

3차원 광메모리를 이용한 인증 기법*

박 철 용,^{1†} 류 재 철^{2*}
¹국가보안기술연구소, ²충남대학교

Authentication Mechanism Using Three-Dimensional Optical Memory*

CheolYong Park,^{1†} JaeCheol Ryou^{2*}
¹National Security Research Institute, ²ChungNam National University

요 약

최근 사용자 인증에 대한 요구가 증가하면서 패스워드, 그래픽인증, 토큰, 생체인식, 복합 인증 등 다양한 인증 기법이 사용되고 있다. 특히 편의성으로 인해 패스워드, 그래픽, 생체 인증 등 2차원적 요소(2차원 평면)의 데이터를 정보로 이용하고 2차원 모양의 특징 정보를 저장하여 인증에 적용되는데 저장되는 정보는 2차원 정보로 기록 저장된다. 이러한 인증 데이터는 정보를 기록하고 갱신함에 있어 추가적인 데이터 기록을 요구하는 문제가 있다. 또한 2차원 메모리는 저장 데이터의 양이 증가할수록 저장 데이터를 인증 데이터와 비교하는 시간이 증가하여 인증 절차 수행에 소요되는 시간이 증가하는 단점도 있다. 이러한 인증 데이터를 메모리에 저장 및 인증하는 기술에 있어 신속하게 인증 절차를 수행하는 것은 중요한 요소가 되었다.

본 논문에서는 메모리를 사용한 인증 데이터의 기록 및 인증에 있어 기존 방식의 단점을 보완하고자 3차원 광메모리를 이용하여 데이터의 기록시 기록요소를 다양하게 변경하여 서로 다른 저장 데이터를 다중 기록하는 방식을 구성함으로써 고밀도 기록이 가능하게 하고, 데이터의 기록 및 복원시 병렬처리가 가능한 방식을 적용하여 신속한 데이터의 기록 및 복원이 가능한 기법을 제안한다. 또한 인증 데이터 갱신시 기존에 기록된 저장 데이터를 조합하여 조합한 데이터를 인증에 이용함으로써 매번 추가적인 데이터 기록을 요구하는 문제를 해결하고자 한다. 제안한 인증 방식은 3차원 광메모리에 데이터를 기록 저장 후, 복원시 기록 조건에 상응하는 조건을 만족해야만 데이터가 복원되는 방식을 적용한 인증 기법을 제안하고 이를 시험을 통해 인증 기법으로 적용 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

Recently the need for user authentication with increasing, there are a variety of mechanisms, such as password, graphic authentication, token, biometrics and multiple authentication. in particular, the data of the 2-dimensional(2D) factors such as password, graphic authentication, biometrics is used because of the convenience. The stored information is problematic in that additional data recording needs to be performed whenever authentication data is updated. Furthermore, this storage method is problematic in that the time it takes to perform authentication increases because the time it takes to compare storage data with authentication data increases in proportion to an increase in the amount of the storage data. Accordingly, authentication through the rapid comparison of storage data with authentication data is a very important factor in data recording and authentication technology using memory.

Using the three-dimensional(3D) optical memory by variously changing the recoding elements during recoding of data constitutes the way that multiple recoding different data storage. This enables high-density recoding in this way, and by applying the possible parallel processing at the time of recording and restoring method, provided that it is possible to quickly

record and restore the data. In addition, each time to solve problems that require additional data recorded by a combination of the stored data record in the old data using a combination of the authentication.

The proposed mechanism is proposed an authentication method using scheme after the recoding data in 3D optical memory to apply the conditions corresponding to the recoding condition when restoring the recorded data and through the experiment it was confirmed possible application as an authentication mechanism.

Keywords: Authentication, 3D, optical Memory, multiplexing

I. 개 요

사람들이 사용하는 통신이나 네트워크, 전자통신 기기들의 빠른 발전으로 사용자가 여러 네트워크와 다양한 시스템에 접근하면서 이를 이용하는 사용자가 정당한 사용자인지 판별하고 개인과 개인 간의 통신이나 소속된 사용자의 신원 확인, 인터넷 뱅킹과 같은 온라인 거래 등에서 정당한 사용자인지 확인하는 인증 절차가 필요하게 되었다.

사용자 인증의 사전적 의미는 '네트워크나 시스템에 접근하려는 사용자가 정당한 사용자인지 판별하는 것'이라고 명시되어 있다.

최근 사물인터넷(IoT: Internet of Things) 기기들이 개발되고 사용자가 IoT 기기들의 사용이 증가됨에 따라 사물과 사용자의 인증뿐만 아니라 사물 간 인증에 대한 요구가 증가하면서 ID-Password 기반 인증, 인증토큰 기반 인증, 생체 기반 인증 등의 인증 방식 등이 사용되고 있다. 특히 사용자 인증에 대한 요구 증가로 그래픽 인증 및 지문 인증, 홍채 인증 등의 다양한 인증 기법이 사용되고 있다[1].

그래픽 인증 및 지문, 홍채와 같은 생체 인증 등은 평면의 데이터를 정보로 이용하고 2차원 모양의 특징 정보를 저장하여 인증에 적용되는데 저장되는 정보는 2차원 정보로 기록 저장된다. 이러한 인증 데이터는 정보를 기록하고 갱신함에 있어 매번 추가적인 데이터 기록을 요구하는 문제점이 있다. 또한, 저장 데이터의 양이 증가할수록 인증 요청시 순차적 처리를 위해 인증 데이터와 비교하는 시간이 증가하여 인증 수행 절차에 소요되는 시간이 늘어나는 단점이 있다.

본 논문에서는 현재 사용 중인 그래픽 인증, 지문 인증과 같은 2차원 정보의 기록, 갱신 저장시 추가 기록 요구에 대한 단점과 저장되는 데이터의 양이 증가할수록 순차적 인증 절차 수행 시간이 늘어나는 단점을 해결하고자 한다. 이를 해결하기 위해 3차원 광메모리를 이용하여, 인증 데이터에 대한 갱신 저장시 3차원 정보를 인증정보로 저장하여 추가 데이터

기록 요구에 대한 단점을 해결하고, 인증데이터 저장량 증가시 순차적 인증 절차 수행 시간 증가에 대한 단점을 해결하기 위해 광메모리 저장시스템의 데이터 복원 방식을 이용한 병렬 처리 인증 절차 방식을 적용하고자 한다.

본 논문에서는 기존 인증 방식에 대해 기술하고 2차원 정보 기록 저장 방식의 단점을 해결하기 위해 3차원 광메모리를 이용한 인증 기법 제안과 제안한 기법을 구현하기 위한 시스템에 대해 설명한다. 또한 실험을 통해 인증 기법 한 종류로써 적용이 가능함을 제시하고 결론을 맺는다.

II. 현재 사용 중인 인증 기법

사용자의 인증을 위해 사용되는 방식은 크게 사용자의 지식을 기반으로 한 ID-Passwords 방식, 특정 토큰이나 모듈의 소유를 기반으로 한 인증토큰 기반, 사용자의 특정 신체 부분을 이용한 생체 기반 인증으로 분류되며, 최근에는 단일 인증 방식의 단점을 보완하기 위해 휴대폰 코드전송 인증, 보안카드 등을 결합한 인증과 위의 분류된 인증 방식을 혼합한 인증 방식을 사용하고 있다.

일반적으로 위의 인증 방식은 사용자의 편의성, 보안성 등에서 각각 차이점을 나타내고 있다.

