고, 그 다음으로 Perceive Ergo 과 시스템, 그리고 디바이스의 블록 다이어그램에 대해 알아보겠습니다. 그런 다음 Perceive 가 솔루션과 타겟 애플리케이션을 처리할 수 있다는 것을 다룰 것입니다. 그 후 Perceive 가 MIPI 인터페이스를 사용하는 이유와 FDSOI 프로세스를 선택하게 만든 이유를 설명 할겁니다. 마지막으로, Perceive's 칩에 통합된 Mixel MIPI IPs 과 실리콘 결과에 대한 설명으로 마무리 하겠습니다.

## Benefits of Processing at the Edge

- Latency: able to make decisions in real-time or near real-time vs. increased latency when processing at a data center or in the cloud
- Power savings: smarter devices require less bandwidth, provide less false notifications which can improve battery life
- Security and privacy: reduced chance for breach by reducing transmission of raw data to be processed somewhere else
- Connectivity: in some cases, connecting to broadband or even mobile may not be feasible so local computing is required
- Connection costs: even if connection is available, it may be worthwhile to save bandwidth due to connectivity costs



Edge 처리의 장점에 대해 살펴보겠습니다. 대부분의 AI 애플리케이션에서 빠른 응답은 매우 중요합니다. 실시간으로 결정을 내리게 하면서 굉장히 낮은 레이턴시를 만드는 기능은 필수적입니다. 에지 컴퓨팅은 이처럼 까다로운 요구사항과 요즘 사용자들의 높은 기대치를 충족시키는데 핵심적인 역할을 합니다. Edge 에서 데이터를 처리한다면, 낮은 대역폭을 활용할 수 있어서 시스템 전원이 절약되는 결과를 도출합니다. 또한 오류 알람을 최소화 할 수 있어 배터리 수명도 개선 됩니다.

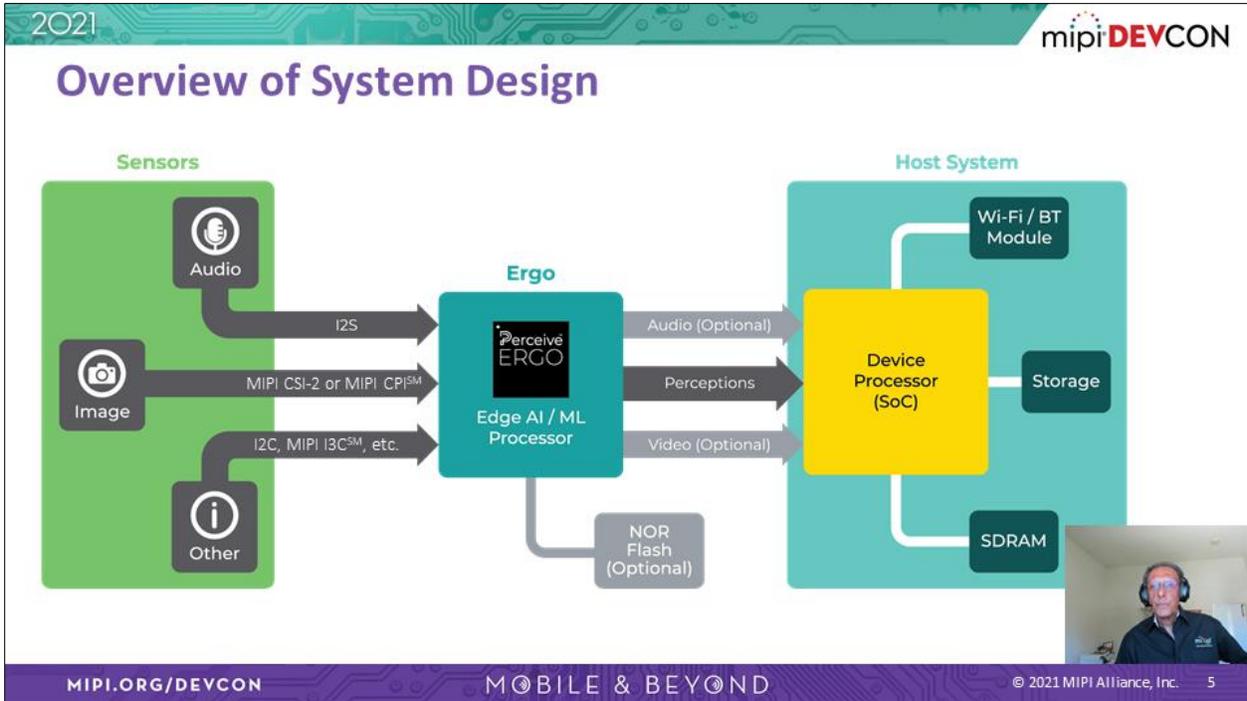
보안 및 개인 정보 보호관점에서 보면, Edge 처리는 원시 데이터가 전송되는 동안 원격으로 처리될 수 있어 유출 가능성을 줄여줍니다. 물론 로컬 Edge 디바이스를 잘 보호하고 안전하게 지켜야합니다. 일부 지역에서는, 광대역 또는 셀룰러 네트워크를 클라우드에 연결할 수 없으므로 로컬 컴퓨팅은 필수적입니다. 연결이 가능한 경우에는, 비용이 장애가 될 수 있으나 Edge 프로세싱을 구축하여 해결할 수 있습니다.

