

超音波工學의 最近의 發展과 特徵

조 원 경*

1. 序 言

넓은 의미에서 超音波 工學은 전자工學의 일부이다. 最近의 발전 상황뿐만 아니라 超音波 工學의 特徵과 概要를 간단히 기술하겠다.

첫째, 超音波의 정의는 “인간의 귀로 들을 수 없는 매우 높은 주파수의 음”이라고 하지만 可聽 주파수와 不可聽 주파수의 경계는 분명히 말할 수 없다. 왜냐하면 주파수의 上限경계는 개개인의 나이, 소리 강도에 따라 서로 틀리기 때문이다. 오직 物理的인 現象에 있어서 音波自體는 인간의 귀로 들을 수 있거나 없거나 간에 어떤 구별을 할 수 없다. 그런 사실 때문에 분명히 들을 수 있는 주파수의 음이 초음파로 使用되는 경우가 있다.

그러므로 超音波를 분명히 定義하려고 노력하는 대신에 초음파의 응용이나 超音波 工學을 다음과같이 定義한다.

超音波 應用은, 인간의 귀로 의식적으로 들을 수 없는 音波의 응용이나, 인간의 귀로 들을 수 있는 것 보다 더높은 주파수의 응용이라고, 보다 정확히 말할 수 있다. 일반 음향공학은, 다른 말로 전화, 방송, 테이프 레코드, 건축상의 음향공학 등을 포함한다.

그들 음은 분명히 인간의 귀로 의식할 수 있거나 인간의 귀에 관계되었다.

만약 우리가 일반 음향공학이 전적으로 인간의 청각신경에 관계되었다는 사실을 생각한다면, 일반 음향공학의 정의를 超音波의 응용과 超音波 工學의 특징으로부터 분명히 구별하여 말할 수 있을 것이다.

2. 超音波 應用의 概要

초음파는 여러가지로 응용되고 있다. 또 最近 전문분야로 다양해지고 복잡해졌다. 그러므로 그 응용을 체계적으로 배열한 도표를 작성하였다. 超音波의 응용을 크게 知的應用과 動的應用 두가지 類으로 분류할 수 있다.

2.1 超音波 知的應用

표 1은 超音波의 知的應用의 요약된 서술이다. 두번째 열은 응용의 例를 보여준다. 그러나 그것은 현재 모두 실용화 된것은 아니고 미래에 기대할 수 있는 것도 있다. 표의 어떤것은 정확히 이해를 주기에 불충분한 것이 있다.

표 1의 方法 1, 2, 3은 펄스응답으로 반사원(源)의 여러가지 데이터 획득 목적으로 사용되었다. 측정은 스칼라 값의 향으로 직접 데이터를 준다. 그러나 실제 응용에서 거리 방위각 등의 측정이 반사원의 위치를 결정하는데 포함되고 그러한 측정은 여러가지 실제 응용에 필요하다. 물고기의 탐색에 필요한 정보는 물고기의 型, 고기의 크기 어군의 밀집도, 어군(魚群)의 모양과 움직임등이 된다. 이런 정보를 획득하려면 대양의 단면을 측정하여 기록지에 기록하고 비교함으로써 전문가가 판단을 내릴 수 있다. 마찬가지로 비슷한 방법을 의료진단에 사용한다. 단면 그래프를 음극선 부라운관으로 보고 많은 수치의 향을 관찰하여 진단할 수 있다. 금속 波面 검사時, 펄스 응답의 정보를 기초로한 시험으로 금속이 안전한가 위험한가, 또는 합격 불합격을 분류할 수 있다.

표 1과 같은 일반적 분류, 단면적 관찰의 형태로, 정보를 인간에게 전달하는 방법은 많은 경우에 사용된다. 아직까지 현재장치에는 많은 불만

* 준회원 경희대학교 전자공학과

표 1. 超音波의 知的應用(액체와 공기중)