2.1 ID-Passwords 기반 인증 방식

ID-Passwords 기반 인증 방식은 사용자와 인증 서버 간 미리 설정 저장하여 공유한 비밀번호를 기반으로 인증을 수행 하는 방식으로 구현이 쉬워 널리 사용되고 있다. 사전에 인증정보 설정시 비밀번호를 기억해 내지 못할 경우를 대비하여 비밀번호 찾기 힌트 입력 등을 사용할 수 있는 수단이 있어 사용자 편의성이 좋다. 또한, 사용자의 신원을 확인하는 정보(신용카드 등)를 발급해 주고 사용자와 사전 설정 없이 사용자 신원 정보에 관한 질문의 답변을 요청하는 방식도 이 인증 기법에 포함된다.

최근에 활용되는 그래픽 인증은 숫자, 영문자, 기호 등을 이미지화한 아이콘이나 특정 이미지 등의 그래픽을 사용하여 인증을 수행하는 것으로 사용자가 기억하기 쉽게 그래픽을 이용하여 인증하는 방식이다. 이미지의 특정부분을 클릭하여 인증하는 시스템 [2], 이미지를 기반으로 하는 password[3], 이미지의 경로를 기반으로 하는 password[4], 사용자 얼굴 이용한 password[5] 등이 대표적인 그래픽 인증 방식이다.

이러한 ID-Passwords 인증 방식의 대부분 인증 정보는 사용자들이 기억하기 쉽게 간단한 문자열 등의 쉬운 정보를 사용하여 저장하고 단일의 인증정보를 다양한 곳에 적용함으로써 취약한 인증정보 저장소가 해킹이 되면 비밀정보 노출에 대한 문제가 발생한다. 이러한 문제로 인해 인증정보 노출을 대비하여 매번 변경해야 하는 점, 사용되는 인증정보의 복잡도를 충분히 어렵게 하고 재사용하지 않아야 하나 현실적으로 보안취약점이 많이 발견되는 문제점이 있다.

그래픽 인증 등의 인증정보 저장소는 사용자의 정보가 많아질수록 많은 정보의 인증정보를 저장해야 하는 단점이 있다. 이런 다양한 문제점으로 인해 다양한 인증 방식, 복합 인증 방식 등이 개발되어 적용되고 있다.

2.2 인증토큰 기반 인증 방식

인증토큰 기반 인증 방식은 사용자가 인증토큰을 소지하고 이를 기반으로 인증 정보를 확인하여 인증을 수행하는 방식이다. 인증토큰 기반 인증 방식은 인증토큰을 가지고 있기 때문에 ID-passwords 기반 인증 방식보다 보안성이 높다.

인증토큰은 하드웨어 인증토큰과 소프트웨어 인증토큰이 있으며, 하드웨어 인증토큰은 스마트카드나 OTP(One Time Password) 기기를 예로 들 수 있으며 소프트웨어 인증토큰은 공인인증서(X.509)를 예로 들 수 있다.

하드웨어 인증토큰은 사용자가 물리적인 하드웨어 형태의 토큰을 보유하고 있어야 하기 때문에 사용자의 휴대성과 편리성이 낮다. 소프트웨어 인증토큰은 휴대성과 편리성은 하드웨어 인증토큰보다 좋지만 저장매체에 저장이 됨으로 인해 유출에 대한 문제점이 있고 인증 절차 수행시 별도 응용 프로그램이 실행되어야 하는 단점이 있다.

인증토큰 기반 인증 방식은 사용자가 휴대해야 하

는 점과 인증 절차 수행을 위한 인증 시스템 구축이 어렵고 사용자가 인증토큰을 사용하기 위해서는 최소 1번의 오프라인상의 본인 확인이 필요하며 항상 휴대해야하는 불편성이 있다.

2.3 생체정보 기반 인증 방식

생체정보 기반 인증 방식은 사용자가 가지고 있는 타인과 구분되는 고유한 형태의 신체 구조를 이용하여 사용자를 인증하는 방식이다. 이러한 생체정보 인증 방식은 사용자의 특정 행동 패턴을 기반으로 타인과 구별되는 행동 패턴을 활용한 인증도 가능하다.

생체정보 기반 인증 방식은 고유한 신체 정보인 지문, 홍채와 같은 정보를 최초 등록 인증과정만 거치면 별도의 비밀번호와 같은 인증정보를 기억하거나 별도로 인증토큰을 휴대할 필요가 없고, 사용자의 신체 특징정보를 이용한 인증정보로 보안성이 높다.

사용자의 특정 행동 패턴 또한 사용자의 행동패턴을 수집하여 활용하기 때문에 ID-passwords 인증 방식이나 인증토큰 기반 인증 방식보다 보안성이 뛰어나다.

그러나 이러한 생체정보 기반 인증은 고유한 생체정보를 이용하므로 이에 대한 정보가 노출시 큰 문제가 발생할 수 있다.

생체정보인 지문이나 홍채 등을 사용자 인증정보로 식별시 특정 생체정보를 템플릿화 하여 인증정보 저장소에 저장하여 인증을 수행한다. 이때 생체정보를 템플릿화 할 때 2차원 평면의 정보만을 추출하게 되며, 고유한 생체 정보가 훼손이나 노출시 추가로 재등록하는 과정을 거쳐야 한다.

사용자가 증가할수록 생체정보나 사용자 패턴 저장 정보가 증가하게 되고 인증 절차 수행시 처리시간이 증가하는 단점이 있다..

2.4 복합 인증 방식

위의 인증 방식 이외에도 ID-Passwords 인증 방식과 휴대폰 인증코드 방식, 보안토큰과 보안카드(OTP)를 결합한 방식 등 각각의 문제점과 단점을 보완하고자 2가지 방식 이상의 혼합한 인증 방식을 사용하고 있다.

이러한 인증 방식은 단일의 인증 방식보다 강화된 인증 서비스를 제공할 수 있는 장점이 있으나 사용자 불편성과 소유 등의 단점은 유사하다.

복합 인증 방식은 활용 예로서는 패스워드/지문인식, 패스워드/휴대폰 인증코드 전송, 패스워드/스마트카드, 공인인증서/보안카드 또는 OTP, 그래픽인증/보안카드 등이 있다.

III. 제안하는 인증 방식

앞 절에서 언급한 그래픽 인증이나 지문인증을 위해 저장되는 정보는 2차원 형태의 저장 정보로 인해 인증 정보 갱신시 추가 기록 저장 요구 및 사용자 증가에 따른 인증 정보 데이터양의 증가에 따른 순차적 인증 수행 시간 증가 등의 단점이 발생한다.

이 절에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 3차원 광메모리에 저장되는 3차원 저장정보를 병렬처리로 다중 기록하고 광메모리에 기록된 저장 데이터를 조합하여 새로운 인증 데이터로 활용함으로써 추가 기록 없이 인증 데이터를 확장 할 수 있음을 보이고, 인증 데이터량 증가시 인증 요청의 순차적 처리에 대한 소요 시간 증가의 단점을 3차원 광메모리 기록복원시스템의 복원방식을 이용하여 병렬 인증 처리가 가능함을 통해 단점을 보완하고자 한다.

password, 그래픽 인증, 지문과 같은 생체 인증에 사용되는 정보는 2차원 평면의 데이터 정보이며, 저장되는 정보 역시 2차원 정보로 저장되며 특징을 추출할 때 평면정보만을 이용한 특징을 추출하고 깊이(depth)정보는 사용하지 않는다.

