

## 技術解説

## 音場再生의 원리와 방법

강성훈  
(한국전자통신연구소)

## I. 서론

음장재생은 에디슨이 레코드를 발명한 이래, 또는 그 이전부터 인류의 꿈이 아니었는가 생각한다. 이 꿈은 현재의 2채널 스테레오 방식에 의하여 그 입구의 문을 겨우 연것에 지나지 않는다. 오디오계는 2채널 스테레오(한때 4채널 스테레오의 시도도 있었지만)로부터 한 걸음도 나아가지 못하고, 2채널로 음장 재생의 가능성을 더욱 추구하고 있는것이 현재의 상태이다.

한편 영화계에 있어서는 화면 크기를 생각한 영상상위와 현장감을 재생하기 위한 4채널 또는 6채널 스테레오가 많아졌으며, 민생용으로서 이들 비디오 테이프와 비디오 디스크가 많이 보급되어 현장 가늠을 느낄 수 있는 음장 재생이 가능하게 되었다. 본고에서는 음장 재생의 정의, 재생방법 및 규격화에 대하여 외국의 연구동향을 중심으로 기술한다.

## II. 음장 재생이란

## 2.1 음장이란

먼저 보통 사용되고 있는 음장 재생이라는 단어에서 음장이라는 것은 무엇을 의미하는가를 명확히 할 필요가 있다. 이 음장이라는 것은 직상과 전개 능력이 음원으로부터 방사된 음파가 음원 주위의 공간에 전파되어 갈 때, 그 음압 변화가 발생하는 공간을 음장이라 한다. 호츨쿠의 같이 완전히 닫힌인 음원의 경우에는 사방에 농심원상으로 퍼져가지만, 스피커

나 악기 등 실제 음원은 비대칭으로 전파된다. 음원이 2개 이상 존재하는 경우에는 각각의 음원에 의한 음장을 중첩하면 된다.

그러나 공간에 음원만 있고 다른 물체가 없으면 문제는 간단하지만, 현실적으로는 음을 반사하는 물체(바닥, 천정, 벽 등)가 반드시 있기 때문에 현상이 복잡해진다. 특히 시정실이나 홀 등에는 주위를 벽이 둘러싸고 있기 때문에 더욱더 현상이 해명이 어렵고, 지금까지는 음장 재생이라는 관점으로 부티의 실내음상의 분석은 전혀 이루어지지 않았다. 그러나, 음장 재생을 위해서는 이 실내음장 문제에 반드시 풀지 않으면 안된다.

## 2.2 음장 재생이란

우리들이 흔히 사용하는 원음이라 하는 것은 무엇인가? 음원(악기 등)으로 부터 공간에 방사된 음이나 실내의 벽면 등에 의하여 반사된 음에 의해 형성된 음장이 원음장이며, 이것을 원음이라 생각하는 것이 타당할 것이다. 그렇다면 재생측에서는 이 원음장을 재현하면 되지만, 원음장과 공간적 크기도 다르기 때문에 원음장을 완벽하게 재현할 수 없다.

그러나, 물리적으로 동기 음장을 재현할 수 없더라도 청각 공간의 지각이 같으면 음장 재생이 가능해진다. 다시말하면, 완전한 음장 재생은 넘성이 불가능하지만, 원음장과 같은 청각 감각을 얻을 수 있으면 목적을 달성할 수 있다. 그래서, 이것을 음상장 재생이라 정의하고, 그림 1에서 이 조건을 생각해 본다. 그림 1(a)에 있어서 A, B는 실음원 S에 의한 청취자

의 이계 음압(b)에 있어서 A'와 B'는 두개의 스피커 L과 R에 의해 합성된 청취자의 이계 음압으로 하고,

$$A' = A, B' = B$$

가 성립되면, (b)의 청취자는 마치 음원 S가 실제로 있는 것처럼 느낄 것이다. 이와같이 생각하면 완전한 음장 재생은 단념할 수 밖에 없지만, 인간의 청각은 음향적 파라미터가 완전히 일치하지 않는 두개의 음을 들었을 때 서로 닮은 음으로 느끼는 구조이므로 현실적으로는 음장 재생은 음원장과 비슷한 감각을 얻기 위하여 유사한 음장을 재구성하는 것이라는 전제하에 여러가지 실험을 고찰할 수 있다<sup>1)</sup>.

