

CMOS APS 센서의 인공위성응용사례

글 / 주 광 혁 ghju@kari.re.kr, 박근주, 박영웅, 이훈희

한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단 통해기체계팀

초 록

최근들어 오래전부터 컴퓨터의 프로세서와 메모리를 만드는데 사용해 오던 CMOS 공정을 이용하여 이미지 센서를 생산하는 기술이 개발되어 저가격 다량생산과 저전력소모 등의 장점을 무기로 하여 핸드폰카메라와 일반 비디오카메라를 필두로 빠르게 CCD를 대체해나가고 있으며 인공위성의 대표적인 자세측정용 센서인 별센서, 태양센서, 지구센서와 지구관측 또는 우주관측을 위한 영상탐재체에도 빠른 신호처리와 우주환경에서의 높은 내구성으로 인하여 CMOS 이미지센서의 활용이 점차 확대되어 가고 있는 실정이다.

본 논문에서는 먼저 CCD와 CMOS APS 센서의 작동원리와 각각의 장단점을 비교, 분석하고 인공위성 자세결정용 센서인 별센서와 태양센서 및 영상탐재체를 중심으로 한 CMOS APS 센서의 응용사례를 조사, 분석한 결과를 제시하였다.

주제어 : CCD, APS, CMOS 이미지센서, 인공위성, 자세센서, 영상탐재체

1. 서 론

1969년 미국 벨 연구소에서 새로운 형태의 컴퓨터용 반도체 메모리 및 비디오 카메라용 이미지 센서로 개발된 이래 디지털 카메라의 대표적인 이미지 센서로 자리매김해온 CCD (Charge Coupled Device)는 높은 조명감도와 뛰어난 색상, 낮은 노이즈 등의 장점으로 인하여 핸드폰/비디오카메라에서부터 허블망원경과 같은 우주용 천문관측장비에 이르기까지 방송, 사무, 보안, 천문관측 및 과학제반분야에 걸쳐 다양한 분야에 사용되고 있다.

한편, 최근들어 오래전부터 컴퓨터의 프로세서와 메모리를 만드는데 사용해 오던 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 공정을 이용하여 이미

지 센서를 생산하는 기술이 개발되어 저가격 다량생산과 저전력소모 등의 장점을 무기로 하여 핸드폰카메라와 일반 비디오카메라를 필두로 빠르게 CCD를 대체해나가고 있으며 인공위성의 대표적인 자세측정용 센서인 별센서, 태양센서, 지구센서와 지구관측 또는 우주관측을 위한 영상탐재체에도 빠른 신호처리와 우주환경에서의 높은 내구성으로 인하여 CMOS 이미지센서의 활용이 점차 확대되어 가고 있는 실정이다.

본 논문에서는 먼저 CCD와 CMOS APS(Active Pixel Sensor) 센서의 작동원리와 장단점을 열거하고 인공위성 자세결정용 센서인 별센서와 태양센서 및 영상탐재체를 중심으로 한 CMOS APS 센서의 응용사례를 조사, 분석한 결과를 제시하였다.

2. CCD와 CMOS APS 센서

CCD(Charge Coupled Devices)는 반도체소자의 일종인 전하결합소자를 말하며 하나의 소자로부터 인접한 다른 소자로 전하를 전송할 수 있는 소자를 말한다. CCD센서의 경우, 렌즈로 들어온 영상이 각각 픽셀(pixel)이라 불리는 수평면에 결상되는데 각 픽셀은 그 빛에 대한 전하를 저장하고 이 전하의 크기로 명암 정도를 판단한 후 변환장치로 보내 전기신호로 변환시켜 출력하는 방식이다. 아날로그 신호로 출력된 영상은 A/D변환기에 의해 디지털로 변환되어 마이크로프로세서에 의해 전달되어 별센서와 태양센서의 경우에는 자세정보 측정을 위한 후속처리가 이루어지게 된다. CCD 방식은 영상 신호처리 영역이 작은 CMOS 방식에 비해 미세한 표현과 섬세한 색상구분이 가능하므로 오늘날 가장 널리 사용되는 형태의 별센서이다.

