

BA 897

ISBN 978-89-6211-325-9

TCI Report 2008
(Technology Commercialization Intelligence)

HDDS

Holographic Digital Data Storage

김 근 환, 김 기 윌



한국과학기술정보연구원

TCI Report는 혁신형 중소기업 정보분석 지원사업의 일환으로 작성된 보고서로서, 중소기업형 유망 아이템에 대한 심층 분석을 통해 혁신형 중소기업들의 기술사업화 기회를 극대화 하는데 목적이 있다. 기술의 사업화를 중심으로 구성된 TCI Report는 KISTI 연구원들이 해당 기술에 대해 전문가들의 자문 및 실사를 바탕으로 분석하였다. 기술 및 시장의 개요, 수요자 니즈·환경·기술적 측면에서의 사업화 환경분석, 체계화되고 계량화된 시장구조 분석 등을 통해 객관적이고 현실적인 수요전망을 수행하였고, 이를 근거로 혁신형 중소기업에 사업화 기회를 제시하고자 하였다.

2008 TCI

Report

- 터치스크린
- 종류장치(분자식/박막식 종류기)
- 트러블스킨용 화장품
- 스마트카드
- 지능형 서비스 로봇용 센서
- 바이오 센서
- **HDDS**
- 천연물의약품
- 바이오디젤
- 나노의약품
- 중대형 2차전지
- 칩고정저항기
- 한방기능성 화장품

머 | 리 | 글

최근 들어 정부는 산업구조 개선의 일환으로 중소기업을 혁신 주도형 기업으로 바꾸기 위해 많은 노력을 하고 있습니다. 이를 위해 2008년 9월 13,833개에 불과한 혁신형 중소기업의 수를 크게 증가시킬 계획으로 있습니다.

정부의 계획이 성공적으로 이행되기 위해서는 중소기업의 발빠른 사업구조 개선이 요구되며, 현재 수행하고 있는 사업과 관련성이 있으면서도 미래 성장 잠재력이 높은 사업을 발굴하고 추진할 필요가 있습니다. 패러다임의 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 한국과학기술정보연구원(KISTI)은 정부육성품목과 수입대체효과가 높은 품목 가운데 중소기업이 관심을 가져야 할 과학·기술(아이템)에 대한 정보를 심층 분석하여 제공함으로써 중소기업으로 하여금 새로운 사업기회를 찾을 수 있도록 지원하고 있습니다.

이러한 사업의 일환으로 출간하는 HDDS 보고서는 1999년 지식경제부(舊 산업자원부)에서 주관하는 차세대 대용량 저장장치 개발 사업의 일환으로 연구를 진행하여 상용화 단계에 이르렀으며, DTV, IPTV 사업의 성장으로 대용량 정보저장장치에 대한 요구가 절실히 지고 있어 시기적절하게 해당분야에서 세계적인 경쟁력을 갖추는 결실을 맺을 것으로 예상됩니다. 앞으로 지속적인 기술개발을 통해 새로운 성장산업에서 경쟁우위를 갖출 수 있도록 노력을 지속해야 할 것입니다.

본 보고서는 사업화 환경분석, 시장구조 분석 및 사업화 기회분석을 통해 HDDS 산업에 대한 체계적이고 심도 있는 분석정보를 제공하고자 노력하였으며, 본 연구의 결과가 중소기업의 신규 사업 기회 탐색에 작으나마 도움이 되었으면 합니다.

끝으로 본 보고서는 김근환 연구원, 김기일 선임연구원이 집필한 것으로 노고에 깊이 감사드리며, 본 보고서에 수록된 내용은 연구자 개인의 의견으로서 한국과학기술정보연구원의 공식의견이 아님을 밝혀두고자 합니다.