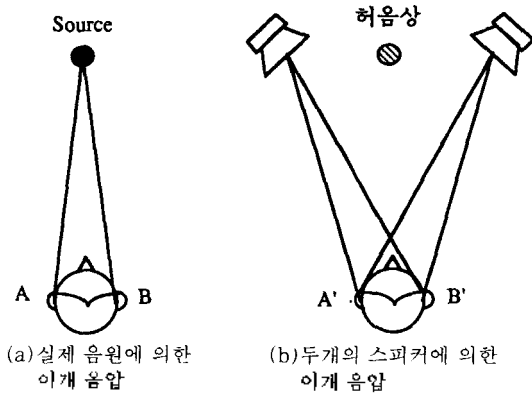


그림 1. 음장감 재생의 조건

이와같이 정의를 기본으로 음장 재생 방식을 생각해 보면 스피커 재생 방식과 헤드폰 재생방식의 2가지로 크게 분류할 수 있다. 전자는 멀티 채널 재생, 후자는 바이노럴 재생으로 대표된다<sup>2)</sup>. 그런데, 음장은 재생하는데 원음장이 존재하고, 그 음장정보를 수용하는 것이지만 실제로는 원음장이 없는 경우도 있으며, 수용과의 관계로 다음 3가지의 타입으로 분류할 수 있다.

(1) 원음장의 청각 공간이 존재하고 거기에서 수용되는 것: 라이브 녹음과 실황 방송 등과 같이 실제로 청각 공간이 존재하며, 그곳의 음장 정보를 수록하는 것이다(음장 수용).

(2) 원음장에 청각 공간이 존재하지 않고, 연주회장 등의 청각공간을 상상하여 수록한 것: 스튜디오 녹음 등의 경우이고, 실제로는 청각 공간이 존재하지 않고, 개개의 음원(악기 등)음을 수용하고, 믹서가 연

주회장 등의 청각 공간을 상상하여 신호처리를 하여 음장정보를 인공적으로 만든 것으로서 영화용인 경우에는 거의 이 타입에 의한 수록이다(음원 수용).

(3) 원음장이 존재하지 않고, 또는 존재하여도 그 음을 게재시키지 않고 연주회장 등의 청각 공간을 상상하여 수록된 것: 신세사이저와 전기 악기 등의 음은 음장을 게재하지 않고 전기 신호의 형으로 수록하는 것이다.

이상과 같이 실제의 청각 공간이 존재하는 것은 (1)의 경우이지만, 현실적으로는 (2)의 경우가 가장 많다. 따라서 여기에서는 본래의 음장 재생 뿐만이 아니고, 가상의 청각 공간 재생도 포함된 넓은 의미의 음장 재생을 의미하기로 한다.

### III. 음장재생 방법

오디오 시스템에서는 콘서트 홀의 분위기를 어떻게든 리스닝 룸에서 재생하기 위하여 지연회로나 잔향회로를 사용한 실험이 시도되고 있다. 한편, AV서라운드에는 일종의 4채널 매트릭스 방식으로 소스 작성자가 의도한 음을 청취자 주위에 정위시켜 영상 효과를 보다 높이려고 하는 것이다. 오디오의 4채널과는 달리 영상을 동반하고 있기 때문에 그 도움으로 인하여 매트릭스 방식이더라도 음상상위에 관해서는 문제가 없다. 여기에서는 오디오 시스템과 A/V시스템에서의 음장재생 방법에 관하여 기술한다<sup>2)</sup>.

#### 3.1 오디오 시스템에 있어서의 음장 재생

음장재생을 위한 가장 중요한 것은 신호원으로서의 레코드와 테이프 등의 소스중에서 음장 정보가 충분히 들어 있는 것이다. 음장 정보에서는 공간 정보와 시간 정보가 있으며, 현재 프로그램의 소스 내부분은 음원의 시간 정보를 주제로 만들어지고 있다. 시간정보로서는 좌우 채널의 레벨차만으로 의지한 것이 많으며, 2채널 전송에서 가장 큰 약점일지도 모른다. 이같은 소스를 사용하여 조금이라도 연주 회장의 분위기를 재현하기 위한 시도에는 다음과 같은 방법이 있다.