APS(Active Pixel Sensor)라 불리는 CMOS영상소자는 소비전력과, 크기 그리고 가격에서의 이점이 CCD를 필요로 하는 많은 영상기에 급속도로 확산되는 추세에 있다. 초기 CMOS는 공정기술의 부족으로 인하여 FPN(Fixed Pattern Noise)을 비롯한 노이즈로 인한 영상의 질이 CCD에 비해 열등하고, CCD 대비 회로가 복잡하며 패키지 집적도가 낮고 비용 측면에서 CCD에 비해 차이가 없는 관계로 개발이 포기되었다가 CMOS 공정기술이 획기적으로 개선되기 시작한 1990년대 "Amplified MOS Imager" 발표를 시작으로 1993년 Edinburgh 대학에서 CMOS 형 카메라 칩을 발표하였으며, JPL에서 CMOS 형 APS를 발표하여 본격적인 CMOS 영상센서의 개발이 시작되었다.

CCD와는 달리 CMOS영상센서는 수광센서배열부와 같은 'Die'에 아날로그 신호와 디지털 신호의 프로세싱회로를 집적하여 표준적인 CMOS반도체 공정으로 만들어진다. 과거에는 CMOS영상센서가 CCD에 비해 영상의 질이 매우 떨어졌으나, APS 기술에 있어서의 새로운 개발품들은 이러한 단점들을 짧은 시간 안에 극복하고 있어 아직 여러 가지의 검증이 필요하겠지만 CCD보다 CMOS영상센서의 역할이 보다 곧 지배적이 될 것 이라는 데는 큰 이견이 없어 보인다.

APS의 구조는 빛을 받아들이는 수광부의 경우 CCD와 같이 픽셀(포토타이오드 또는 포토트랜지스

터)로 이루어져 있으나 각각의 픽셀 내에 포토디텍터와 영상 해독용 증폭기(Amplifier)가 결합되어 내장되어 있어서 픽셀에서 픽셀로 전하가 전달되는 CCD 방식과는 달리 단일 픽셀의 영상 신호가 X-Y 금속와이어를 통해 바로 전달되는 구조를 갖고 있다. A/D 변환기가 소자에 포함되어 있어 별 센서의 경우, 중심 찾기(Centroiding) 알고리즘을 구현한 로직을 소자에 포함시킬 수 있을 뿐 아니라 탑재 컴퓨터 하드웨어에도 바로 연결할 수 있으며, CCD에 비해 전력소모도 훨씬 적은 장점이 있어 소형 저전력이 요구되는 초소형 위성에도 적용할 수 있는 장점이 있다.

표 1. CCD vs. CMOS 센서의 특성 비교

	CCD	CMOS APS
센서/주변장치	분리	통합가능
응답성	낮음	높음
감도/선명도	높음	낮음
잡음	낮음	높음
픽셀 균일성	양호	상대적 열세
암전류특성	양호	상대적 열세
영상처리속도	느림	빠름
Antiblooming	양호	일부 양호
가격	상대적 고가	상대적 저가
생산		대량생산 가능
소비전력	높음	낮음
우주환경 내구성	보통	좋음

삼성, 하이닉스, 아남, Sony, Cannon, Kodak, Micron, Fairchild Imaging, Fill Factory 등 세계 유수의 반도체 회사 및 영상센서 공급업체를 중심으로 상용 CMOS 센서의 생산과 개발이 활발히 이루어지고 있는데 반해, 우주용 CMOS 센서의 경우 그 수요가 급격하게 확대되지 않은 관계로 Fill Factory, IMEC 및 Rockwell Scientific등 소수에 그치고 있는 실정이다.

3. CMOS센서의 인공위성응용사례

3.1 영상탑재체 응용사례

CMOS 센서가 영상탑재체를 통한 우주임무에 활용된 사례는 CCD에 비해서는 그 활용사례가 많지 않지만 미

국과 유럽을 중심으로 조금씩 확대되어 가는 추세이다. 우선 미국의 Deep Space-1 미션의 탑재체인 MICAS (Miniature Integrated Camera Spectrometer)에 256 x 256급의 CMOS 센서가 활용된 바 있으며 유럽의 경우 1997년 Ariane 5의 최초 발사위성인 TEAMSAT 미션의 VTS(Visual Telemetry System) 과 2007년 발사에 정인 PROBA-2 위성의 태양관측용 탑재체인 SWAP에도 활용될 예정이다. 또한 한국항공우주연구원과 Astrium 이 공동으로 개발중인 통신해양기상위성(COMS)의 해양 탑재체에도 CMOS 센서가 사용될 예정이다.