2008년 12월
한국과학기술정보연구원
원장 박영서

Table of Contents

01	 개요
03	1. 기술의 개요
22	2. 시장의 개요
34	 사업화 환경 분석
36	1. 수요 요인
39	2. 환경 요인
42	3. 기술 요인
59	 시장 구조 분석
61	1. 시장현황 분석
65	2. 시장구조 분석
73	3. 수요예측
77	 사업화 기회 분석
79	1. 타겟 마케팅
81	2. SI 업체와의 제휴
82	3. 신기술 개발 및 안정성 확보
83	4. Regulatory Compliance Issue 활용
86	5. 차별화
87	6. 종합검토의견
89	참고문헌

| 표 목차 |

〈표 1-1〉 HDDS 기술영역 및 요소기술	14
〈표 2-1〉 세계 디지털 방송 개시 및 아날로그 방송 종료 시기	36
〈표 2-2〉 HDDS 관련 국제 표준화 동향	40
〈표 2-3〉 Archiving에서 HDDS와 Tape Drive의 비교	44
〈표 2-4〉 HDDS 핵심기술의 국제경쟁력 분석	56
〈표 3-1〉 LTO Tape Drive & Media와 Tapestry 300r 비교	64
〈표 3-2〉 Tape Drive와 Media 출하량	74
〈표 3-3〉 Tape Drive와 Media 매출액	74
〈표 3-4〉 국내외 HDDS Drive와 Media시장예측	76
〈표 4-1〉 세계 각국의 전자 정보 기록물 보존 및 보안 법규	85
〈표 4-2〉 미국의 법적규정 데이터 보존 기간	85

| 그림 목차 |

〈그림 1-1〉 홀로그래피의 기록 및 재생 원리	3
〈그림 1-2〉 HDDS 저장장치 개략도	5
〈그림 1-3〉 홀로그램 데이터의 기록 및 재생원리	6
〈그림 1-4〉 HDDS에 의한 2차 메모리의 Access Time 개선	8
〈그림 1-5〉 대용량 저장매체의 저장밀도 비교도	10
〈그림 1-6〉 기록/재생방식에 따른 데이터 전송률 비교도	11
〈그림 1-7〉 HDDS의 시스템 형태(Form Factor)에 따른 분류	13
〈그림 1-8〉 광굴절성 효과 모식도	15
〈그림 1-9〉 HDDS 시스템의 디지털 신호처리 과정 및 채널 잡음	20
〈그림 1-10〉 HDDS 시스템의 ISI 및 채널 등화 기법	21
〈그림 1-11〉 멀티미디어 시대의 도래에 따른 정보량의 진화	30
〈그림 1-12〉 정보 저장장치 기술의 패러다임 변화	31
〈그림 2-1〉 HDDS 성장 측진과 저해요인	58
〈그림 3-1〉 세계 최초 상용화된 Holographic Drive&Media	61
〈그림 3-2〉 Tape Drive 기술동향(출하량)	62
〈그림 3-4〉 대우일렉트로닉스 HDDS-WORM &ROM Prototype	68
〈그림 3-4〉 HDDS 경쟁구조 분석	72
〈그림 4-1〉 정보 저장 장치별 성능 비교 및 HDDS 마켓 포지션	81
〈그림 4-2〉 HDDS 시장 조망	88



- 기술의 개요
- 시장의 개요



Korea Institute of Science and Technology Information

차세대 대용량 저장장치인 홀로그래픽 디지털 데이터 스토리지 (HDDS: Holographic Digital Data Storage)는 오랜 개발기간을 거쳐 상용화 단계로 향하고 있음.