## Perceive ERGO™

- Edge inference processor for use in devices such as security cameras or smart appliances
  - 20-100x more power-efficient, delivering 4 sustained GPU-equivalent floating-point TOPS at 55 TOPS/W
  - Able to process large neural networks in 20mW and supports a variety of advanced neural networks



그럼, 이제 Perceive Ergo 로 넘어가 보겠습니다. AI 를 지원하는 Edge 디바이스에서는 기계 학습이 가능한 프로세서가 필요합니다. Perceive 은 IoT 및 Edge 디바이스용으로 설계되었으며, Ergo Inference 프로세서로 작업을 수행했습니다. 이 제품은 시중에 나와 있는 유사한 디바이스보다 20 배에서 100 배의 전력 효율을 가지고 있습니다. 이 제품은 와트당 55 TOPS 로, 초당 4 개의 GPU 와 동등한 테라 부동소수점 연산을 제공할 수 있습니다. 이 마력은 20 밀리와트를 사용하여 대형 신경망을 처리할 수 있으며 Edge 에서 다양한 고급 신경망을 지원합니다.

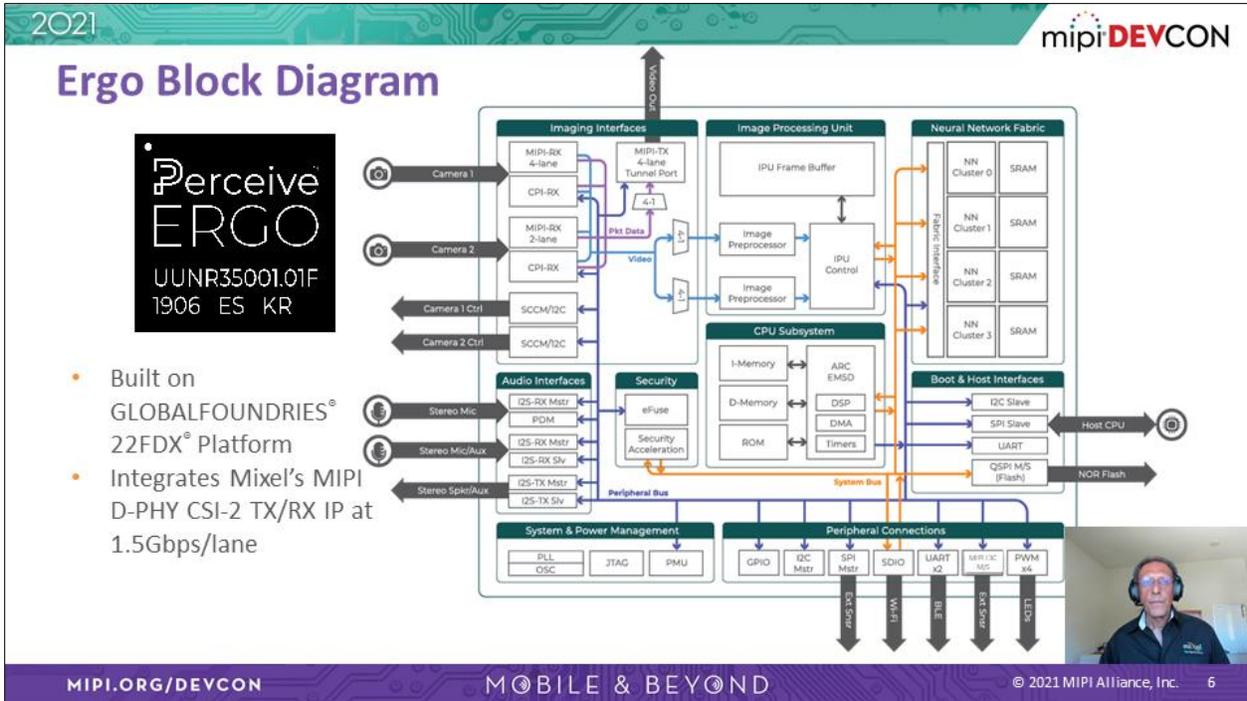


이번엔 Ergo 가 어떠한 방식으로 AI 애플리케이션에 맞는 시스템으로 통합되는지 보여드리겠습니다. 프로세서가 다양한 센서에서 데이터를 가져옵니다.

왼쪽을 보시면, I2S 를 통한 오디오 입력, MIPI CSI 및 CPI 를 통한 비디오 입력, 그리고 I2C 및 I3C 를 사용한 기타 정보들의 입력을 확인 할 수 있습니다.

슬라이드 중간에는 빠른 부팅을 위해 사용된 최신 플래시가 장착된 프로세서가 있습니다.

오른쪽을 보시면, 터널링 애플리케이션에 사용되는 SOC 가 인식과 원시 오디오 및 비디오 데이터를 모두 수신합니다.



이제 Ergo 블록 다이어그램에 대해 살펴보겠습니다. 왼쪽 상단 쪽에 Ergo의 내장된 이미징 인터페이스 섹션이 있습니다. 여기에는 두 개의 MIPI와 두 개의 CPI 입력 및 한 개의 MIPI 출력이 포함됩니다. 두 개의 동시의 이미지를 처리하는 파이프라인, MIPI 4-레인 D-PHY 인스턴스 두개를 사용하는 고성능 4K 하나와, 인스턴스 한 개를 사용하는 표준 고화질 하나가 있습니다.