우선 연주 회장에 있어서의 청각 공간의 음장을 생각해 보면, 음원으로부터의 직접음과 벽과 천정 등으로부터 반사된 반사음으로 구성되어 있다<sup>3)</sup>. 이 반사음을 청각과의 관계로부터 초거 반사음 그룹과 차 반사음 그룹(잔향음)으로 구성되어 있다. 따라서 음장 재생을 시도하는 경우, 이들 성분을 만들어 내어 재이하는 것이 기본이다. 그리고 이들의 성분중

초기 반사음 그룹은 방향성을 가진 벡터량인것을 얻 두에 두고 스피커배치를 생각하지 않으면 안된다. 즉, 이 반사음은 청취자 정면 55도 방향에서 입사하는 것이 가장 큰 확산감을 준다<sup>15)</sup>. 표 1에 각 성분의 역할과 특징을 나타낸다. 여기에서 현재 음장 재생에 사용되고 있는 신호처리 내용의 주요한 것을 들어 보면, (1)메트릭스, (2)지연, (3)잔향, (4)상관관계, (5)위상 등 이다.

표 1. 각 음의 특징 및 역할

분 류	특 징	역 할
직접음 그룹	· 정면에서 도달 · 제일 먼저 도달	· 음원의 정위 · 음질의 표현
초기 반사음 그룹	· 지향성 · 지연시간은 20-60ms	· 확산감에 기여 · 직접음의 보강 · 명료도에 기여
고차 반사음 그룹 (잔향음)	· 무지향성 · 지연시간은 초기반사음 · 보다 길고 폭이 넓다	· 명료도 저하 · 잔향감에 기여

이들 처리의 조합이 실제로 이용되는 방식이다. 주요한 것을 설명하면 메트릭스 회로에서 얻을 수 있는 합성분 (L+R)은 센터 스피커로 재생하므로 2채널 스테레오의 결점인 중심 음상의 주파수 특성의 열화, 정위의 불안정함을 해소하는데는 효과가 있다<sup>16)</sup>. 지연 신호는 초기 반사음에 해당되고, (L+R)신호를 사용하는 경우와 L과 R신호를 각각 사용하는 경우가 있으며, 각각 지연 시간을 바꿔서 좌우로부터 다른

스피커로 재생하면 확산감 증대에 상당한 효과가 있다. 잔향을 상정하는 홀 등의 잔향 과정의 시뮬레이션이 가능하면 지연 처리만으로는 얻을 수 없는 확산감이나 음의 풍부함등을 얻을 수 있는 효과가 있다. 상관 계수와 위상처리는 (1)-(3)의 처리후의 신호에 보통 가해진다. 이상과 같이 처리한 신호는 L, R의 메인 스피커와는 다른 서브 스피커로부터 재생하는 것이 원칙이나, 부가되는 신호는 처리 내용에 따라 효과가 다르고, 그 위에 재생하는 스피커의 주파수 특성, 배치, 방향, 또는 스피커 자체의 지향특성 등 영향을 미치는 팩터가 많고, 재생되는 방에 맞추어 조정할 필요가 있다.

지금까지 음장 재생에는 많은 시도가 이루어지고 있으므로, 급후의 발전을 위해서는 이들 연구에 의한 견해를 정리하면 다음과 같다.

- (1)전방음의 재생을 위해서는 L, R 두개의 스피커에 센터 스피커를 부가 설치하는 것이 바람직하다<sup>17)</sup>.
- (2)초기 반사음은 청취자 정면에서 측정하여 (55 ± 20 도) 범위로부터 도래하는 것이 바람직하다<sup>18)</sup>.
- (3)초기 반사음은 직접음과 스펙트럼이 비슷한 것이 바람직하다<sup>14)</sup>.
- (4)초기 반사음의 바람직한 지연시간은 20~60ms의 범위이다<sup>17)</sup>.
- (5)초기 반사음과 잔향음 등의 간섭음을 음상의 확산점으로부터, 청취자의 양쪽귀의 상관계수가 작게 되도록 재생하는 것이 바람직하고, 복수개의 스피커로부터 그것들의 음을 방사하는 경우에는 스피커의 구동 신호끼리의 상관을 작게 하는 연구가 필요하다.