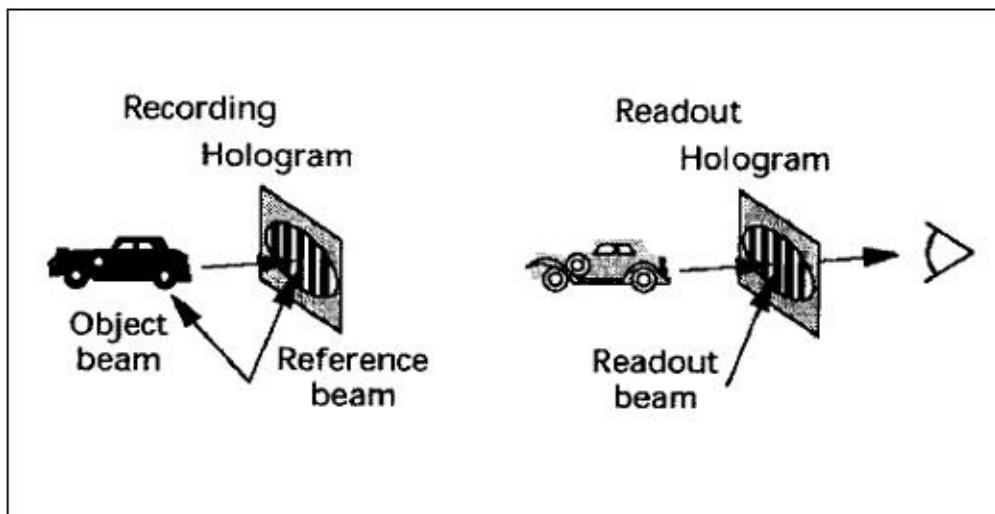
1. 기술의 개요

가. HDDS(Holographic Digital Data Storage)

(1) 홀로그래피(Holography)의 원리

홀로그래피(Holography)를 이용한 기록 및 재생 원리는 대상 물체로부터의 물체광(Object Beam)을 기록하고 후에 이것을 3차원으로 입체 영상을 재현하도록 하는데 있다. 따라서 홀로그래피를 이용하면 간섭에 의해 광파의 세기(Intensity) 뿐 아니라 위상(Phase) 정보까지 함께 기록할 수 있으므로 입체 영상의 기록 및 재생을 가능하게 한다.

〈그림 1-1〉 홀로그래피의 기록 및 재생 원리



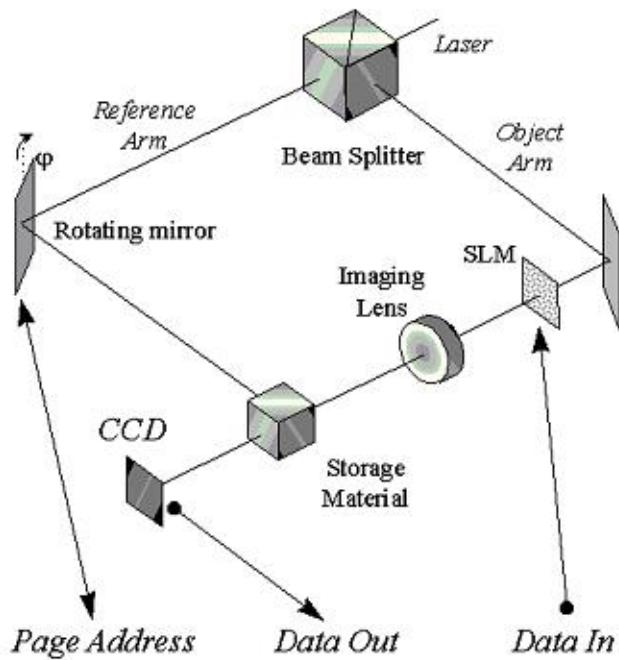
대상 물체의 빛의 세기와 위상은 물체광(Object Beam)과 기준광(Reference Beam)의 간섭에 의해서 구성되며, 이 물체광과 기준광은 간섭무늬(Interference Fringe)를 만든다. 이렇게 형성된 간섭무늬는 간섭무늬의 강도에 반응하는 물질 속에 기록된다. 이렇게 정보가 저장된 기록 매질을 홀로그램(Hologram)이라 부른다. 마지막으로 기록된 간섭무늬에 기준광을 조사하여 대상 물체의 3차원 영상을 재현하게 된다(<그림 1-1> 참조).

(2) 홀로그래픽 디지털 데이터 저장장치(HDDS)의 원리

홀로그램 본연의 성질을 이용한 정보의 기록/재생 원리 중 체적 홀로그램(Volume Hologram)이라는 방법을 이용하면 각각 다른 기준광을 가지고 저장 매질의 같은 장소에 많은 홀로그램을 중첩 기록하여 작은 입방체 내부에 방대한 자료를 저장하는 것이 가능하다. 이러한 홀로그램을 이용한 광 저장장치를 홀로그래픽 디지털 데이터 저장장치(HDDS)라 부르고 수천억 Byte의 용량을 저장할 수 있다.