왼쪽 하단 모서리에서 아래로 이동하면 Ergo의 오디오 인터페이스를 볼 수 있습니다. 이 오디오 인터페이스는 마이크 입력과 스피커 출력을 모두 지원합니다. 그 다음으로, 중앙 하단에 CPU 시스템이 있습니다. 이것의 주요 기능은 관리 작업을 확인하고, 데이터의 흐름, 프로세서와 소통을 하는 것입니다. 일부 오디오 프로세싱은 CPU 서브시스템에 의해 수행되는데 예를 들어, 일시적 스펙트럼으로 변환하는게 있습니다. DSP 엔진은 FFT와 같은 전/후 프로세싱을 합니다. 여러분은 또한 Ergo의 이미지 처리 장치를 상단 중간에서 볼 수 있는데, 이것은 카메라의 원시 이미지를 처리하여 신경 네트워크 구조에 의해 더 쉽게 사용할 수 있게 합니다. 이것은 크기 조정, 잘라내기 및 색 공간 변환과 같은 기능을 합니다.

이 칩은 이미지와 비디오에 대한 추론을 수행할 수 있고, 또한 MIPI 송신기를 통해 비디오를 터널링할 수 있는 기능도 제공합니다. 터널링은 해당 오디오 및 비디오와 함께 경고를 보낼 수 있는 보안과 같은 많은 응용 프로그램에서 유용하게 사용할 수 있습니다. Ergo는 오디오와 비디오 또는 기타 센서 입력을 모두 사용하여 고품질 추론을 생성할 수 있습니다. 예를 들어 우리가 깨지는 소리를 동반한 동작 감지는 보안 애플리케이션에서 보다 신뢰할 수 있는 응답을 도출할 수 있습니다.

이제 Ergo 의 두뇌를 이야기 해보겠습니다. 이건 오른쪽 상단에 보이는 신경망 구조입니다. Ergo 칩은 여러 개의 신경망을 동시에 실행하고 멀티 입력 데이터 유형을 지원할 수 있는 여러 개의 신경망 클러스터를 지원합니다. 예를 들어 오디오와 비디오를 동시에 처리할 수 있습니다.

신경 네트워크 클러스터와 SRAM 은 칩 면적의 3 분의 2 이상을 차지하고 있습니다. 여기서 세분화, 식별, 추론 그리고 기타 등등 기능이 수행됩니다. Ergo 는 내장된 소프트웨어 및 신경 자산에 대해 온칩의 하드웨어 가속 암호 해독을 사용하여 속도를 저하시키지 않고 개인 정보 보호와 보안을 보호하도록 설계되었습니다.