제 목 과 방 법	사 용
1. 수중음파 탐지기; 수중의 펄스 응답으로 반사원(源)의 정보를 획득	魚群, 고래, 잠수함의 탐색; 水深測定, 대양의 해저 지층 조사
2. 금속破面의 탐지; 고체의 펄스 응답으로 반사원(源)의 정보를 획득	중요부품, 기계의 재료와 장치의 非 파괴 실험
3. 의료 진단 장치 上과 同一	암, 뇌종양, 뇌출혈 등
4. 물질 두께 측정장치; 반사의 간섭과 반사표면으로부터 波의 전달 (frequency Sweeping)	고압탱크, 보일러, 폭탄, 케이블, 피복의 외부 표면으로부터 두께 측정
5. 기계적 윗타; 복잡한 기계적 공명 계통을 통한 진동의 전달	전기 윗타의 축소
6. 지연 선로; 액체와 고체속 펄스의 통과 시간	전기 펄스의 지연과 기억 장치
7. 水中通信; 초음파를 반송파로 사용한 통신	수중 원격측정기(어망의 깊이등) 짧은 거리의 수중전화
8. 水準器, 수면메타 등; 펄스반사에 의한 거리측정	공학적 측정
9. 風束計, 流束計, 혈액흐름 측정기; Doppler 효과	측정과 의료진단 공학
10. 혼합물의 성분 시험메타(가스, 용액): 혼합물내의 소리의 속도 측정	측정공학과 제어용 Sensor
11. 건축음향학 모델테스트; 波長에 비례하여 모델내의 초음파와 전자류의 상호작용	실내 음향효과와 연구와 실험, 회관의 설계등
12. 물질의 특성 연구 방법; 간섭계, 빛의 회절할때 파장의 정확한 측정과 초음파의 흡수 댐핑(damping) 측정	초고주파 전기 신호의 증폭 가능성
13. 초음파에 의한 증폭; 압전반도체 내의 초음파와 전자류의 상호작용	

족한 점이 있어 그 장치의 사용자들은 많은 어려움에 직면하고 있다. 표 1의 방법 1,2,3의 종합에서 量的으로 不正確한 多次元의 데이터를 처리

하는 문제는 관점의 문제로 생각할 수 있다. 그래서 세가지 방법의 기술을 정비하고 개선하는 것이 필요하다고 생각된다. 또한 세가지의 방법

을 바로 단순한 측정으로 생각하는 것은 다른 견해를 유발할 위험이 있다.

표 1의 方法 4, 8, 9, 10은 측정응용의 범주이다. 이들 方法의 利點은 다른 方法으로는 믿을 수 없는—비록 정밀도는 낮더라도—측정 데이터를 믿을 수 있다는 사실이다.

방법 5, 6은 전기회로 부분의 특성을 갖는다. 협의로 다만 방법 7이 통신에 속한다. 그러나 이 수중초음파의 方法의 큰 댐핑(damping)으로 인한 불안정과 느린 전송속도 때문에 통신 매개체로서 뒤떨어졌다. 그러므로 방법 7의 사용은 일반적으로 다른波의 사용이 不可能한 경우로 제한된다. 예로, 짧은 거리(1km 미만)의 水中 通信이다. 이외 표 1에 정리되지 않은, 대기중에서 초음파의 知的應用은, 화재경보, 도난경보, 장님을 위한 장애물 탐색, 텔레비전 채널 스위치의 원격 조정, 자동차 교통량 조사 장치등이 있다.

水中보다 큰 투과율의 댐핑(damping), 대기중에서 송수신 변환기의 효율 저하 때문에 공기중에서 초음파의 사용은 매우 짧은 거리에 限하여

제한되어 있다.

방법 11, 12, 13은 학문적 이익을 위한 초음파응용이라고 말할 수 있다. 과거와 현재의 과학자들은 방법 12와 비슷한 많은 연구를 했고, 최근 이러한 方法은 극단적으로 낮은 온도에서 물질의 고유성 연구에 사용되고 있다.

또한 冶金術에서, 그 방법은 금속내의 초음파 댐핑을 결정하는데 사용된다. 방법 13인 초음파의 증폭에의 이용은 앞으로 연구할 문제이며, 현재 그 자체의 현상은 연구의 論題이다.

2.2 超音波의 動的應用

초음파 응용의 이러한 型은 새로운 분야이다. 본격적인 사용은 불과 약 10年前에 시작되었다. 초음파로 할 수 있는 어떤 종류의 일은 대단히 큰 전력을 필요로 하고 현재로는 경비가 비싸며 결과적으로 같은 일을 할때 초음파에 의한 方法이 불경제적이다. 그러므로 초음파는 특수한 목적에만 사용되고, 실제로 초음파의 사용은 제한되어 있다.