3.1 3차원 광메모리를 이용한 데이터 기록 저장 방식

3.1.1 3차원 광메모리

3차원 광메모리는 3차원의 정보를 저장하는 메모리로, 정보를 저장하는 방식은 기존의 매체와는 개념이 전혀 다른 새로운 방법으로 고속의 TBytes 이상의 대용량 데이터를 동시에 저장·처리할 수 있는 체적 홀로그램(volume hologram)[6] 3차원 광메모리 방식으로 상용화 연구가 진행되고 있다. 각설탕만한 크기의 비선형 광굴절 결정매질(photorefractive materials)을 이용한 데이터의 체적 홀로그램 저장 방식은 3차원 입체 메모리 저장으로 그 정보저장 용량은 대용량(TBytes이상)의 데이터 저장용량과 저장된 정보를 초고속(μsec) 병렬 액세스할 수 있는 장점을 동시에 제공할 수 있는 차세대 데이터 저장 메모리 시스템으로 분석되고 있다[7]. 데이터 체적

홀로그래픽을 이용한 광메모리는 데이터를 3차원적으로 저장할 수 있다는 점 외에도 레이저빔을 퍼트러 사용하므로 한꺼번에 많은 양의 데이터를 병렬적으로 동시에 기록하거나 읽어낼 수 있고, 데이터 영상이 분산되어 저장되므로 기록된 홀로그램에 약간의 손상이 있어도 올바른 데이터를 읽어 낼 수 있다는 또 다른 장점이 있다[8][9].

3.1.2 3차원 광메모리의 데이터 기록 복원 시스템

Fig.1.은 일반적인 홀로그래픽 광메모리 기록복원시스템의 일반적인 구성도를 나타낸 것으로 그림에서 두 개의 레이저 빔(물체빔과 기준빔)이 광굴절 매질 내에서 간섭하면 광굴절 효과에 의해 매질 내에 격자(grating)패턴이 형성되어 저장된다[10].

이러한 신호빔이 여러 개의 각도로(혹은 파장으로 혹은 위상코드로) 정렬된 기준파(어드레스)와 순차적으로 광굴절 매질에서 만나게 되면 수천 페이지 이상의 홀로그램 데이터가 고밀도 다중화 되어 기록되게 된다.

광굴절 효과(photorefractive effect)[11]가 발견된 이후에 광굴절 매질에 많은 정보를 저장하기 위해 다양한 종류의 다중화 방법이 제안되고 구현 가능성으로 인해 3D 홀로그래픽 저장 메모리 기술은 다양한 방법들이 제시되고 실험을 통해 입증되었다.

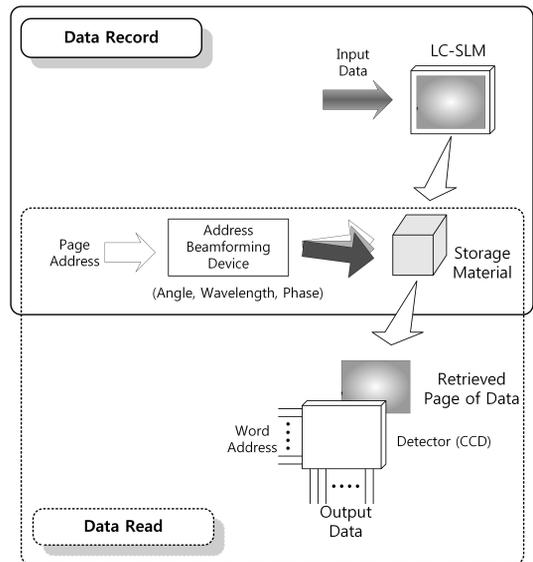


Fig. 1. 3D Holographic memory system diagram

3.1.3 광메모리 기록 다중화 기법

앞 절의 홀로그래픽 3차원 광메모리의 저장 방법은 기준빔의 각도를 이용하는 각다중화(angular multiplexing)[12], 가변되는 파장의 광원을 이용하는 파장 다중화(wavelength multiplexing)[13], 서로 직교하는 위상을 이용하는 위상다중화(phase multiplexing)[14][15] 기법 등이 공통의 기록매질에 독립적인 데이터 페이지의 저장과 재생을 가능하게 하는 가장 유망한 홀로그래픽 다중화 기록방법들이다. 이러한 방법들 외에 광섬유의 스펙클 패턴을 이용한 기법과[16] 또한, 앞에서 언급한 방법들을 2개 이상 결합한 복합다중화 구조[17] 등 다양한 다중화기법이 제안되고 있다[18].

각 다중화(angular multiplexing)는 특정 한 사잇각을 갖는 물체면과 기준빔으로 기록된 체적 홀로그램이 기록시의 기준빔과 복원시의 기준빔 사이의 각에 강하게 의존하여 복원된다는 사실을 기초로 하고 있다.

일반적으로 임의의 입력패턴 데이터와 특정각도로 입사되는 기준 평면파들 간의 간섭으로 저장된 체적(volume) 홀로그램을 재현 할 때, 특정 저장된 패턴 데이터는 Bragg 조건에 의해 기록할 때 사용한 기준파와 동일한 각도로 입사하는 평면파에 대해서만 판독이 가능하다. 이러한 각 선택도는 기록매질의 두께에 따라 달라지는데 결정이 두꺼울수록 기준과 입사각의 범위를 더욱 정확하게 조사하여야 한다. 예로써, 1mm두께의 결정의 경우 기준과 입사각이 0.01° 이상 벗어나게 되면 재생상이 완전히 없어지게 되고 10mm 두께의 결정에서는 0.001°이상 벗어나게 되면 없어지게 된다. 이러한 각 선택도는 하나의 기록 매질에 보다 많은 홀로그램 데이터를 다중화하여 기록하는 각 다중화기법을 가능케 하는 것이다.

Fig.2.의 두 개의 평면파에 의해 기록된 간단한 정현파 형태와 형태의 격자의 경우에 대해 가장 잘 설명되고

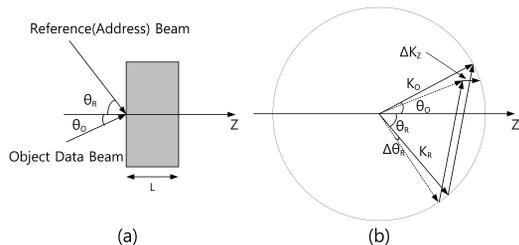


Fig. 2. Simple hologram (sinusoidal) geometry

정량화 될 수 있다. Fig.2.의 (a)는 체적내 상호작용의 기하학적 구조를 나타냈으며 (b)는 홀로그래픽 상호작용의 파벡터 공간도를 나타내었다.

각다중화 방법은 다른 방법들에 비해 보다 고밀도의 정보저장이 가능하여 가장 널리 사용되는 구조중의 하나이다. 각다중화 방법은 일반적으로 물체 평면파의 입사각은 고정시키고 서로 다른 입사각을 가진 여러 개의 기준평면파를 이용하여 많은 양의 정보를 다중화하여 저장하게 된다.

이때, 기준평면파의 입사각은 스텝핑모터(steping motor)나 음향광편향기(AOD: acousto-optic deflector) 등을 이용하여 각 저장정보에 대한 입력 어드레스를 제어하게 된다.

Fig.3.은 간단한 각다중화 홀로그래픽 기록 시스템을 나타낸 것이다.