## Perceive Target Solutions

- Video Object Detection
  - Enables home or enterprise security to detect interesting motion and ignore false alerts
- Audio Event Detection
  - Able to detect critical sounds around the device to improve safety and contextual awareness
- Face Recognition
  - Can be used as standalone biometric or part of multi-factor authentication to unlock devices or objects
- Speech Recognition
  - Used for wakeup words, device-specific commands, and natural language interfaces for smartphone, smart toy, or home appliance



Perceive 은 에지 장치가 해결하려는 특정 문제를 대상으로 합니다. 감지에는 시각 또는 오디오의 두 가지 주요 유형이 있습니다. 이러한 각 항목을 사용하여 환경 내의 개체를 감지하고 사용자를 인식할 수 있습니다. 비디오 개체 감지는 흥미로운 동작을 감지하기 위해 가정 또는 기업 보안에 사용되며 잘못된 허위 경고는 무시합니다. 오디오 감지는 장치 주변의 중요한 소리를 감지하여 안전성과 상황 인식을 향상시킬 수 있습니다. 얼굴 인식은 독립형 바이오메트릭 또는 다중인증으로 잠금 디바이스나 물체를 해제할 수 있습니다. 음성 인식은 웨이크업 단어, 디바이스별 명령, 그리고 스마트폰, 가전제품, 스마트 장난감의 자연어 인터페이스에 사용됩니다.

다음으로는, 일부 특정 사용 사례에서 인식된 디바이스를 대상으로 하는 다른 유형의 애플리케이션을 설명하겠습니다.

## Perceive Target Applications

- Smart Home – Security Cameras and Doorbells
  - Detect interesting motion and ignore false alerts
  - Recognize faces, voices, and people
  - Detect relevant objects – animals, packages, vehicles, etc.
  - Use voice for local commands
  - Detect important sounds – alarms, people, glass breaking, etc.
  - Describe people, vehicles, or even the actions in a scene



모든 다른 애플리케이션은 동일한 Ergo 기능 또는 그 중 일부를 사용합니다. 그래서, 굉장히 많은 유사점들이 있습니다. 각자가 가지고 있는 기능이 바로 각 사례들의 차이점입니다.

보안 카메라와 초인종 같은 스마트 홈 애플리케이션을 살펴보겠습니다. 이러한 종류의 애플리케이션에 이런 프로세서를 사용할 때, 시스템은 관련된 동작을 감지하고 잘못된 허위 경고를 무시합니다; 얼굴, 목소리 및 사람을 인식하며 동물, 패키지, 차량과 같은 관련 물체를 감지합니다. 또한 음성 또는 로컬 명령을 사용합니다. 알람, 사람, 유리 깨지는 소리 등과 같은 중요한 소리를 감지합니다. 사용자에게 차량 또는 동작의 장면을 설명할 수도 있습니다.

## Perceive Target Applications

- Wearables
  - Detect important sounds around the user
  - Use local voice commands and advanced wake words to simplify device UI
  - Recognize faces, people, voice, and emotions
  - Detect relevant objects around the user
  - Integrate data across multiple sensors



웨어블의 같은 경우에는, 사용자 주변의 중요한 소리를 감지하고 로컬 음성 명령과 고급 웨이크업 단어를 사용하여 사용자 인터페이스를 단순화 시켜 줍니다. 또한 얼굴, 목소리, 감정을 인식하고 사용자 주변의 관련 물체를 감지하고 여러 센서에 걸쳐 데이터를 통합할 수 있습니다.

## Perceive Target Applications

- Portable computing
  - Detect and recognize people and faces
  - Detect other relevant objects and sounds
  - Recognize voices and local voice commands
  - Track emotions, attention, and eye location
  - Blur or replace video conference backgrounds
  - Improve audio or video signal



다음으로 휴대용 컴퓨팅이 Ergo 기능을 어떻게 사용할 수 있는지 간략히 살펴보겠습니다. 이 시스템은 이미 언급한 모든 기능 외에도 내장된 카메라와 스마트폰을 사용하여 눈 위치를 추적하고 사용자의 감정과 의도를 해석할 수 있습니다. 또한 비디오 회의 배경을 흐리게 하거나 바꿀 수 있으며 오디오 및 비디오 품질을 향상할 수 있습니다.