▪ SWAP (Sun Watcher using APS detectors and image Processing)

Proba-2 위성에 탑재되는 SWAP이라는 탑재체가 임무 성능을 향상시키기 위해 CMOS 센서를 사용한 것에 대해 간략히 설명한다.

먼저 Proba 위성에 대해 설명하면, 이 위성은 유럽의 GSTP(General Support Technology Programme)의 재정 지원을 받아 ESA(European Space Agency)가 수행하는 궤도상 기술 검증 프로그램의 일환으로 개발되는 위성이다. Proba-1 위성은 2001년 10월에 발사되었고 그 임무는 고성능 자세제어 및 지향 능력을 검증하기 위한 것으로 설계수명이 2년이었는데 현재까지 운용되고 있다. 그리고 Proba-2 위성(그림 1. 참조)이 소형 및 저비용을 지향하는 ESA 시리즈의 차세대 위성으로 2007년 9월에 발사될 예정인데 과학 임무를 수행하게 될 것이다. 이에 이 위성에는 SWAP이라는 탑재체 이외에도 과학임무를 수행하게 될 3개의 탑재체가 같이 탑재된다. 태양관측 임무를 위해 SWAP과 LYRA(LYman-alpha RAdiometer)가 있고, SWAP은 매우 좁은 태양의 코로나 밴드를 측정하지만 LYRA는 4개의 넓은 극자외선 스펙트럼 밴드를 관측하게 된다. SWAP은 벨기에의 CSL(Centre Spatial de Liege)에서 개발되고 LYRA는 역시 벨기에의 ROB(Royal Observatory of Belgium)에서 개발된다. 또한, 우주 기상관측을 위해 DSLP (Dual Segmented Langmuir Probes)와 TPMU (Thermal Plasma Measurement Unit)가 있고, DSLP는 지구 자기장의 백그라운드 플라즈마에 있는 전하 밀도와 온도를 관측하며 TPMU는 이온 밀도와 구성을 관측하게 된다. DSLP와 TPMU는 모

두 체코 연구기관인 IAP(Institute of Atmospheric Physics)에 의해 개발되고 있다.

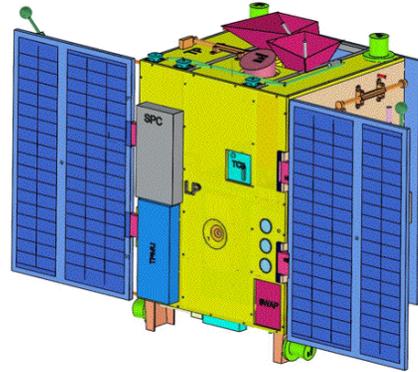


그림 1. Proba-2 위성

다음으로 SWAP(그림 2. 참조)에 대해 더 설명하면, 이 탑재체는 ESA-NASA에서 공동으로 1996년에 태양관측을 위해 발사된 SOHO(Solar and Heliospheric Observatory) 위성에 탑재된 EIT(Extreme ultraviolet Imaging Telescope) 탑재체의 후속모델이다. 17.5 nm 주위의 극초적외선 밴드 영상에서 고속의 태양풍 소스(coronal holes), 태양 플레어의 잠재적 소스(active regions), 잠재적 분화 영역(filaments) 정보를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 SWAP 정보는 우주기상관측과 예보에 핵심적인 역할을 할 것이다.



그림 2. SWAP 탑재체 형상

마지막으로 이러한 SWAP의 관측 능력을 가질 수 있는 것은 내부에 구성된 감지 소자에 CMOS를 채택한 결과이다. CMOS는 극초자외선에 대한 감별력을 향상

시키는 신틸레이터(Scintillator)층으로 코팅되어 우주 환경에서 태양의 극초자외선 영상을 관측하는데 강점이 있다. 특히, 복사 저항, 향상된 노이즈 감쇠, 무서터 운용 그리고 기억장치에서 저장된 내용을 지우면서 읽지 않는 특성을 갖고 있다. CMOS가 놓여지는 초점면과 광학계는 구조적으로 안정되어 있고 열적 변화에 강한 광학벤치 위에 장착되고, 경량구조물에 의해 SWAP의 2개 거울은 50 μm보다 좋은 안정도를 갖는다. CMOS에 태양광을 최적으로 맺히게 하는 광학계는 54 arcmin의 시야각을 갖고 있으며 타원형 주거울과 구형 보조거울로 구성되어 있다.