스텝핑모터와 결합된 M2의 각을 변화시켜 다중화하는 방식이다. 스텝핑모터를 이용하는 기계적인 입력주소 제어방법은 비교적 간단한 구조로 많은 정보를 저장할 수 있는 장점은 있지만, 정보를 저장할 때와 복원할 때에 정확하게 맞지 않는 기계적 오차로 인해 브래그 조건(Bragg condition)을 만족시키기 어려워 복원 정보의 crosstalk 및 신호 대 잡음비가 낮아지는 단점이 있다. 또한, AOD를 이용한 전자적 제어 방법은 기계적 오차로 인한 복원 정보의 cross-talk을 방지할 수 있고 보다 빠르고 정확하게 정보를 복원할 수 있는 안정된 시스템이지만 가격이 비싸고 시스템 구성이 복잡하여 구현에 어려움이 있다. 최근에는 LCD(liquid crystal display) 공간 광변조기의 moving window의 개념을 이용하여 기계적인 동작을 없애면서 전자적으로 기준빔의 각도를 제어함으로써 기계적 및 전자적 각다중화 기법의 장점만을 취한 보다 간단하면서도 안정적인 각다중화

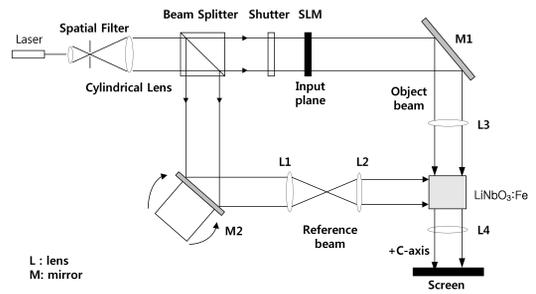


Fig. 3. Simplified angularly multiplexed storage system

방법이 제시되었다[19].

파장다중화방식(wavelength multiplexing)은 기준빔 및 신호빔의 파장을 변화시킴으로서 다중화를 수행한다. 파장다중화방식은 각다중화방식과 달리 시스템에 스텝모터나 AOD와 같은 가변부가 없으므로 시스템구성이 상대적으로 간단하며 기준빔과 물체빔의 각이 일정하게 유지되고 레이저의 파장이 변화되면서 홀로그래프 데이터를 기록하게 된다. 데이터의 주소는 레이저의 파장과 일대일 대응이 되며 기록된 홀로그래프 데이터는 특정 주소 파장과 같은 파장의 기준빔을 사용해서 개별적으로 출력 될 수 있다.[13]

공간다중화(Spatial multiplexing)는 광메모리를 체적(volume) 홀로그래프 유닛을 공간적으로 다중화하는 방식이다. 일반적으로 광굴절 매질에 저장되는 총 홀로그래프 개수(M)와 홀로그래프 회절 효율(η) 사이에는 식 (1)와 같은 관계식이 주어진다.

$$\eta = \frac{\eta_{\max}}{M^2} \left(\frac{\tau_e^2}{\tau_w^2} \right) \quad (1)$$

윗 식에서 η_{\max} , τ_w , τ_e 는 최대 효율, 기록 및 지움 시정수에 해당한다. 식 (1)의 결과는 기록된 모든 홀로그래프 데이터가 똑같은 회절 효율을 갖도록 설계할 경우 주어지는 식으로 $\eta_{\max} = 1$, $\tau_e = \tau_w$ 이고 10,000개의 홀로그래프를 저장했을 때 결과적인 회절 효율은 약 10^{-8} 정도로 주어지며 그 이하로 내려가게 되면 잡음 등에 의해 상용 CCD로는 신호 검출이 불가능하게 된다. 따라서, 각 홀로그래프가 1Mbit의 데이터를 포함하고 있다고 하면 각각의 볼륨 홀로그래프 유닛에서의 저장 용량은 10Gbit로 제한될 수밖에 없다. 결과적으로 보다 많은 홀로그래프 데이터를 저장하기 위한 방법으로 그러

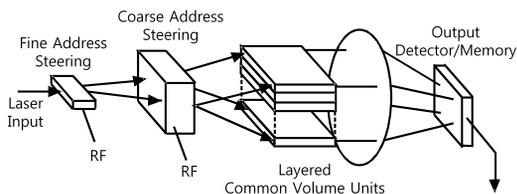


Fig. 4. Simplified spatial multiplexed storage system

한 여러 개의 볼륨 홀로그래프 유닛을 공간적(spatial)으로 다중화 함으로써 증가시킬 수 있다.

공간다중화에서 기록시 수평방향에서의 브래그 법칙(Bragg's Law)에 의한 각선택도가 수직방향에서는 수평방향 각선택도의 2배 이상 띄워주어야 crosstalk이 없이 재생됨으로[20] 공간다중화 기록시 고밀도 정보저장이 제한되게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 동일한 기준빔을 이용한 각다중화 기법에 공간다중화를 혼합한 다중화기법이 제안되었으며[17] 미국 Caltech의 홀로그래픽 메모리 시스템에서도 AOD를 이용한 각다중화 및 mirror array를 이용한 공간다중화 기법을 혼합한 복합다중화 방법이 제시된 바 있다.[21]

3.2 3차원 광메모리를 이용한 인증 방식

광메모리를 사용한 3차원 데이터 기록 및 인증에 있어, 기록시 사용되는 기록조건인 구성요소인 광의 파형 정보, 파장 정보 및 위상 정보를 다양하게 변경하여 서로 다른 저장 데이터를 다중 기록하는 구성을 함으로써, 보다 고밀도 기록을 가능하게 하고, 기록 방향을 달리하여 병렬처리로 저장 데이터를 기록 및 복원하여 보다 신속한 기록 및 복원을 가능하게 하고, 기존에 기록된 저장 데이터를 조합한 데이터를 이용함으로써 매번 추가적인 데이터 기록을 요구하는 문제점을 해결하는 새로운 3차원 광메모리를 이용한 데이터 기록 및 인증 기술을 제안한다.

제안한 인증방식은 3차원 광메모리의 다중화 기록 및 복원의 원리를 이용하여, 다중화 방식에 의해 기록된 정보는 복원시 동일한 다중화 방식에 의해서만 정확히 복원된다는 점을 이용하여 이를 인증방식에 적용한 것이다. 이는 3차원 저장정보를 광메모리에 기록시 기록조건을 알지 못하면 3차원 저장정보를 정확히 복원 할 수 없음을 의미하며, 3차원 저장정보를 복원했다 하더라도 복원 정보를 통해 기록조건을 유추할 수 없음을 의미한다.

3차원 광메모리를 이용하여 3차원 인증정보를 기록시 사용되는 광의 파형정보 및 위상정보, 광원의 각 정보, 3차원 광메모리의 내부 기록 공간의 위치를 다양하게 변경하여 서로 다른 저장 데이터를 다중 기록하여 고밀도로 저장하여 이를 인증데이터로 사용한다. 이는 복잡성이 높은 기록 조건을 복원조건으로 활용함으로써 보다 안전한 인증 방식으로 이용할 수 있다.

또한 기록 광원 여러 개를 동시에 사용하여 기록 방향을 달리하는 방식으로 병렬처리로 저장 데이터를 기록하고 복원시 여러 개의 빔을 사용하여 동시에 복원이 가능함으로 이를 이용하여 인증 절차를 신속하게 처리 할 수 있다.

더불어 지문과 같은 2차원 인증정보를 저장시 인증 데이터를 갱신함에 있어 매번 추가적인 데이터 저장요를 요구하는 단점을 해결하기 위해 3차원 인증정보 기록시 병렬처리로 다중 기록하거나 기존에 저장된 기록 데이터를 다중기록 조건을 조합한 복원 데이터를 이용함으로써 보다 편리하게 인증 데이터를 갱신할 수 있다.

예를 들어 3차원 정보 저장시 2개의 기록빔을 이용하여 각 다중화로 각각 정보를 저장했을 때 2개의 기록빔을 이용하여 동시에 복원시 다중기록조건을 조합한 저장데이터가 복원된다.

3차원 광메모리를 이용한 인증 방식에서 인증 정보를 3차원 광메모리에 기록하여 이를 인증에 적용하기 위해서는 기록 조건의 구성요소가 중요한 요소이다.

Fig.5.는 3차원 광메모리를 이용한 인증방식을 나타내는 시스템 블록도이다.