## Perceive Target Applications

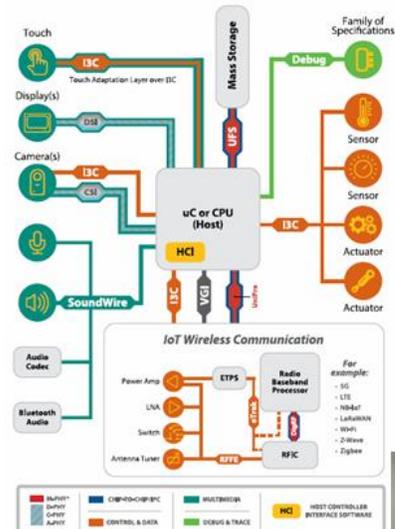
- Video conferencing
  - Detect and track people, faces, and voices
  - Recognize individual faces and voices
  - Audio noise reduction and intelligent muting
  - Use gesture or voice for touchless control
  - Blur or replace video conference backgrounds
  - Gaze correction and audience analytics
  - Detect other relevant objects and sounds



비디오 화상 디바이스를 보시면, Ergo 는 휴대용 컴퓨팅과 같은 방식으로 사용되고, 뿐만 아니라 터치리스 제어의 제스처나 음성도 지원할 수 있습니다. 또한 시선 보정 및 시청자 분석 기능도 가지고 있습니다.

## Why MIPI

- MIPI was designed from the ground up to minimize power requirements while supporting high bandwidth and strict EMI requirements
- Many edge applications are battery operated
- MIPI CSI-2 is widely adopted for sensor applications
- MIPI D-PHY is the first and most widely adopted MIPI PHY today



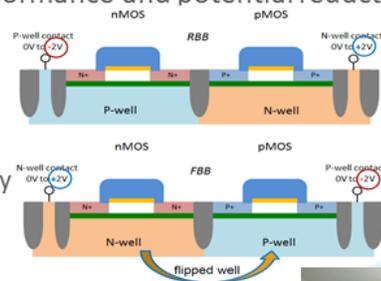
Typical IoT Device with cellular connectivity using many MIPI specifications



이제는 왜 Ergo 에서 MIPI 가 사용 되었는지 관심을 돌려보겠습니다. MIPI 는 높은 대역폭과 엄격한 EMI 의 요구사항을 충족하면서 전력을 최소화하도록 처음부터 설계되었습니다. 많은 Edge 응용 애플리케이션은 배터리로 작동되므로 완벽하게 들어맞습니다. MIPI CSI-2 와 D-PHY 는 모두 센서 적용을 위해 널리 배포됩니다. D-PHY 는 현재 시장에서 최초이자 가장 널리 사용된 MIPI PHY 입니다. 이 블록 다이어그램에는 MIPI, CSI 및 PHY 를 사용하는 일반적인 IoT 디바이스가 있습니다. D-PHY 또는 C-PHY 가 카메라 및 디스플레이 애플리케이션을 모두 지원하는데 사용되는 것을 볼 수 있습니다.\

## Why FDSOI

- FDSOI provides the right mix to achieve better performance, with lower power, at lower cost—without the need to move to more costly FinFET processes
- Compared with bulk silicon, FDSOI provides additional flexibility, due to the programmability of body bias, resulting in higher performance and potential reduction in power and area
  - Body biasing allows trade-off between dynamic and leakage power resulting in lowest possible power consumption for workload and operating conditions
  - Reverse Body Bias (RBB) can be applied during stand-by mode to drastically reduce leakage current
  - FDSOI enables performance/frequency boost through Forward Body Bias (FBB)
- No wonder FDSOI is widely adopted for IoT devices!



FDSOI:  
 • Fully-Depleted Silicon-On-Insulator  
 • Planar process similar to bulk