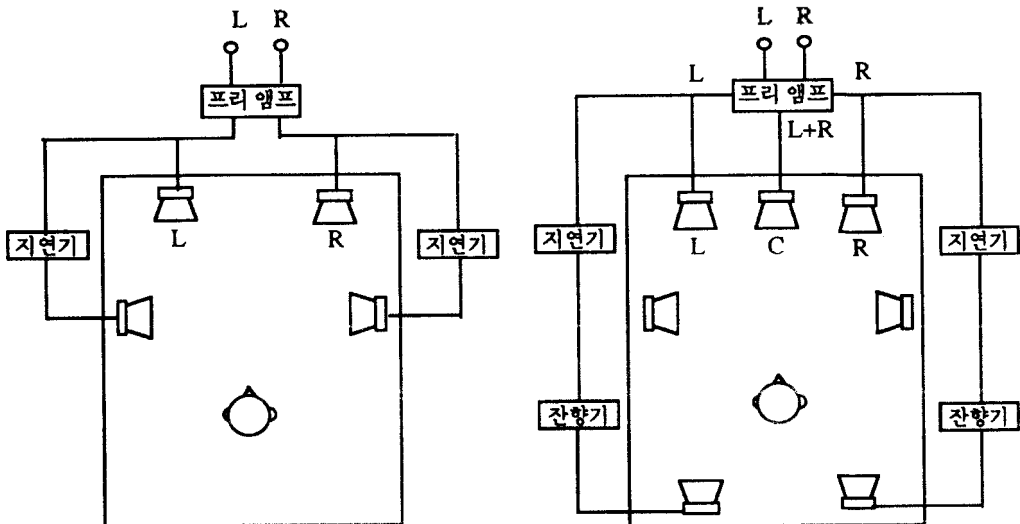


그림 1. 음장재생 시스템의 일례(그림에서 파워 앰프는 생략)

그림 1에 음장 재생 시스템의 일례를 든다<sup>1)</sup>.

3.2. AV시스템에 있어서 음장 재생

영상을 수반하는 음장 재생은 1952년에 공개된 대형스크린 영화 '시네라마'로 시작되었다. 이 시스템에서 영상은 3개의 필름에 동시 기록되어, 상영시에는 3대의 영사기와 1대의 테이프 레코드가 같이 운전되었다.

시네라마의 음향 재생계는 테이프 레코드로 6개의 재생 신호중 5개가 스크린 배후에 놓인 스피커를 구동하고, 남은 하나의 재생 신호가 여러 계통으로 나누어져, 극장 내의 벽면 스피커(14~16개)를 구동하도록 되어 있다. 시네라마는 규모가 너무 커서 어디에서나 상영 가능한 것은 아니었으므로 다음해 등장한 것이 시네마스코프이고, 오늘날에는 모든 극장에서 상영이 가능하다. 이 방식은 영상과 음성이 35mm 폭의 하나의 필름으로 동시 기록되어, 음성에는 4트랙 자기 기록 방식이 적용되고 있어, 이 음향 재생계는 전방이 3채널, 후방이 1채널로 배분되고 있다.

그 후 음성 기록을 2트랙 광학 기록으로 하고, 4채널 매트릭스 방식과 스트레오 시스템의 기술을 적용시킨 그림 2와 같은 다차원 음향 재생 영화 시스템이 Dolby에 의해 개발되었다. 이 다차원 음향 재생 영화 시스템은 1977년 유럽으로부터 보급되기 시작해서, 오늘날에는 영화의 주류가 되고 있다. 또, 이 방식은 원래가 2채널 전송이므로 비디오 테이프와 비디오 디스크 음성 기술에 그대로 융합시키기 위해, 이미 Dolby 방식을 엔코딩 한 비디오 테이프와 비디오 디스크가 최근에 보급되어 일반용 다차원 음향 재생 테이프도 제안되고 있다. 현재, 돌비 서라운드라는 가정

의 AV시스템에 있어서 유일한 음장 재생 시스템이라 할 수 있다.

IV. 음장 재생과 리스닝 룸

막상 보통 실내에서 음장 재생을 하는데에 문제가 되는 것은 재생하는 부분의 반사 음원상과의 관계이다. 본래의 홀의 음을 만든후에는 리스닝 룸의 반사 음원상은 방해가 되지 않는 편이 좋다. 즉, 완전하게 데드한 쪽이 좋다는 의미이다. 따라서 음장 재생을 할 경우에는 흡음 재료를 벽에 붙이기도 하고, 커튼을 치기도 하는 음향 처리를 하는 것이 효과를 높일 때 필요할 것이다.