3차원 광메모리에 데이터를 기록하기 위한 요소로는 기준빔(Reference Beam)과 물체빔(Object Beam)으로 구분되는 기록 광의 파형 정보, 파장 정보, 위상정보, 광원의 각 정보, 광원의 각 빔을 반사시키는 반사경의 배치 정보(M1, M2), 광메모리에 입사되는 기준빔과 물체빔의 입사 위치 및 입사 각도, 3차원 광메모리의 내부 기록 공간의 위치 정보로 구성된다. 위 요소로 구성되는 시스템의 기록 방향을 달리하여 3차원 광메모리에 병렬처리로 저장 데이터를 기록할 수 있으며, 위 요소를 이용한 복수의

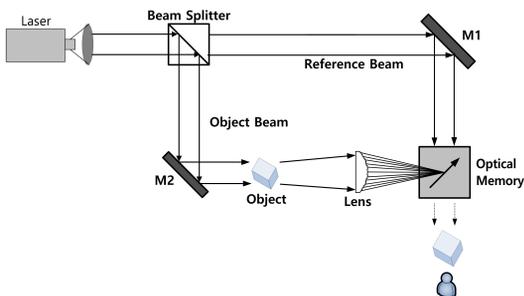


Fig. 5. Authentication system Block using 3D optical memory

기록 조건들로 저장 데이터를 다중 기록할 수 있다.

3차원 광메모리를 이용한 인증 방식에서 이러한 기록 구성 요소들을 이용하여 광메모리에 기록되는 조건을 저장하는 기록 조건 저장부를 시스템으로 구성하여 기록 조건을 저장한다.

인증 정보가 2차원 정보가 아닌 3차원 정보일 경우 광메모리에 기록시 물체빔을 3차원 정보에 난반사 시키고 렌즈를 통하여 3차원 인증 정보를 광메모리에 체적 입체 정보로 저장할 수도 있다.

시스템 블록도에서 인증정보인 3차원 피사체에 의해 난반사 시키고 렌즈를 통해 3차원 광메모리에 입사시켜 이에 대한 3차원 형태의 데이터를 기록하고, 복원을 위해 기준빔을 기록시와 같이 기록 구성요소를 같은 조건으로 복원시 3차원 피사체 형태로 복원이 가능하다.

이와 같이 3차원 광메모리를 이용한 인증방식은 인증 정보를 광메모리에 저장시 기록 조건을 달리하여 저장하고, 저장된 데이터를 복원시 기록 조건에 상응해야만 저장된 데이터가 정확히 복원 되는 기법을 적용하여 인증 방식에 활용하는 것이다.

여기서 기록 조건은 광의 파형 정보, 파장 정보, 위상정보, 광원의 각 정보, 광원의 각 빔을 반사시키는 반사경의 배치 정보, 광메모리에 입사되는 기준 빔의 입사 위치 및 입사 각도, 3차원 광메모리의 내부 기록 공간의 위치 정보 등이다.

Fig.6.는 제안한 방식의 3D 광메모리를 이용한 인증 장치로 사용하기 위한 기능 블록도이다.

3D 광메모리를 이용한 인증장치는 입력데이터를 3D 광메모리에 기록하기 위한 인증데이터 기록부와 기록 저장된 인증 데이터를 이용하여 인증 데이터의 처리, 응용, 검출 등을 수행하기 위한 광메모리를 이용한 인증처리부로 구성된다.

인증데이터 기록부는 인증정보를 입력받기 위한 입력처리부, 광메모리에 기록조건을 저장하기 위한

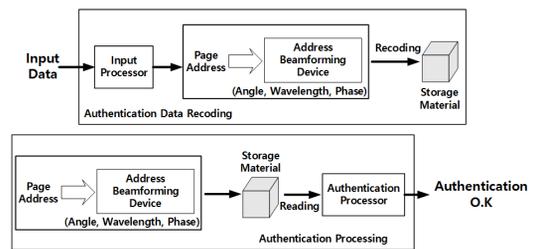


Fig. 6. Authentication Function Block using 3D optical memory

조건 저장부, 인증 정보를 기록 조건에 맞게 광메모리에 저장을 하기 위한 데이터 기록부로 구성된다. 데이터 기록부에서는 저장데이터에 구별코드 등을 부가하여 정보를 저장할 수 있다.

광메모리에 저장되는 인증데이터는 기준빔과 물체빔의 광원들 간의 간섭무늬를 저장하게 되며 다양한 기록 조건과 3차원 인증정보는 3차원 형태의 간섭무늬 저장 데이터로 기록된다. 병렬처리를 통한 기록시 3차원 데이터는 3차원 배열형태로 나열된 데이터가 된다. 광메모리 기록부는 기록방향을 달리하고, 복수의 기록 조건들을 적용하여 인증정보를 다중 기록할 수 있다.

다중 기록 조건은 앞절에서 설명한 바와 같이 반사각의 각도를 조정하여 기록하는 각(angle) 다중화, 광원의 파장을 변화시키는 파장(wavelength) 다중화, 광원이 광분배기를 통과시 위상이 바뀌는 방법을 이용한 위상(phase) 다중화 등이 있으며 입력 처리부에서 별도의 코드를 생성하여 입력하는 코드(code) 다중화 등 다양한 방법이 존재한다. 또한 광메모리의 크기 및 공간의 위치에 따라서도 다중화가 가능한 공간 다중화 방법이 있다.

예를 들어 2차원 안면 인식을 3차원 얼굴 정보로 저장하여 인증방식으로 활용시 인증데이터 기록부의 입력처리부에서는 얼굴이 회전이 가능하게 하여 3차원으로 입력 가능하게 하고 인증데이터 기록부의 조건저장부에서는 3차원 정보로 얼굴을 기록하기 위해 기준빔의 투사각도, 광원의 파장, 광원과 얼굴의 위치, 얼굴과 광메모리의 위치, 얼굴이 광메모리 내에 저장되는 위치 등의 기록 조건 정보를 저장하고 인증데이터의 데이터 기록부에서는 다중화 조건에 해당하는 3차원 얼굴 기록정보를 각각의 구별코드로 저장하여 3차원 얼굴정보를 인증데이터로 저장 기록하게 된다.

인증 처리부는 저장된 데이터를 복원하기 위해 데이터 기록부의 기록 조건 저장부의 기록 조건과 상응하는 기록 조건을 저장하는 조건 저장부, 광메모리에 저장된 데이터를 복원하는 데이터 복원부, 복원된 저장 데이터와 기저장된 인증데이터를 이용하여 인증을 처리하는 인증 수행부로 구성된다.

예를 들어 3차원 얼굴정보를 활용한 인증방식에서 인증처리부의 조건 저장부는 3차원 얼굴 정보가 저장된 기준빔의 투사각도, 광원의 파장, 광원과 얼굴의 위치, 얼굴과 광메모리의 위치, 얼굴이 광메모리 내에 저장되는 위치 등의 기록 조건 정보를 저장하고

있고 인증처리부의 데이터 복원부는 인증정보 요청시 3차원 얼굴 정보가 저장된 광메모리로부터 기록 조건의 입력값에 해당하는 3차원 정보를 복원한다. 이때 인증 처리부의 인증 수행부는 조건 저장부의 기록 조건에 해당하는 3차원 복원정보와 인증요청시 입력한 기록 조건의 3차원 복원 정보와 비교하여 동일한 정보인지를 확인하여 인증절차를 수행한다.

또한 인증처리부의 데이터 복원부는 다중 기록된 저장데이터를 다중 기록 조건을 조합하여 하나의 기록 조건으로 조합이 가능하며 이때 복원되는 데이터는 다중 기록조건을 조합한 저장데이터로 복원이 가능하며 이를 인증에 활용이 가능하다. 저장된 데이터의 조합 데이터는 인증 정보 갱신시 별도 기록 절차를 거치지 않고 저장된 데이터 조합에 따라 하나 이상의 조합된 데이터로 복원이 가능하다. 이 때 인증 수행부는 복원된 조합 데이터를 이용하여 인증절차를 수행함으로써 추가적인 기록 없이 인증 데이터를 갱신 할 수 있다.