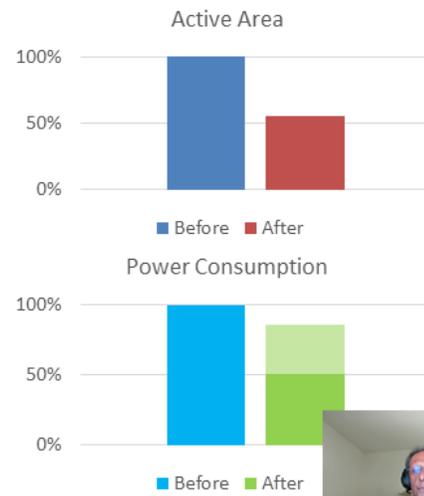


Perceive 가 FinFET 대 FDSOI 프로세스중 FDSOI 를 선택한 이유는 무엇일까요? 먼저 전형적인 FDSOI 트랜지스터의 단면을 살펴보겠습니다. 여기서 채널은 벌크에서 분리되어 있어 정방향 또는 역방향 바이어스를 적용하여 트랜지스터의 임계값과 누설 전류를 제어할 수 있습니다. FDSOI 는 이러한 특징과 본질적으로 낮은 기생성으로 인해 더 많은 비용이 드는 finFET 프로세스로 이동할 필요 없이 낮은 전력과 낮은 비용으로 더 높은 성능을 달성할 수 있는 적절한 기능을 제공합니다. 벌크 실리콘에 비해 FDSOI 는 낮은 기생성과 프로그램 가능성으로 인해 더 높은 성능과 전력 및 면적의 잠재적 감소를 달성할 수 있도록 합니다. 그러나 이러한 편향을 통해 다이내믹 전력과 누출 전력 간의 균형을 유지하여 특정 작업 부하 및 작동 조건에 대한 전체 전력 소비량을 최소화할 수 있습니다. 예를 들면, 대기 모드 중에 역전 본체 바이어스를 적용하여 누설 전류를 크게 줄일 수 있습니다. FDSOI 는 또한 전방의 본체 바이어스를 통해 성능과 속도 향상을 가능하게 합니다.

FDSOI 가 IoT 디바이스에 널리 쓰이는 것은 놀랄 일이 아닙니다.

## Power and Area Saving Evaluation

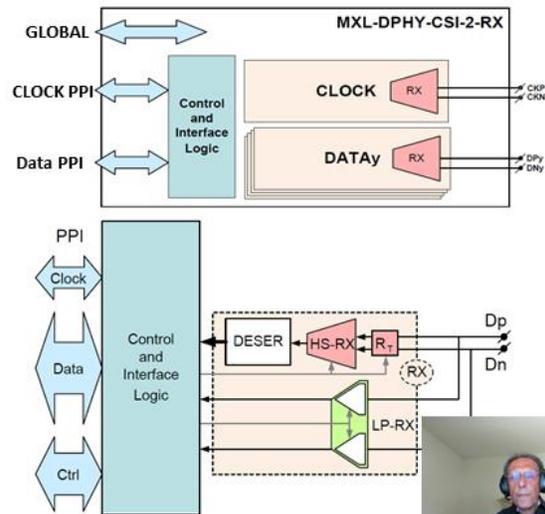
- By applying Forward Body Bias (FBB), device size was minimized while maintaining the same performance
- By adjusting the FBB and RBB based on PVT you can either reduce the area or the power or both
- Achievable power and area savings for FDSOI process:
  - Active area reduction of ~55%
  - Power reduction of 14-50% across PVT



이러한 이점을 수량화하기 위해 몇 가지 분석을 했습니다. 면적((Active Area)를 절약하고 전력을 줄이기 위해 전방 편향을 적용했습니다. 이를 통해서, 성능 저하 없이 PVT(공예, 전압, 온도)조건 아래, 활성 면적을 최대 55%까지 줄일 수 있고, 전력은 최대 50%까지 줄일 수 있음을 발견했습니다.

## Mixel MIPI Receiver IP

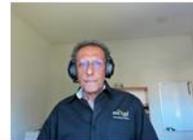
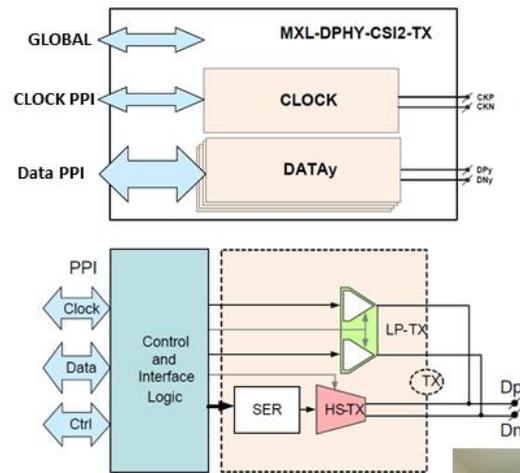
- MIPI D-PHY CSI-2 RX IP
- Supports MIPI D-PHY v2.1 with backwards compatibility for v1.2 and v1.1
- High-speed transmitter running at 2.5Gbps/lane
- Low-power transmitter running at up to 80Mbps/lane
- 2 and 4 data lanes and 1 clock lane configurations
- Area optimized
- Achieved first time silicon success