체적 홀로그래픽 데이터 저장장치의 개략도는 <그림 1-2>와 같다. <그림 1-2>에 도시한 바와 같이 다른 기준광을 만드는 방법으로는 각 기록 시마다 기준광의 각도를 변화시키는 각도 다중화 방법(Angle Multiplexing)이 있다. 이 방법을 이용하면 2진 데이터의 페이지 단위로 구성되는 수백에서 수천 개의 홀로그램을 같은 장소에 저장할 수 있다. 즉 동일 장소에 많은 데이터를 페이지 단위로 기록 재생함으로써 높은 저장 밀도 및 빠른 데이터 전달률을 갖는 기록 및 재생이 가능하게 된다. 이렇게 홀로그램 기록시 다중화(Multiplexing) 기법을 이용해 저장밀도를 비약적으로 증가시킬 수 있는데 여기에 사용되는 기술은 기준광의 입사각, 파장 및 위상을 소정의 계산된 양만큼 변경하여 중첩 기록하는 각도 다중화, 파장 다중화, 위상 다중화 기법 등이 대표적이다.

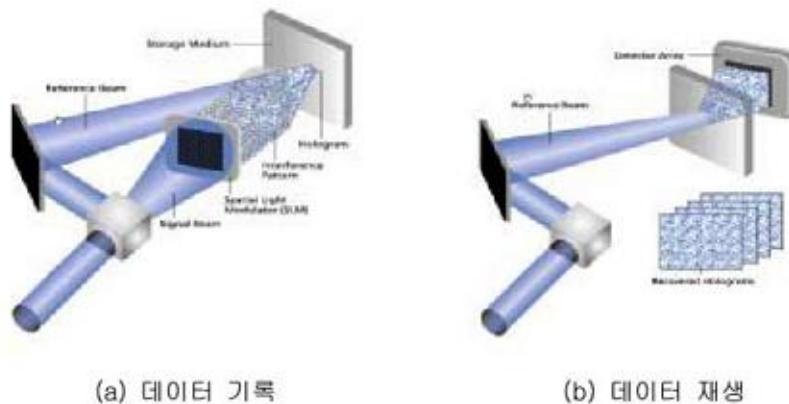
〈그림 1-2〉 HDDS 저장장치 개략도



홀로그램 데이터의 기록 및 재생원리는 〈그림 1-3〉에 나타나 있다. 광 분할기(Beam Splitter)에 입사한 레이저는 기준광과 물체광으로 나누어지고 물체광은 입력된 데이터에 따라서 화소(Pixel)들이 이루는 명암의 2진 데이터의 한 페이지 단위로 공간 광변조기(SLM :Spatial Light Modulator)에 의해서 변조되고, 이 때 각각의 페이지에는 회전거울(Rotating Mirror)의 각도를 조금씩 달리하는 기준광이 상응하게 조사된다. 이후 물체광과 기준광은 홀로그램을 기록하기 위한 저장 매체 내부에서 간섭을 일으키고 이러한 과정을 통하여 간섭무늬가 기록된다. 저장 매체에 기록된 데이터를 읽어 내기 위해서는 기준광만을 저장 매체에 조사하면 간섭무늬는 기준광을 회절시켜 원래의 화소의 명암으로 구성되는 바둑판 무늬로 복원되고 이후 읽어진 상(Image)을 CCD(Charge Coupled Device) 위에 비추어 원래의 데이터로 복원하게 된다. 이때 각각의 기준광은 기록 시와 동

일하도록 회전 거울에 의해서 각도가 조절되어야 한다. 이와 같이 재생시 기준광은 기록 시 사용된 기준광과 반드시 정확히 일치하도록 해야 하므로 회전거울을 회동시키는 기구의 각도 분해능에는 엄격한 정밀도가 요구된다.

〈그림 1-3〉 휠로그램 데이터의 기록 및 재생원리



(3) HDDS 주요특성

현재 우리는 고도 정보화 사회를 지향하고 있고, 따라서 정보의 축적과 이를 활용한 응용분야는 빠른 속도로 발전하고 있다. 이러한 고도 정보화 시대에는 필연적으로 데이터의 저장 및 입출력에 관계된 정보저장장치는 대용량 및 고밀도화(High Capacity, High Storage Density)와 입출력 데이터 전송률의 고속화(Fast Data Transfer Rate) 및 보다 짧은 데이터 접근시간(Short Data Access Time)을 갖도록 요구되어진다. 이러한 3개의 항목이 대표적인 정보저장장치의 성능을 비교하는 지수로 사용되고 있으며 이러한 3대 지수 측면에서 휠로그래프 디지털 데이터 저장장치는 많은 장점을 가지고 있다.