▪ GOCI (Geostationary Ocean Color Imager)

COMS(Communication, Ocean and Meteorological Satellite) 위성에 탑재되는 GOCI라는 해양탐색체가 임무 성능을 만족시키기 위해 CMOS 소자를 사용한 것에 대해 설명한다.

COMS 위성(그림3. 참조)은 2008년 말에 발사될 예정으로 3개의 임무(기상 및 해양관측, 통신)를 수행하게 되는 정지궤도 복합위성이다. 이 위성은 한국에서 발주한 것으로 연구기관인 한국항공우주연구원(KARI)과 프랑스 위성체 제작회사인 EADS Astrium이 공동으로 개발하고 있다. 또한, 여기에 탑재되는 기상탐색체는 미국의 ITT에서 제작하고, 통신탐색체는 한국의 전자통신연구원(ETRI)이 Ka-밴드 중계기를 제작하며, 해양탐색체는 EADS Astrium이 정지궤도급으로 세계 최초의 상용화를 목표로 개발하고 있다. 이러한 복합임무에 해양관측의 경우 한반도 주변의 해양을 500 m급 해상도로 8개 가시영역 채널을 1시간 간격으로 30분씩 낮에는 8번, 밤에는 2번 촬영을 하는 것이다. 이렇게 관측된 영상을 통해 한반도 주변 해양환경 및 해양생태 감시를 위한 정보와 해양의 클로로필 생산량 추정 및 어장 정보를 얻게 된다.

EADS Astrium은 8년의 CMOS 영역에서의 경험을 바탕으로 2 메가픽셀 2차원 CMOS 소자(그림 4. 참조)를 채택하여 정지궤도급 해양탐색체(그림 5. 참조)를 개발하고 있다. 이 CMOS 는 전자장비의 저비용 및 저위험도, 고속 운용과 저전력소비, 메모리 접속의 유연성, 복사 우주환경에서의 안정된 동작 등과 같은 특성이 있다.

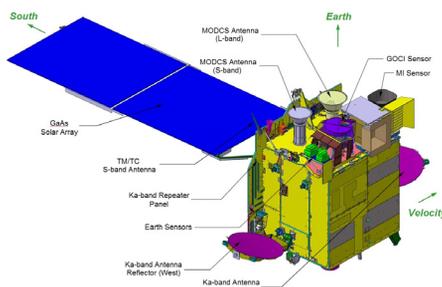


그림 3. 통신해양기상위성 (COMS)

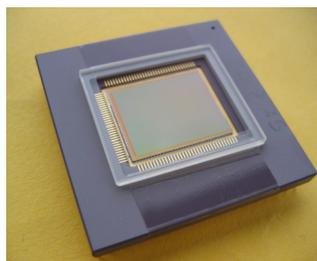


그림 4. GOCI 2D CMOS 소자

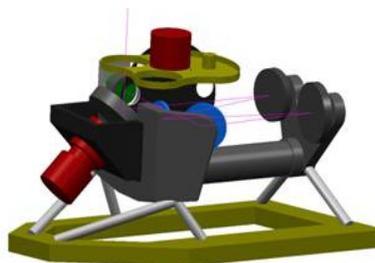


그림 5. GOCI 탑재체 예비설계 형상

표 2. CMOS 기반의 영상탐색체 비교

	SWAP	GOCI
탐색 위성체	Proba-2	COMS
발사 시기	2007. 9월	2008년 12월
운용 궤도	태양동기궤도	정지궤도
관측 용도	태양 관측	한반도 해양 관측
관측 대역	17.5 nm	가시영역 8 채널
관측 시간	24 시간	30분씩 10회
영상 획득시간	1 분	max 8 초/채널
시야각	54 arcmin	1 deg
반사 거울	2개	5개
제작사	벨기에 CSL	프랑스 Astrium
CMOS 픽셀	1024 x 1024	1415 x 1432
픽셀 분해능	2300km on Sun	500m on Earth
무게	10 kg	75 kg
소비 전력	5 W	150 W