이제 Ergo 에 통합된 Mixel MIPI PHYs 를 살펴보겠습니다. MIPI 수신기 및 전송 Ips 를 겸비한 Perceive 는, 실리콘이 다른 FDSOI 프로세스에서 입증했으며 이는 22FDX 에 리포트되기 전입니다. 수신기 측에서는, 두가지 버전의 CSI-2 D-PH 가 서로 다른 최적화된 영역을 구성하는데, CSI-2 D-PH 의 2 차선 및 4 차선 버전이 있습니다. 두 가지 모두 v1.2 및 v1.1 과 역 호환되는 MIPI D-PHY 2.1 을 지원합니다. 두 구성 모두 차선당 초당 최대 2.5 기가비트까지 실행되며, 차선당 최대 80 메가비트까지 실행되는 저전력 모드를 지원합니다.

## Mixel MIPI Transmitter IP

- MIPI D-PHY CSI-2 TX IP
- Supports MIPI D-PHY v2.1 with backwards compatibility for v1.2 and v1.1
- High-speed transmitter running at 2.5Gbps/lane
- Low-power transmitter running at up to 80Mbps/lane
- 4 data lanes and 1 clock lane
- Area optimized
- Achieved first time silicon success



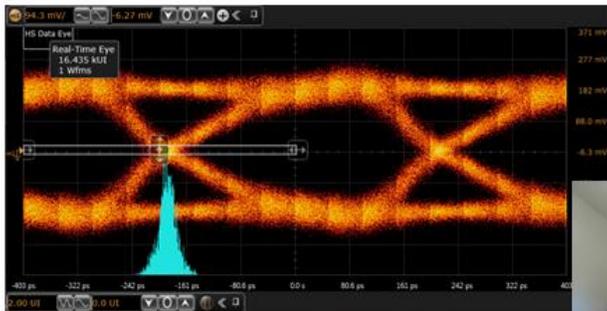
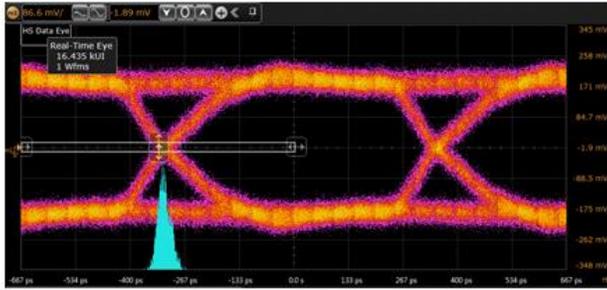
발사단(TX)측을 보시면, Perceive 에 최적화된 4 차선 CSI-2 D-PHY 을 제공합니다. 또한 이 IP 는 MIPI D-PHY 버전 2.1 을 지원하며 차선당 초당 2.5 기가비트로 실행되는 고속 송신 모드를 갖추고 있습니다. 이 송신기는 퍼널링 기능을 지원합니다.

# Silicon Results

MIPI D-PHY TX @ 1.5Gbps



MIPI D-PHY TX @ 2.5Gbps



이 페이지를 보시면 TX IP 가 차선당 초당 1.5 기가바이트 및 차선당 초당 2.5 기가바이트로 실행되는 아이 다이어그램을 보실 수 있습니다. Perceive 은 Mixel IP 로 처음으로 성공을 거두었고 현재 생산 중에 있습니다.

## Mixel IP in FDSOI Processes

IP Name	Features	Node
D-PHY Universal	V1.2; 2.5Gbps; De-skew; loopback testability.	Silicon-Proven in 28FDSOI
D-PHY Universal	800Mbps; Ultra low power; Wearables, IoT.	
D-PHY DSI TX	1.5Gbps; low Skew; Test modes.	
D-PHY CSI-2 RX	1.5Gbps; Test modes.	
LVDS TX	1.25Gbps; 4 Channel; 7 or 10 bits/channel	
LVDS TX	1.25Gbps; 8 Channel; 7 or 10 bits/channel	
LVDS/D-PHY TX Combo	1.05Gbps; 4 Channel; Test modes.	
LVDS/D-PHY TX Combo	1.05Gbps; 8 Channel; Test modes.	
D-PHY CSI-2 TX	2.5 Gbps/lane; 4 lanes	Silicon-Proven in 22FDX
D-PHY CSI-2 RX	2.5Gbps/lane; 2 or 4 lanes	
D-PHY CSI-2 RX	2.5Gbps/lane; 2 or 4 lanes	



다음은 Mixel 실리콘이 입증한 IP 에 두가지 서로 다른 FDSOI 노드와 파운드리에 대한 소개를 간략하게 하겠습니다. LVDS 및 D-PHY, LVDS 콤보 IPs 와 함께 D-PHY, 송신기, 수신기 및 범용 차선 구성이 혼합된 것을 보실 수 있습니다. 이러한 모든 IP 들은 실리콘이 최초로 입증한 성공작입니다.