4. Regulatory Compliance Issue 활용

최근 세계 각국에서 <표 4-1>과 같은 전자 정보 기록물의 보존 및 보안에 관한 법규 제정이 추진되면서 디지털 기록 미디어 또는 시스템은 전자 기록물을 반드시 Non-rewritable, Non-erasable 포맷으로 저장해야 한다는 법규 준수(Regulatory Compliance)가 Archival Storage 시장에서 주요한 이슈로 등장하고 있고, 이에 따라서 Archival Storage 시장에서 한번만 기록하고 여러 번 재생이 가능한 (WORM : Write Once Read Many) 저장 매체의 중요성이 크게 부각되고 있다. 또한 <표 4-2>에서 보듯이 법적으로 규정된 데이터 보존 기간이 크게 증대됨에 따라서 Archival Life가 긴 저장 매체에 대한 필요성이 증가되고 있다. 현 Archival Storage 시장의 주류인 Tape Drive 경우는 기록 원리상 Rewritable 미디어로써 법규 준수에서 정하는 Non-rewritable, Non-erasable 포맷으로 전자 기록물을 저장해야 한다는 조항에 원칙적으로는 위배되지만 Firmware나 Software적으로 전자 정보를 기록 후 데이터를 다시 덮어 쓰거나 지우는 기능을 못하게 방지하는 편법으로 WORM 기능을 구현하여 법규 준수 문제를 해결하고 있으나 기록 원리상 여전히 Rewritable 미디어이므로 보안상 데이터 위변조의 문제점을 안고 있으며 Archival Life도 7~10년 정도로 최근 법적으로 규정된 데이터 보존 기간에 비하면 다소 부족한 실정이다.

이에 반하여 광 플리머를 저장 매체로 하는 HDDS 시스템은 기록 원리상 한번 데이터를 기록한 후에는 데이터를 다시 덮어 쓰거나 지울 수 없는 원리적 WORM (True WORM)의 기능 구현이 가능하고 50년 이상의 Archival Life를 보장할 수 있기 때문에 Archival Storage 시장의 법규 준수에 관한 요구 조건을 가장 잘 충족시킬 수 있는 시스템이므로 이러한 법규 준수 이슈를 잘 활용하는 마케팅 전략을 구사하면 HDDS 시스템의 시장 진입 초기에 중요한 사업화 기회

로 삼을 수 있을 것이다.

〈표 4-1〉 세계 각국의 전자 정보 기록물 보존 및 보안 법규

▶ Technology Requirement: Write Once Media

USA	SEC 17a-4, Sarbanes Oxley, HIPAA, ISO 18501/18059, FDA 21, CRF Part 11
Canada	Electronic Evidence Act
Europe	Basel II Capital Accord
Italy	AIPA
Germany	GDPrU, GOBS
France	NF Z 42-013
UK	BSI PD0008, Financial Services Authority, Public Records Office
Japan	Electronic Ledger Storage Law
Worldwide	>25,000 Legal requirements

〈표 4-2〉 미국의 법적규정 데이터 보존 기간

Accounting Ledgers and Schedules	7 years
Canceled Checks	7 years
Correspondence, General	3 years
Correspondence, Legal	Permanently
Deeds, Mortages, and Bills of Sale	Permanently
Employee Personnel Records(after termination)	3 years
Employee Federal Tax Records	4 years
Employee Injury and Illness Records	5 years
Financial Statements(end-of-year)	Permanently
Insurance Policies(expired)	3 years
Inventorios(products, materials, supplies, etc)	7 years
Invoices(to cusomters and from vendors)	7 years
Payroll Records	7 years
Property Appraisals(by outside appraisers)	Permanently
Tax Returns	Permanently