2개 기준빔을 이용한 위치조건을 달리하여 동시 기록시 인증데이터 복원시 위치에 따라 다른 복원데이터 출력이 가능하며 이를 이용하여 기록 및 인증 절차 수행에 병렬처리가 가능하다. 이는 다수의 인증 요청 처리시 처리 속도를 단축시킬 수 있다. 3차원 광메모리에 저장되는 3차원 데이터는 복원하는 위치에 따라 다른 형태의 조합 데이터로도 활용 가능하다.

IV. 실험결과 및 분석

본 논문에서 제안된 방법을 실험하기 위하여 Fig.7.과 같은 시스템을 구성하였다.

실험에 사용된 데이터는 인증정보 처리를 위한 실

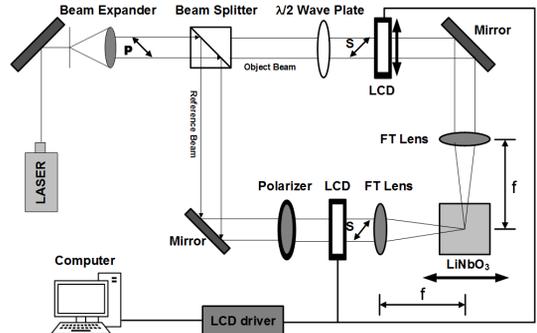


Fig. 7. Experimental setup for Authentication mechanism using 3D Optical Memory

험 및 분석을 위해 3차원 정보가 아닌 2차원 정보를 이용하였다.

그림에서 레이저 광원은 빔확산기에 의해 확장되어 물체빔과 기준빔으로 갈라진다. 이 때, 레이저 광원은 P축의 편광성분을 갖는다. 기준빔은 편광기와 LCD에 의해 S축 편광성분으로 변화되어 광굴절매질의 광축에 평행하게 입사된다. 물체빔은 $\lambda/2$ 위상 지연판을 통과하면서 광메모리와 평행한 S축 편광성분으로 변화되어 입사된다. 기준빔은 LCD 화면의 화소를 일정부분 on 시키고 나머지는 off함으로써 LCD에 4×4 형태의 창을 만들어 창에 의해 입사되는 기준빔의 방향을 변화시켜 전자적으로 다른 파백터를 만들도록 구성하여 각다중화가 되도록 구성하였다[22].

본 실험에서 사용된 물체는 LCD를 이용하여 기준빔의 LCD 화면과 동기화 시켜 물체 영상을 영문 알파벳(A~P) 영상을 전자적으로 동작시키면서 광메모리에 기록하였다.

또한 데이터가 저장되는 광메모리, 기준빔과 물체빔 사이에 있는 FT(Fourier Transform) 렌즈의 거리를 변경시킴에 따라 메모리 내에서 공간다중화가 되도록 구성하였다.

그림에서 $\lambda=532.8\text{nm}$ 인 Nd-YAG 레이저는 COHERENT사의 제품으로 출력은 100mW이다. 그리고 기준빔의 화면을 제어하기 위해 사용된 LCD는 Epson사(모델명 P13VM215)의 제품으로 전체 외관의 크기는 26.9mm×20.2mm이고 총 화소수는 30만(480×640) 픽셀이며 한개 픽셀의 크기는 $42\mu\text{m} \times 42\mu\text{m}$ 이다. 또한, 실험에 사용된 광굴절매질은 크기가 1cm×1cm×1cm인 Fe-LiNbO₃이다. 또한 수직 방향으로 인접된 화면에서의 crosstalk를 제거하기 위한 공간다중화는 기준빔과 물체빔의 FT 렌즈를 변경시켜 시험하였다.

Nd-YAG 레이저에서 나온 빔은 광분할기에서 분할되어 하나는 기준빔으로 다른 하나는 물체빔으로 사용된다. 광분할기에서 시계방향으로 직진하는 물체빔은 기록할 영상을 통과한 후 렌즈에 의해 푸리에 변환되어 광굴절매질에 입사되고 광분할기에서 반시계방향으로 입사된 기준빔은 다른 파백터를 갖기 위한 LCD의 분할화면을 통과하게 된다. 이 빔은 다시 렌즈에 의해 푸리에 변환되어 광굴절 매질에 입사되며 물체빔과 간섭을 일으켜 광굴절매질 내에서 다른 파백터를 갖는 격자를 형성하게 된다.

실험에 사용된 기준빔의 LCD는 가로 640개와 세로 480개의 총 307,200개의 화소를 가지고 있으며 “80×80”의 화소수를 하나의 화면크기로 설정하였다. 이 중에서 다중화 기록에 사용된 화면은 LCD의 중앙에 위치한 4×4의 블록으로 구성된 화면을 사용하였다.

Fig.8.은 기록에 사용된 화면 기준빔의 주소이며 Fig.9.는 이 주소에 대응하는 입력 영상을 나타낸 것이다.

본 논문의 실험에서 사용한 입력영상은 알파벳 ‘A’부터 ‘P’까지 총 16개이다. 위와 같이 기록하고 복원할 경우 브래그 조건(Bragg condition)에 의해 수직방향인 번지 ‘l’에서 기록된 문자 ‘A’와 번지 ‘9

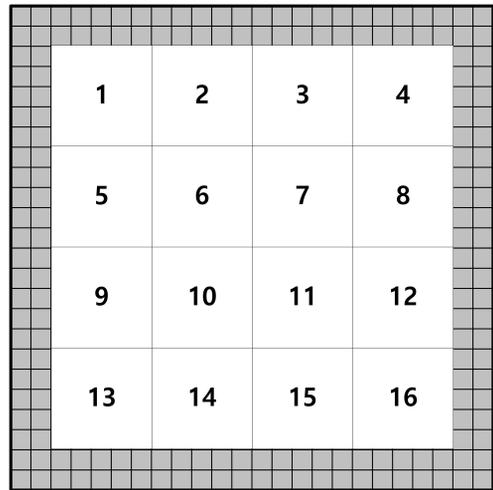


Fig. 8. Addresses of Display

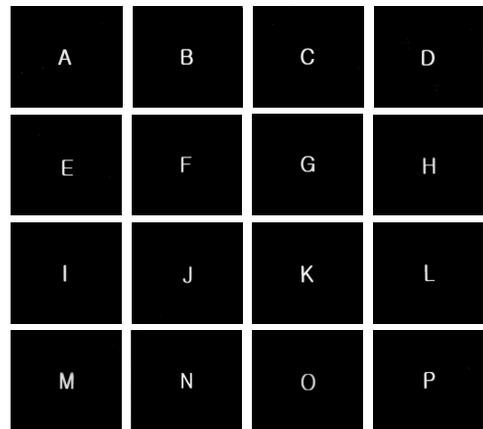


Fig. 9. corresponding input images to be recorded

'에 기록된 문자 'I'가 crosstalk의 영향으로 배경에 복원영상이 존재하여 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 crosstalk은 수직방향으로 인접한 화면의 브래그 조건에 의한 각선택도가 만족되지 않음으로써 발생하는 문제로 이는 기준빔축의 렌즈를 앞뒤로 이동시켜 광메모리에 공간다중화 기법으로 저장한다.

이러한 Crosstalk 현상 역시 인증데이터 기록시 기록 요소의 조건으로 저장 후 인증 수행시 비교 데이터로 활용 가능하다.