## Mixel MIPI PHY Portfolio

- Industry leader in MIPI® interfaces and contributing member of the MIPI Alliance since 2006
  - MIPI D-PHY first silicon-proven in 2008
  - MIPI M-PHY® first silicon-proven in 2011
  - MIPI C-PHY first silicon-proven in 2016
- Complete integrated solution includes PHY, controller, and platform
- Widest coverage of process nodes and foundries: silicon-proven in 11 different nodes and 8 different foundries



Mixel 에 대해 잘 모르시는 분들을 위해 조금 더 설명을 드리자면, 당사는 MIPI 인터페이스의 업계 선두 업체이며 2006 년부터 MIPI Alliance 에 일원으로 참여하고 있습니다. 저희는 2008 년에 실리콘이 처음으로 입증한 MIPI D-PHY, 2011 년에 실리콘이 처음으로 입증한 MIPI M-PH, 그리고 2016 년에 실리콘이 처음으로 입증한 MIPI C-PHY 까지 MIPI 의 오랜 역사를 가지고 있습니다. 저희는 PHY, 컨트롤러 및 FPGA 플랫폼을 포함한 완전한 통합 솔루션을 제공합니다. 저희는 당사가 MIPI PHYs 를 위한 프로세스 노드와 파운드리를 가장 폭넓게 보유하고 있다고 생각합니다. 실리콘이 입증한 11 개의 노드와 8 개의 파운드리를 가지고 있습니다.

## Conclusion

- Edge computing provides many benefits including the ability to make decisions in real time, with very low latency
- MIPI specifications are uniquely designed to enable low power, high bandwidth requirements of IOT & edge devices
- FDSOI provides high performance with lower power at lower cost
- Processors like Perceive Ergo enable AI processing at the edge to make connected devices smarter, resulting in lower latency, improved battery life, and better security
- Mixel MIPI PHY IP enables SoC designers to leverage the benefits of MIPI with silicon-proven designs in FDSOI, lowering project risk



이제 발표를 간략히 정리하면서 마무리하겠습니다. Edge 컴퓨팅은 매우 짧은 레이턴시로 실시간 의사 결정을 내릴 수 있는 기능을 포함하여 많은 이점을 제공합니다. MIPI 사양은 모바일 및 Edge 디바이스용 저전력 고대역폭 애플리케이션을 지원하기 위해 고유하게 개발되었습니다. FDSOI는 FinFET 기술에 비해 낮은 전력과 비용으로 고성능 애플리케이션에 적합합니다. 따라서 MIPI 사양과 FDSOI 기술이 Edge 디바이스에 매우 적합하게 만듭니다.

Perceive Ergo 와 같은 프로세서는 Edge 에서 AI 처리를 가능하게 하여 IoT 디바이스를 더욱 똑똑하게 만들고, 레이턴시를 단축하며, 더 나은 배터리 수명과 보안을 향상시킵니다.

Mixel 은 Perceive SOC 설계자들과 긴밀히 협력하여 실리콘이 입증한 FDSOI IP 들에서 MIPI 의 이점을 활용하여 최초로 실리콘 성공과 대량 생산을 위한 최단 경로에 달성했습니다.



오늘 참석해 주신 모든 여러분께 감사드립니다.

- [From Cloud to Edge](#)
- [A look at examples of IoT devices and their business applications in 2021](#)
- [What is edge computing? Everything you need to know](#)
- [Edge Intelligence Makes Smart Homes Truly Intelligent](#)
- [Autonomous Vehicles Drive AI Advances for Edge Computing](#)
- [Smart manufacturing and the IoT are driving the Industry 4.0 revolution](#)
- [Smart Manufacturing: Cloud vs. Edge Computing](#)
- [MIPI White Paper: Enabling the IoT Opportunity](#)
- [It's Time to Look at FDSOI Again](#)