보통 2개의 스피커로 스테레오 재생할 경우에는 리스닝 룸의 벽면에 의한 반사 음원상을 잘 이용하면 음으로 둘러싸인 느낌을 재현할 수 있고, 그 때문에 흡음재를 배치하여 벽과 천정의 경사를 음원축이 넓고 청취자축이 좁도록 하지 않으면 안되지만, 음장 재생을 위해서는 LIVE-END, DEAD-END로 벽은 음원축이 좁고 청취자축이 넓은 편이 좋다<sup>8)</sup>. 또한, 음장 재생의 경우에 잔향음이 어느 정도까지 허용되는가는 앞으로의 연구과제이다.

V. 음장 재생에 관한 규격

음장 재생의 시도가 여러가지 실시되면 그것들에 대한 개념이나 용어 등의 불통일이 생긴다. 그것은 기술 발전을 저해함과 동시에 유저의 혼란을 초래할 위험도 있기 때문에 일본 전자기기 공업회(EIAJ)에서는 [서라운드 포닉, 서라운드 시스템]에 관한 규격

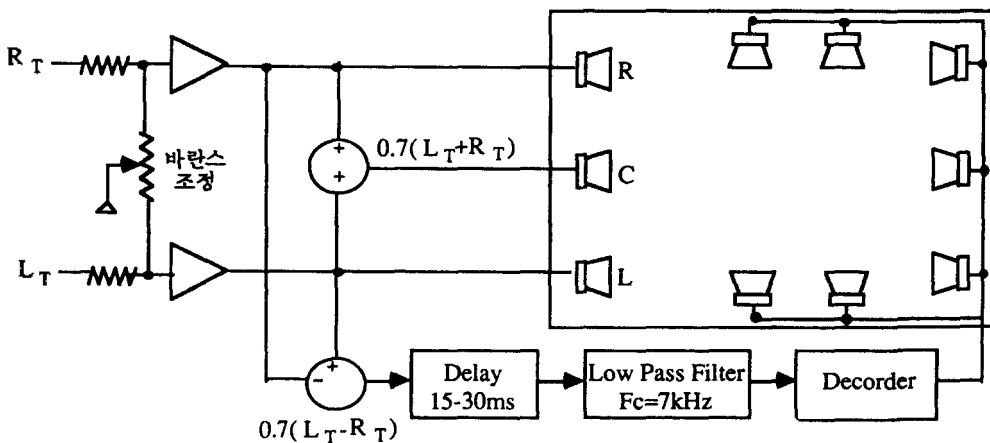


그림 2. 돌비 서라운드의 디코더

화를 피하여 규격 파일로서 완성하고 있다. 그 내용의 일부를 간단히 소개한다. 처음에 용어의 의미가 정해져 있어 그 일부를 다음에 나타낸다<sup>1)</sup>.

- (1) 현장감: 비교적 근접하여 청취자를 둘러싼 음원이 존재하는 듯한 감각
- (2) 확산감: 청취자로부터 비교적 떨어져서 음이 확산 또는 반향되는 듯한 감각
- (3)서라운드 효과: 재생 음장에 있어서 원신호의 음원 방향감이 보존된 채 위요감 및 확산감을 동반하는 음향감각 등 전부 15용어에 관하여 정해져있다.

다음에 서라운드의 정의로서 [음향 신호의 전송에 있어서 청취자에 대하여 서라운드 효과를 미치는 음향 개념을 서라운드포닉 사운드 (서라운드)라고 하며, 서라운드 효과를 구현하는 기능을 갖춘 기기 및 시스템을 서라운드 포닉, 서라운드 시스템(서라운드 시스템)이라한다]라고 규정되어 있으며, 서라운드 효과를 구현하는 방법 등에 관해서는 완전한 규정이 없다. 이와 서라운드 시스템 형태에 관하여 표2와 같이 3가지의 타입이 정해져있다. 이상 서라운드 시스템의 기술 파일을 간단하게 소개했으나 이후에도 공통적인 사항에 관해서는 규정화되어 갈 것이다.