이 실험에서 거울의 각도나 기준빔의 크기를 변경시 복원되는 이미지는 나타나지 않거나 같은 기록 조건의 이미지와 복원시 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

Fig.11.은 조건이 다른 복원이미지로 정상적인 조건의 복원이미지와 차이를 보이고 있다. 처음 이미지는 조건이 전혀 다른 경우의 복원이미지이며, 두 번째 이미지는 'H', 세 번째 이미지는 'P'는 거울의 각도를 유사 복원이 가능한 최소 각도로 복원한 이미지이다.

Fig.12.은 실험 시스템에서 기록 조건에 상응하는 조건으로 복원시 복원된 이미지이다.

이처럼 광메모리를 통한 3차원 저장정보를 기록하고 저장 복원하는 방식을 통해 다중화된 기록 조건에 의해 저장된 정보는 기록시 상응하는 기록조건으로 복원시 정확하게 복원됨을 이용하여 인증방식으로 적용이 가능함을 실험을 통해 확인하였다. Fig.11.의 그림과 같이 기록조건이 정확하지 않으면 복원이미지가 정상적으로 보이지 않게 되어 인증에 실패하게 된다. 더불어 복원된 정보를 바탕으로 기록시스템에서 기록조건을 유추하기도 쉽지 않아 인증 방식으로 적용함에 있어 타당함을 시험을 통해 나타냈다.

이처럼 LCD 화면을 이용한 각 다중화 방법과 기



Fig. 10. Crosstalk of reconstructed image



Fig. 11. Reconstructed image of other Conditions

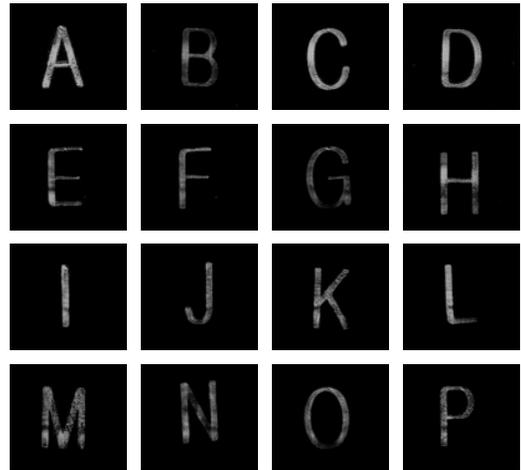


Fig. 12. Reconstructed images

준빔 렌즈의 거리를 변화시켜 기준빔의 상호평면 내에서의 초점면을 공간적으로 변화시키는 공간 다중화 기법을 적용하여 기록하고, 각각의 기록조건에 따른 복원 데이터를 입력데이터와 비교를 통해 인증을 수행 할 수 있음을 실험을 통해 알 수 있다.

또한 지문과 같은 2차원 인증정보를 저장시 인증 데이터를 갱신함에 있어 매번 추가적인 데이터 저장을 요구하는 단점을 해결하기 위해서는 실험시스템에서 광원정보의 LCD 디스플레이 번지 '1'과 '9'를 동시에 기준빔으로 복원시 Fig.10.의 첫 번째 그림과 유사하게 'A'와 'E'가 겹쳐서 정보가 복원된다. 번지 '1'과 번지 '9'의 각각의 기준빔 복원조건을 동시에 조합에서 재기록없이 새로운 복원조건으로 조건을 생성하여 새로운 데이터로 복원이 가능하다. 또한 저장된 데이터를 복원시 crosstalk의 영향으로 복원된 영상을 활용하면 인증 정보로 재등록할 필요 없이 기록 및 복원 조건만을 추가하여 인증에 재활용이 가능하다. 이러한 방식을 통해 인증정보 갱신시 추가 기록 저장 요구 단점에 대해 광메모리의 기록조건의 조합을 통해 새로운 인증정보를 복원하는 방식으로 해결이 가능함을 실험을 통해 확인하였다. 이처럼 인증정보를 재기록하지 않고 3차원 인증정보 기록시 병렬 처리로 다중 기록하거나 기존에 저장된 기록 데이터를 다중기록 조건을 조합한 복원 데이터를 이용함으로써 보다 편리하게 인증 데이터를 갱신할 수 있다.

인증데이터량 증가시 인증 요청의 순차적 처리에 대한 소요 시간 증가의 단점은 실험시스템에서 정보 기록시 레이저 빔을 퍼뜨려 동시에 정보데이터를 병

럴로 저장하면 저장시 정보는 광메모리 내의 서로 다른 위치에 각각의 정보가 기록이 된다. 이 때 복원시 해당 위치에 개별복원도 가능하며 추가로 복원시 병렬처리가 가능하다.

실험에서 복원된 이미지를 인증정보로 이용시 기존 방식으로 인증정보를 비교시 순차적으로 비교하면 16번의 비교 횟수가 필요하지만 광메모리를 이용한 인증방식을 이용할 경우 1번의 비교 횟수로 인증이 가능하다. 이처럼 기록 저장된 데이터 복원시 기록 조건에 맞게 병렬처리 형태로 기준범을 투과시켜 각각 복원이 가능하여 인증 절차를 빠르게 수행 할 수 있다. 앞서 언급한 참고문헌[8][9]은 많은 양의 데이터를 병렬적으로 동시에 기록하거나 복원이 가능함을 통해 기존 방식의 순차적 처리에 대한 소요시간 증가의 단점을 병렬처리가 가능한 복원을 통해 인증 시간을 줄일 수 있음을 확인하였다.

지금까지 제안한 인증방식의 실험 결과에서 살펴본 바와 같이 광메모리를 이용한 3차원 기록저장 방식은 기록조건에 상응하는 조건을 알고 있어야함 정확한 데이터 복원이 가능하고, 복원데이터를 통해 기록조건을 알수 없기 때문에 이러한 특성을 이용시 인증방식으로 적용이 가능함을 확인하였다.

Table 1.과 비교한 바와 같이 기존 방식은 인증 데이터 기록시 순차적으로 기록이 진행되고 갱신시 추가적인 기록이 필요하며 인증 수행시 데이터 비교를 순차적으로 진행해야 하나 제안한 방식은 병렬처리로 기록이 가능하여 시간을 단축하여 인증데이터 저장에 가능하고 인증데이터 갱신시 기존 저장된 데이터를 재조합하여 추가 인증데이터 갱신이 가능하고 인증처리 절차 역시 병렬처리로 인증이 가능하다.

더불어 기존 방식의 데이터 갱신에 대한 단점과 제안한 방식이 인증 요청시 데이터량의 증가에 따른

처리시간이 병렬처리를 통해 시간이 단축됨을 확인하였다.

이와 같이 3차원 광메모리를 이용한 인증기법은 인증 방식으로 적용이 가능하고 기존 인증방식에 비해 단점을 보완하여 제안한 방식이 우수함을 나타내었다.

V. 결 론

최근의 인증방식은 ID-Passwords, 그래픽 기반 등의 지식기반 인증이나 지문 인증 등의 생체기반 인증, 두 가지 이상의 복합 인증을 사용자 편의성 때문에 많이 사용하고 있다. 이러한 인증방식의 데이터는 2차원 정보만을 2차원 메모리에 저장하는 형태로 인증정보 갱신시 추가 기록 요구와 데이터 증가시 메모리 증가 및 인증 수행시간 증가 등의 단점이 있다.

본 논문에서는 3차원 광메모리를 이용한 기록 및 복원을 통한 인증방식을 제안하고 시험 및 분석을 통해 인증 방식으로 적용 가능함을 나타냈다.

이를 통해 기존 방식의 인증정보 갱신시 재기록 요구에 대한 불편성과 인증데이터 증가에 따른 2차원 기록시 메모리 용량 증가 등의 단점을 해결하였다.