3.2 Star Tracker 응용사례

90년대 후반에 들어서면서 미국의 NASA JPL (Jet Propulsion Laboratory)을 필두로 CCD소자를 대체할 수 있는 CMOS APS를 이용한 Star Tracker(이하 별센서)의 연구가 활발하게 진행되었다. NASA JPL의 Fossum 등이 APS를 별센서에 적용가능하다는 분석을 내 놓은 이후 여러가지의 사전 연구를 거쳐 1998년에 JPL의 Eisenman등이 APS를 채택한 다목적 별센서의 시제품을 개발하였는데[8], Programmable Intelligent Microtracker라고 명명한 이 별센서는 256 x 256의 디지털 APS와 32비트의 RISC 마이크로컨트롤러를 탑재하였으며 400 g의 중량에 400mW 소모전력, 3 arcsec의 정밀도를 가진 소형이면서도 자율기능이 포함된 고성능의 별센서이다. 한편 미국의 AFRL(Air Force Research Laboratory)에서는 APS보다 민감도와 동적 성능이 뛰어난 APPS를 이용하여 0.2 arcsec수준의 자세정밀도와 2W이하의 전력소모, 0.2kg의 중량을 설계목표로 하여 Texas Instrument의 TMS320C6000시리즈 DSP칩과 SRAM을 내장한 초소형 별센서의 시제품을 개발하였다.[9] 2000년대에 들어서서 Ball Aerospace를 비롯한 미국의 주요 별센서 공급업체들은 아직 CMOS 센서기반의 별센서를 개발, 판매하고 있지 않으나, AstroAero사에서 CMOS센서를 이용하여 소형위성급 별센서를 상용화하는 데 성공하였으며 Draper Lab과 NASA 등에서 CMOS센서를 기반으로 한 별센서의 시제품을 개발한 바 있다.

한편, 유럽의 경우 ESA와 영국의 RAL을 비롯한 기관에서 CMOS센서기반의 별센서의 시제품을 개발한 바 있으며 EADS Sodern, 독일의 Jena Optronik, 그리고 이탈리아의 Galileo Avionica (Finmeccanica Co.의 Subsidiary)에서는 상용화에 성공, 저궤도와 정지궤도용으로 공급하고 있다.

▪ MST(Miniature Star Tracker)

미국의 AeroAstro사에서 개발되어 공급중인 MST는 1M 픽셀급의 CMOS 센서를 기반으로 한 소형위성용 별센서이다. DSP기반의 프로세서를 채택, 저가형 COTS 버전과 Radiation Harden 버전이 있으며 3축

자세정보를 70 arcsec 수준의 정밀도로 제공할 수 있으며 600개의 별카탈로그를 기반으로 하여 4등성까지 관측할 수 있는 민감도를 보유하고 있다. 타 자세센서의 자세정보를 제공받지 않고도 독립적으로 자세결정을 수행할 수 있는 소위 'lost-in-space'기능을 보유하고 있으며 CCD보다 상대적으로 빠른 동특성을 활용, 10 deg/sec까지의 각속도하에서도 자세정보를 무리없이 제공할 수 있는 기능을 보유하고 있다.



자료 : <http://www.aeroastro.com/>

그림 6. AeroAstro사의 MST

▪ HYDRA Star Tracker

EADS Sodern에 개발한 HYDRA는 자이로없는 위성자세제어를 지향하는 CMOS APS기반의 저중량, 저전력형의 별센서이다. 자율기능이 강화되어 FDIR (Fault Detection, Isolation and Recovery) 기능이 구현되어 있으며, 30Hz의 갱신속도를 가지고 10 arcsec의 정밀도를 제공한다. Optical Head(OH)와 Electronic Unit(EU)으로 구성되어 있으며 OH를 구동하기 위해 EU대신 탑재컴퓨터를 이용할 수 있으며 여러개의 OH를 동시에 장착하여 사용할 수 있도록 설계되어 있는 장점이 있다.