표 2. 서라운드 시스템의 형태

분류	채널 수	형태
type 1	$\left[ \begin{array}{c} \text{원 신호} \\ \text{채널 수} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{전 송} \\ \text{채널 수} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{재 생} \\ \text{채널 수} \end{array} \right]$	
type 2	$\left[ \begin{array}{c} \text{원 신호} \\ \text{채널 수} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{전 송} \\ \text{채널 수} \end{array} \right] < \left[ \begin{array}{c} \text{재 생} \\ \text{채널 수} \end{array} \right]$	(1)수신신호로부터 보간신호를 얻는 것 (2)수신신호로부터 음향공간 정보를 부가한 신호를 만들어 내는 것 (3)상기 (1)과 (2)를 조합한 것
type 3	$\left[ \begin{array}{c} \text{원 신호} \\ \text{채널 수} \end{array} \right] > \left[ \begin{array}{c} \text{전 송} \\ \text{채널 수} \end{array} \right] < \left[ \begin{array}{c} \text{재 생} \\ \text{채널 수} \end{array} \right]$	(1)수신신호를 그대로 재생신호로 하는 것 (2)수신신호로부터 보간신호를 얻는 것 (3)수신신호로부터 음향공간 정보를 부가한 신호를 만들어 내는 것 (4)상기 (2)와 (3)을 조합한 것

## VI. 음장재생의 장래

음장 재생의 베이스는 프로그램 소스이며 시스템이다. 최근의 수음은 음원수음이 많기 때문에 악기 개개의 시간 정보는 풍부하지만, 악기의 배치 등에 관한 공간정보가 매우 적다. 그런데 음장재생의 궁극적인 목적은 세계 콘서트 홀의 음을 그대로 리스닝룸에 가져오는 것이다. 이것은 우리들에게 있어서 큰 꿈이지만, 좋은 음으로 음악을 듣기 위해서는 현재의 홀이 반드시 음향적으로 뛰어날 수는 없다. 현재, 음악 홀은 경영적으로도 많은 사람들에게 동시에 연주를 듣기 위해선 개실수가 많고 홀이 넓어오므로 오는 음압 저하에 기인한 감도의 최박화, 긴장 시간과 그 음악의 내용과의 불일치 등 반드시 만족할 수 있는 것은 아니다. 오히려 음향 성분이 정확한 음의 재현을 목표로 하는 것보다 더 좋은 음으로 들을 수 있는 조건을 연구해야할 필요가 있다. 건축상으로도

호합적인 집에서도 만들수 없는 홀을 전기적으로 만들어내어 재생하면 어떠한 홀에서 들은 음보다도 좋은 음을 들을 수 있는 가능성도 충분히 생각할 수 있다. 이것이 음후의 오디오에 부과된 가장 큰 테마일 것이다.

오디오의 화제는 바야흐로 디지털과 음장이다. 음장재생에 관한 연구는 디지털 기술의 도입에 의하여 새로운 전개가 기대되고 있으며, 오랜 세월의 꿈이 현실이 될 날이 빨리 오는 것을 바라마져 않는다.

## 참 고 문 헌

1. 石井, "音場再生について," JAS Journal, 15-21(1986, 7)
2. 山家, "音場再生のいろいろ," JAS Journal, 10-19 (1986,4)
3. 藤木, "ダミーヘッドを用いた録音再生系-音楽収録につ

- いて," 信學會電音資料, EA71-1(1971).
4. Y. Ando, *Concert Hall Acoustics*, Springer-Verlag (1985).
  5. Y. Ando, "Subjective preference of sound field with a single reflection," *Acustica* 37, 111-117(1977).
  6. 藤木, "ステレオフォニクにおける正面虚音像について," 信學會電音資料, EA81-16(1981).
  7. M. Barron, "The subjective effects of first reflections in concert halls-the need for lateral reflection," *J. Sound Vib.* 15, 256-268(1980).
  8. D. Davis, "The LEDE concept for the control of acoustics and psychoacoustics parameters in recording control room," *J. Audio Eng. Soc.* 28, 585-595(1980).
  9. EIJA 技術 ファイル, "サラウンドホニク, サウドシステム," STC-020, 日本電子機械工業會.

▲강 성 훈 : 9권 1호 참조