이처럼 3차원 광메모리를 이용한 인증방식은 인증 데이터 기록시 사용되는 광의 파형 정보, 파장 정보 및 위상 정보, 광원의 각 정보, 3차원 광메모리의 내부 기록 공간의 위치 등을 다양하게 변경하여 서로 다른 저장 데이터를 일정 저장공간에 다중 기록함으로써 보다 고밀도 기록이 가능하고 이를 활용해 인증 방식 적용이 가능함을 알 수 있다.

인증 데이터 증가시 인증 수행 시간 증가에 대한 문제도 3차원 광메모리를 이용하여 기록 방향을 달리하여 병렬처리로 저장 데이터를 기록 및 복원하여 보다 신속한 기록 및 복원을 통해 인증 수행 시간을 단축할 수 있다.

제안한 방식은 인증 데이터를 갱신함에 있어서도 매번 추가적인 데이터 기록을 요구하는 문제점을 해결하여 기존에 기록된 저장 데이터를 조합한 복원데이터를 이용함으로써 보다 편리하게 인증 데이터 갱신이 가능함을 보였다.

이상의 결과에서 보논바와 같이 제안한 인증 방식은 기록시 사용되는 기록조건에 따라 복잡성이 높은 기록 조건을 복원 조건으로 다양하게 활용함으로써 보다 안전한 인증이 가능하고 대용량 인증데이터 처리 시간 지연에 대한 단점을 보완 할 수 있다.

Table 1. Comparison of Authentication method

	conventional	Proposed
Authentic ation data record	sequential processing	parallel processing
Authentic ation data update	additional data recorded	combination of the stored data
Authentic ation method	sequential processing	parallel processing

현재까지 3차원 광메모리를 이용한 인증방식은 아직까지 전무하다. 3차원 광메모리를 이용한 데이터 기록 및 저장방식은 real 3D hologram 연구 분야에 주로 연구되고 있으며 아직까지 광메모리를 이용한 시스템 구성은 연구 단계에 있다.

이 논문은 3차원 광메모리를 이용한 사용자 인증 방식에 대한 제안 및 이에 대한 가능성을 실험을 통해 분석한 논문이다.

제안한 인증기법은 광메모리를 이용한 기록 저장 및 복원 방식을 적용했다. 이러한 방식은 3D 정보를 저장하기 위한 방식으로 제안한 기록 저장 및 복원방식 이외에 3D 정보를 이용한 인증 기법을 연구해 볼 필요성도 있다. 예를 들어 이러한 방식 적용은 홀로그래픽 영상이나 3D 영상, VR 환경에서의 인증 방식 등으로 다양하게 적용할 수 있을 것이다.

향후 홀로그램 가상현실과 같은 응용에 대해 다양한 인증방식으로의 적용도 가능하다.

References

- [1] W. Jansen, "Authenticating mobile device users through image selection," *The Internet Society: Advances in Learning, Commerce and Security*, vol. 1, pp. 183-194, Mar. 2004.
- [2] S. Wiedenbeck, J. Waters, J. C. Birget, A. Brodskiy, and N. Memon, "Authentication using graphical passwords: Basic results," in *Human-Computer Interaction International (HCII 2005)*. Las Vegas, NV, Jul. 2005.
- [3] S. Akula, V. Devisetty, "Image Based Registration and Authentication System," in *Proceedings of Midwest Instruction and Computing Symposium*, Apr. 2004.
- [4] Gunyoung Moon, Jonguk Kim, Manpyo Hong, "A Graphical Password Scheme esistant to Shoulder Surfing Attack in Mobile Environments," *Korea Information Science Society, Journal of KISS: Computing Practices and Letters*, Vol. 18, No. 1, pp 90-94, Jan. 2012.
- [5] RealUser, "http://www.realuser.com/index.htm," last accessed in 2016.
- [6] R. R. A. SYMS "Practical Volume Holography," Clarendon Press, Oxford. pp.22-27, 1990.
- [7] John H. Hong and Demetri Psaltis "Dense holographic storage promises fast access," *Laser Focus World*, Apr. 1996.
- [8] D. Psaltis and F. Mok, "Holographic Memories," *Scientific American*, pp. 52-58, Nov. 1995.
- [9] D. Psaltis, "Parallel Optical Memories", *Byte*, pp.179-182, Sep. 1992.
- [10] John Hong, Ian McMichael, Tallis Y. Chang, William Christian, E. G. Paek, "Volume holographic memory system : Techniques and Architectures", *Optical Engineering*, Vol. 34, No.8, Jan. 1995.
- [11] P. J. Van Heerden, "Theory of optical information storage in solids," *Appl. Opt.* vol.2, pp. 393-400, Apr. 1963.
- [12] F. H. Mok, "Angle-multiplexed storage of 5000 holograms in lithium niobate," *Opt. Lett.* vol. 18, no.11, pp. 915-917, Jun. 1993.
- [13] G. A. Rakuljic, V. Leyva, and A. Yariv, "Optical data storage by orthogonal wavelength-multiplexed volume holograms," *Opt. Lett.* vol. 17, no. 20, pp. 1471-1473, Oct. 1992.
- [14] C. Denz, G. Pauliat, G. Roosen, and T. Tschudi, "Volume hologram multiplexing using a deterministic phase encoding method," *Opt. Comm.* vol. 85, pp. 171-176, Sep. 1991.
- [15] K. T. Kim, B. C. Cho, E. S. Kim, S. K. Gil "Performance analysis of phase codes multiplexed holographic memory," *Appl. Optics./Vol.39, No.23*, Oct. 2000.
- [16] Y. H. Kang, K. H. Kim, and B. Lee, "Volume holgram scheme using optical fiber for spatial multiplexing," *Opt. Lett.* vol. 22, no. 10, pp. 739-741, May. 1997.
- [17] S. Tao, D. R. Selviah, and J. E.

- Midwinter, "Spatio-angular multiplexed storage of 750 holograms in an Fe:LiNbO3 crystal," Opt. Lett. vol. 18, no. 11, pp. 912-915, Jun. 1993.
- [18] H. Rosen, K. Rubin, W. Tang, W. Imaino and T. Strand, "Multi-layer 3D optical storage," Presented at OSA Annual Meeting, Dallas, TX, 1994.
- [19] S. G. Kim, H. S. Lee, K. T. Kim, E. S. Kim, and B. H. Lee, "Angular multiplexing holographic memory system based on moving window on liquid crystal display and its crosstalk analysis," J. Optical & Quantum Electronics, Vol.32, pp. 419-430, Mar. 2000
- [20] H. Lee, X. Gu, and D. Psaltis, "Volume holographic interconnections with maximal capacity and minimal cross talk," J. Appl. Phys. vol. 65, no. 6, pp. 2191-2194, Mar. 1989.
- [21] Xin An, "Long-term Large-scale Holographic Storage in LiNbO3:Fe," Ph.D Dissertation, CalTech, 1998
- [22] C. Y. Park, B. C. Cho, K. T. Kim, E. S. Kim, "Spatio-Angularly Multiplexed Holographic Memory System using Moving window and Double-Focusing Lens," Proc. SPIE, Vol.4296, p.168-176, Jun. 2001.

〈 저자 소개 〉

사 진

박 철 용 (CheolYong Park) 정회원
 1999년 2월: 광운대학교 전자공학과 졸업
 2001년 2월: 광운대학교 전자공학과 석사 졸업
 2006년 9월~현재: 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 2000년 11월~현재: 국가보안기술연구소 선임연구원
 <관심분야> 정보보호, 시스템 보안, 인증



류 재 철 (JaeCheol Ryou) 중신회원
 1985년 2월: 한양대학교 산업공학과 졸업
 1988년 2월: Iowa State University 전산학과 석사 졸업
 1990년 2월: Northwestern University 전산학과 박사 졸업
 1991년~현재: 충남대학교 전기정보통신공학부 교수
 <관심분야> 인터넷 보안