자료 : <http://www.sodern.fr>, 2007

그림 7. EADS SODERN사의 HYDRA

▪ ASTRO APS Star Sensor

독일의 Jena-Optronik(JENOPTIK)에서 개발한 ASTRO APS는 장기간 수명을 필요로 하는 통신, 과학, 관측용 저궤도 및 정지궤도 위성에 광범위하게 사용될 수 있도록 설계, 제작한 1M 픽셀급 CMOS APS 기반의 별센서이다. 단일 헤드형이며 저중량, 저전력형 설계를 지향하고 있으며 수명이 18년 이상 보장되며 정지궤도 환경에서의 Radiation을 25년까지 견딜 수 있도록 설계되어 있다. 달이 시야각내에 들어올 경우에도 2 arcsec 수준의 성능을 보장하며 20도의 시야각을 제공하고 'lost-in-space'기능을 제공하는 차세대형 별센서이다.



자료 : <http://www.jena-optronik.de>, 2006
그림 7. Jena-Optronik사의 ASTRO APS

표 3. CMOS 센서기반의 별센서 특성 비교

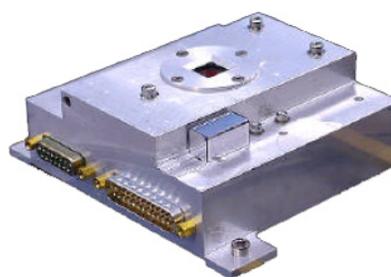
	MST	HYDRA	ASTRO
제작사	AeroAstro	Sodern	JENOPTIK
중량	0.3 kg	2.2kg	1.2-1.8kg
크기(cm)	5.4/5.4/7.6	25/25/20	12/12/23
정밀도	70arcsec	10arcsec	2arcsec
소비전력	2W	12W	6
처리속도	1Hz	30Hz	10
CMOS	1M(7µm)		1M(15µm)

3.3 태양센서 응용사례

▪ DSS (Digital Sun Sensor)-Sodern

EADS Sodern사는 APS 기술을 이용한 저가의 정밀 디지털 태양센서(DSS)를 개발하였다. 유럽 공동

프로젝트로 개발된 DSS는 새로운 개념의 태양감지기로서 저궤도 임무 뿐 만 아니라 행성 탐사 임무에도 적용할 수 있으며, 빠른 신호감지 및 처리가 가능하여 회전 안정화 인공위성에도 적합하다. DSS는 두 축의 자세 정보를 자세제어시스템에 매우 빠른 속도로 전송할 뿐 만 아니라, 현재 사용하고 있는 RS-232 프로토콜은 지상보조 장치를 저가로 구현할 수 있게 한다. 또한, DSS는 텔레메트리 정보를 이용하여 잔존 광학 오차를 지상에서 보정하는 기능과 특정 임무 요구사항을 만족하도록 운용 프로토콜을 변경하는 기능을 제공한다.



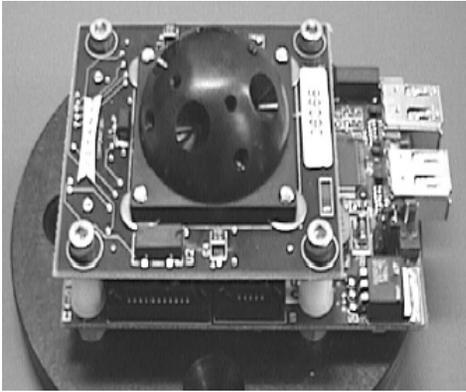
자료 : <http://www.sodern.fr>, 2007
그림 9. EADS SODERN사의 DSS

한편, DSS는 높은 정밀도와 신뢰성을 제공하는데, 이것은 APS의 비교적 낮은 잡음수준과 방사허용 특성, 결외 보호장치, 암전류 완화 알고리즘을 이용한 태양영상 디지털 처리로 얻어진다. DSS의 성능 및 재원은 표 4와 같다.

▪ DSS (Digital Sun Sensor)-SAR

Spectral Applied Research사는 CRESTech과 Waterloo 대학과 공동으로 저가의 디지털 태양감지기를 개발하였다. 이 태양감지기는 한 개의 APS 감지부를 공유하는 12개의 노출부(총 125°x125°의 가시영역)로 구성되는데, 이는 한 개의 노출부를 이용하는 APS 센서에 비해 성능을 향상시킨다. 노출부로 유입되는 태양광선은 APS 감지부에 상을 만들고, 이 상의 중심을 찾고 해당 노출부를 확인함으로써 동체좌표측에 대한 태양의 elevation과 azimuth 각도를 결정하게 되는데, 자세 정확도는 0.05°(3σ)로 예상된다. 한편, 이 태양감지기는 현재 마이크로위성 시장을 목표

로 개발되고 있지만, 향후 고궤도 및 긴 수명 임무를 수행하는 위성을 목표로 개발할 예정이다. 현재, 기대되는 성능은 표 4와 같다.