5. 차별화

현재 Archival Storage 시장에서 주류인 Tape Drive의 경우 저장용량(Storage Capacity), 데이터 전송률(Data Transfer Rate) 및 시스템 가격 측면에서는 Archival Storage 시장 진입을 목표로 하고 있는 초기 HDDS 시스템의 성능과 비교하여 오히려 비교 우위에 있다. 따라서 저장용량 및 데이터 전송률의 성능 지표가 중요한 응용 분야에서는 HDDS 시스템이 가격 경쟁력을 갖출 수 없어 Tape Drive를 대체하기 어려울 것으로 예상된다. 따라서 HDDS 시스템을 성공적으로 사업화하기 위해서는 Tape Drive와 성능을 차별화하는 전략이 필요한데 이 경우 가장 좋은 성능 차별화 항목은 바로 HDDS 시스템 경우는 수백 밀리초 정도로 매우 빠른 반면 Tape Drive의 경우는 수십 초 정도로 매우 느린 Random Access 성능 분야이다.

특히 구축된 Archival Storage 시스템의 사용 환경이 다중 사용자의 동시 접속이 많아 Random Access가 매우 빈번히 일어나는 응용 분야를 HDDS 시스템의 목표 시장으로 삼아 Tape Drive의 최대 약점인 느린 Random Access 성능 항목과 차별화하면 HDDS 시스템의 성공적인 사업화 기회로 삼을 수 있을 것이다. 또한 앞서 살펴본 바와 같이 법적으로 규정된 데이터 보존 기간이 Tape Drive의 Archival Life인 7~10년을 넘는 전자 기록물의 경우에는 Archival Life가 50년 이상인 HDDS 시스템을 도입하여 활용하는 것이 전체적인 시스템 및 데이터 유지 및 보수·비용 측면에서 이점이 있으므로 이러한 장기간 데이터 보존이 필요한 응용 분야를 초기 사업화 목표 시장으로 활용하는 방안도 Tape Drive와 차별화하는 중요한 상품화 전략이라고 할 수 있다.

6. 종합 검토 의견

미국 InPhase사는 Archival Storage 시장을 목표로 HDDS 시스템을 세계 최초로 시장에 출시하였으나, 제품의 신뢰성 확보문제 및 가격 경쟁력 확보라는 문제를 나타내고 있다. 그러나 지속적인 신기술 개발, Regulatory Compliance Issue, SI 업체와의 전략적 제휴를 통해 Archival Storage 시장을 주도하고 있는 Tape Drive 시장을 빠른 Access time(고속성)과 50년 이상인 Archival Life(안정성) 측면에서 경쟁력을 보유한 HDDS가 점진적으로 시장을 대체할 것으로 예상된다.

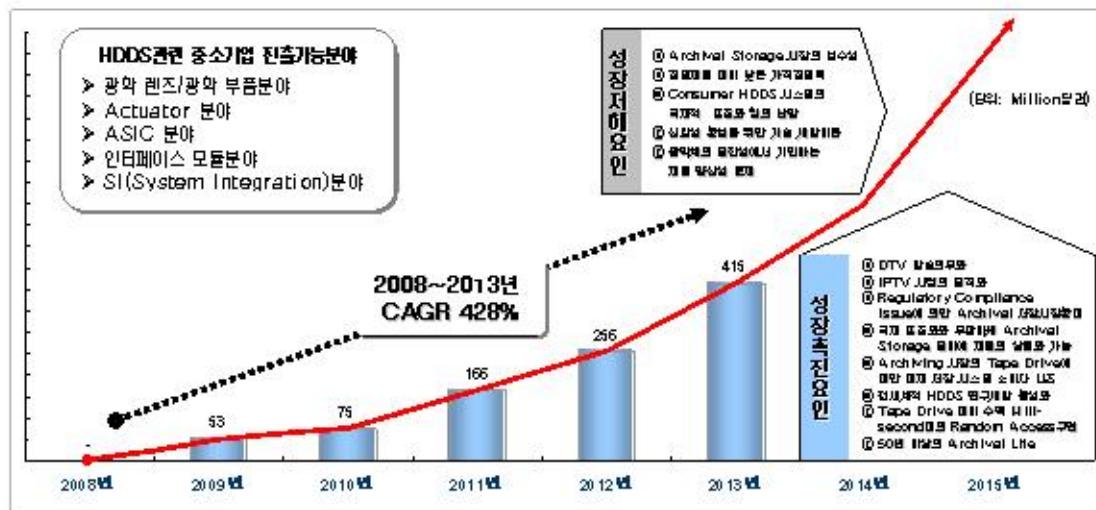
HDDS 시장은 이제 막 태동하고 있는 상황으로 해결해야 한 다양한 문제들을 직면하고 있으나, Post Blu-ray Disc로 주목받고 있는 HDDS 시스템의 분야에서 시장 지배력을 강화하기 위한 지속적인 노력이 요구되고 있다. 다행히 국내 대우일렉트로닉스사가 해당분야에서 세계적인 기술경쟁력을 보유하고 있으며, 중소기업은 상용화를 위해 준비하고 있는 대기업과의 전략적 제휴를 통해 특정분야에 기술력을 집중해야 할 필요가 있다. HDDS에 사용되는 렌즈는 CD/DVD 등에서 사용되는 사출금형으로 만드는 플라스틱 렌즈가 아니고 광학급 유리를 가공하여 만드는 렌즈가 요구되기 때문에 정밀 광학 렌즈 및 광학 부품(Wave Plate: 파장판, Polarizer: 편광자, Beam Splitter: 광 분할기)분야의 중소기업체가 관심을 가질만한 분야이다. HDDS에 많이 채용되고 있는 Step Motor, Voice Coil Linear Motor Mechanical Shutter 등 소형 Actuator 분야로 중소기업의 독자적인 개발이 가능한 분야이다.

HDDS의 디지털 신호처리 분야에서는 세계적으로 채널 인코더와 디코더(Encoder and Decoder)가 아직은 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)으로 개발되지 않은 상태로 현재는 FPGA(Field Programmable Gate Array)를 활용하여 채널 인코더와 디코더를 구현하여 사용하고 있는 상태인데 FPGA 가격이 매우 고가여서 HDDS의 가격을 낮추기 위해서는 반드시 ASIC화해야 될 필요가 있습니다. 따라서 국내 ASIC 설계를 대행하는 중소규모의 ASIC House가 이

러한 ASIC 개발 사업에 가능성이 있다.

HDDS 시스템은 USB, SCSI, Gigabit Ethernet, Fibre Channel 등 다양한 외장 인터페이스를 형식을 지원해야하는데, 이러한 인터페이스 모듈을 개발하여 사업을 하는 중소기업도 HDDS 관련 사업에 진출이 가능할 것으로 판단된다. 또 다른 분야로는 HDDS Drive를 생산하는 업체로부터 HDDS Drive를 공급 받아 이를 필요로 하는 업체에 설치해주는 SI(System Integration)사업인데, 현재 Tape Drive 영역에서 SI사업을 영위하고 있는 국내 중소기업도 향후 사업진출을 고려 할만 하다.

〈그림 4-2〉 HDDS 시장 조망



참 고 문 헌

1. '국가기술지도 2단계: 홀로그래픽 메모리 기술', 2002.12
2. '차세대 대용량 정보저장장치 국책과제: HDDS 3단계 사업계획서', 2003
3. 김은주, '홀로그래픽 데이터 저장장치', 한국특허정보연구원, 2003.12
4. '2002 전자기술 II', 한국과학기술정보연구원, 2002.12
5. 'Market Opportunity Review', InPhase Technologies, 2007.9
6. Dave Simpson, 'Tape market update: LTO's the bright spot', InfoStor.com, 2007.7
7. '세계 금융위기의 시작과 끝', 이코노미스트 955호(2008.9.30)
8. '테이프스토리지 시장 내리막', 디지털타임즈, 2007.11.29
9. '대우일렉, 홀로그램 저장장치 개발', 전자신문, 2005.11.16
10. Kevin Komiega, 'LTO has landed', SearchStorage.com, 2000.8.17
11. www.inphase-technologies.com
12. www.lto-technology.com
13. www.gstinc.com
14. storageconference.org
15. www.supermediastore.com
16. shopper.cnet.com