자료 : http://www.cse.yorku.ca/~visor/pdf/Spectral_Sun_Sensor.pdf, 2002

그림 10. Spectral Applied Research사의 DSS

▪ SSS (Smart Sun Sensor)

이탈리아의 Galileo Avionica사는 SSS(Smart Sun Sensor)라고 불리는 CMOS APS 기반의 태양센서, 별센서, 항법 및 식별 카메라 개발에 참여하고 있는데, APS 기술을 이용함으로써 기존 제품들에 비해서 질량 및 크기를 획기적으로 감소시켜 가격 절감 효과를 기대하고 있다.

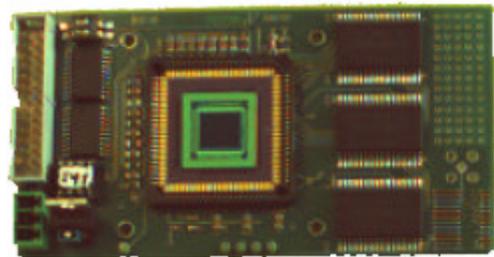
ESA/ESTEC과의 계약에 의해 개발되고 있는 SSS에 사용하는 APS 감지부는 Fillfactory사가 Galileo Avionica사의 요구규격에 부합하도록 개발하고 있다. 이 감지부는 1024x1024 픽셀로 구성된 CMOS로써, 칩 상주 FPN(Fixed Pattern Noise) 보정, 프로그램 가능한 이득 증폭기, 10-비트 AD 변환기, 그리고 antiblooming 기능 등이 있다. 한편, APS 감지부의 모든 회로설계에는 새로운 CMOS 방사허용 설계 규정을 적용하여 높은 전체 조사량을 견딜 수 있게 하였으며, 방사 시험결과 1Mrad까지 정상 작동함을 입증했다. 이러한 태양영상 획득 APS 감지부 외에도 SSS는 감쇄필터, 전력접속, 태양영상의 중심결정 자료처리부등을 필요로 하는데, 주요 특성들은 표 4와 같다. SSS의 모든 기능들은 ASIC에 구현된 로직에 의해서 제어되며, 모든 전기부는 100 Krad의 전체 조사량을 견디는 방사허용 특성을 가지도록 설계되었다. 한편,

SSS는 태양의 위치를 찾는 획득모드가 있어서 모든 가시영역에서 태양을 찾아주며, 일단 태양을 찾으면 가시영역 내에 머무르는 동안 태양의 위치를 추적하는 추적모드로 자동 전환된다.



자료 : ESA, 2003

그림 11. Galileo Avionica사의 SSS



자료 : Acta Astronautica, 2005

그림 12. Agenzia Spaziale Italiana의 DSS

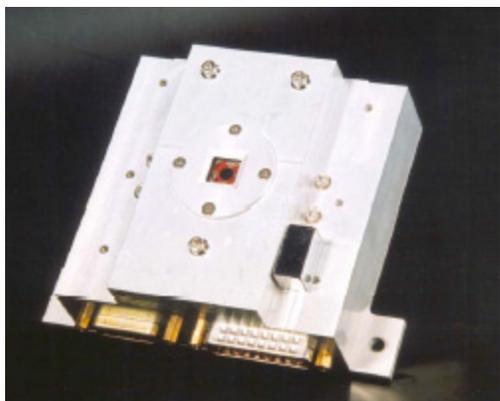
▪ DSS (Digital Sun Sensor)-ASI

이탈리아 항공우주국 ASI (Agenzia Spaziale Italiana)는 2008년 말 발사를 목표로 formation flying 마이크로 및 나노 과학기술을 우주에서 시험하는 마이크로 위성 버스를 개발하고 있다. 이러한 마이크로 위성 버스 개발에는 APS 기반의 마이크로 감지기가 필요하며, Naples 대학의 연구팀에 의해서 2축 APS 기반 태양감지기의 원형이 제작되고 시험되었다. 각축의 가시영역은 각각 $-16^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 와 $-1^{\circ}\sim 16^{\circ}$ 이고, 보정후의 오차의 표준편차 값은 각각 $1.33e^{-3^{\circ}}$ 및 $1.42e^{-3^{\circ}}$ 이다.

▪ μ DSS (Micro Digital Sun Sensor)

네덜란드는 정부 주도로 Microned라고 불리는 마이크로 위성을 개발 중에 있다. 이 계획의 일환으로 신개념의 마이크로 디지털 태양감지기(μ DSS)가 TNO TPD에 의해 개발되고 있다.

μ DSS는 전력공급을 위한 태양전지와 무선 데이터 전송 기능을 포함하며 마이크로 위성에 장착될 정도로 매우 작게 설계되어 기존 기술로는 불가능한 마이크로위성에 정밀태양감지기 장착을 가능하게 할 수 있다. 아직까지 몇몇 기술적인 해결과제가 남아있기는 하지만 목표 성능은 표 4와 같다.



자료 : IEEE, 2004

그림 13. μ DSS

있었으며 그 적용사례가 점차 확대되어 가는 추세임을 확인할 수 있었다.

특히, 한국항공우주연구원의 통신해양기상위성의 해양탐체체 적용사례를 계기로 하여 우리나라에서도 CMOS APS센서의 우주 응용을 위한 관련연구개발이 지속적으로 이루어져야 할 시점이 도래한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. <http://swap.sidc.be/swap-old/index.php>
2. http://www.esa.int/techresources/ESTEC-Article-fullArticle_par-28_1134728793040.html
3. http://ilrs.gsfc.nasa.gov/docs/ESA4S_06_11d.pdf
4. <http://homepage.oma.be/david/SWAP/index.html>
5. EADS Astrium-KARI, GOCI payload specification, France, 2007.
6. EADS Astrium-KARI, GOCI design report, France, 2007.
7. 주광혁, “Star Tracker의 원리와 기술개발동향”, 한국기계학회연합회 심포지움, 2002.
8. Liebe, C., et. al., “Active Pixel Sensor (APS) based Star Tracker”, Proceedings of IEEE Aerospace Conference, 1998, pp. 119-127.
9. Clark, N., “Intelligent Star Tracker”, Proceedings of SPIE, Vol. 4592, 2001, pp. 216-226.

4. 결론

본 논문에서는 먼저 CCD와 CMOS APS 센서의 작동원리와 각각의 장단점을 비교, 분석한 결과, CCD에 비해 영상의 감도가 다소 떨어지는 단점이 있으나 설계 및 생산단계에서의 장점과 우주환경에서의 내구성 면에서 CMOS APS가 인공위성 영상센서 및 자세센서로 사용하는 데 장점을 지니는 것으로 판단된다. 또한 인공위성 자세결정용 센서인 별센서와 태양센서 및 영상탐체체를 중심으로 한 CMOS APS 센서의 응용사례를 조사, 분석한 결과 특히 유럽을 중심으로 CMOS APS의 인공위성 응용 사례를 다수 찾아볼 수

표 4 CMOS APS기반의 Sun Sensors 성능비교

	DSS-SODERN	DSS-SAR	SSS	DSS-AS I	μ DSS
Mass	<0.30kg	250g	<330g		<30gram
Dimension	130x120x45mm	50x50x50mm including dome	110x108x42mm		40x40x10mm
Field Of View	120° x120° or more		128X128 deg	-16° ~1° / -1° ~16°	120x120deg
Output data rate	up to 400Hz	50bytes/s for 10 Hz update			>10Hz
Typical consumption	1W		<1W with DC/DC		
Power supply	6V~12V(option : 20V~100V)	700 mW from 28 VDC bus			Noexternal power
Accuracy	0.02° at 2s(with calibration)	0.05 deg 3 σ	<0.02deg(2 σ)	1.33e-3° / 1.42e-3° /	<0.1(2 σ)
Company (Country)	EADS SODERN	Spectral Applied Research(Canada)	Galileo Avionica (Italy)	ASI(Italy)	TNO TPD (Netherlands)