이 표 1, 2, 3에는 초음파 응용의 많은 例가 정

표 2. 超音波의 動的應用(액체와 공기중)

제 목 과 방 법	사 용
1. 액체내에서 액체 입자의 분산	乳劑의 생산 등
2. 액체내 固體粒子群의 분산	프린트 잉크 생산, 전자사진 잉크, 전자현미경에 사용하는 테스트샘플의 제조
3. 세포벽의 파괴	박테리아의 파괴와 효소 교오균의 발취
4. 세탁; 세탁용액내에서 오물제거와 파괴	정밀기계 부품, 접시, 의료진단장치 등
5. 액체내 미립자 수집	물속 석탄의 작은 가루 입자
6. 화학 반응의 촉진; 물질 반응의 확산촉진	
7. 전기도금; 극 표면에 과전압 상태의 방지	도금속도 촉진과 작은 흠의 방지
8. 금속산화 표면제거	납땜과 화학 처리를 위한 산화물 제거
9. 가스 발취; 액체에 용해된 가스 제거	녹아있는 금속내 가스의 여기로 산화효과 방지
10. 금속이 고체화 할때 결정 크기의 최소화	알루미늄등
11. 먼지 입자의 수집; 대기중 작은 입자의 모음	연기로 인한 공기오염 방지, 자원회복등
12. 脫水; 증발의 가속	

표 3. 超音波의 動的應用 (고체)

제 목 과 방 설	사 용
13. 제조에 초음파 사용; 미세한 충격파괴의 반복	게르마늄, 실리콘, 크리스탈, 루비, 다이아몬드 등의 절단과 구멍
14. 초음파, 진동에 의한 절단; 충격의 반복(금속 절단)	선반의 날, planer, 끌, 광산기계 등의 절단
15. 초음파 용접; 접합면에 조정할 수 있는 초음파 진동으로 열을 발생 압력을 주어 용접	보석세공, 얇은판, 가는 선 등과 프라스틱(압력의 증가와 진동으로 열이 발생)
16. 금속의 강도 시험; 테스트 샘플의 응답에 의한 초음파 압력	짧은 시간에 $10^7 \sim 10^9$ 주파수로 반복
17. 오일점성의 내구성 테스트; 진동으로 고분자 분리	브레이크 오일, 급유오일 등
18. 의료 치료 장치; 열의 발생과 온화한 마사드로 신진대사 촉진	여러가지 만성 질병, 상처나 부상의 치료후 남은 상처등
19. 초음파에 의한 외과수술; 초음파 초점에 의한 파괴	두뇌 내부의 非절개수술(Skull-open door)

리되어 있다. 그외에 몇가지 가능한 응용이 있지만 실제 널리 사용되고 있는 기구는 초음파 세탁 장치이다. 여러 종류의 응용중에는 초음파만을 사용해야 하는것도 있다. 그럼에도 불구하고 초음파장치의 생산량은 매우 적다. 非超音波장비는 非속련집에 의해 가정 전기용품처럼 동작될수 있지만, 현재 초음파장비는 다만 공업이나 연구용에 사용된다. 이를 장치는 다소 무선송신기와 유사하므로 동작과 보수에 훈련된 사람이 필요하지만, 반드시 과학자나 기사가 아니더라도 된다.

그러므로 장래 超音波工業의 육성을 위해서 超音波의 새로운 使用의 發見과 제작기술의 개발에 노력하고 또한 주의할 사항은 경비의 절감, 장비의 간편한 조작, 견고, 간단하고 보수 경비의 저렴 등이다.

많은 超音波 장치는 진공관 발전기와 音波변환 장치로 구성되어 있다. 最近 진공관은 출력 트랜지스터나 SCR 로 급히 대중적으로 대체되는 경향이 있고, 非진공관 장비의 생산이 시작되었다. 초기에, 일반적인 변환기는 磁氣驅動 니켈과 電

氣驅動 티탄산 바리움이었다.

요즈음은 니켈은 페라이트로 티탄산 바리움은 티탄산 지르코늄(상품명 PZT)로 대체되고 있는 경향이다. 페라이트 발전기가 대부분 세탁기 장치에 사용되고 있다.

動的應用 발전기는 힘든일에 使用된다. 그러므로, 그것은 온도상승, 파괴, 과부하로 인한 효율 감소등을 제한할 수 있어야 한다. 니켈판 多周波數 발전기와 비교하면 페라이트, 티탄산 바리움, PZT 등을 使用한 장치의 효율은 대단히 높고 이 高効率로 인해 경비를 줄일 수 있고 과도한 온도상승을 방지 할 수 있다. 그러나 효율의 증가만을 고려한 변환기 요소를 使用하면 다른 短點이 생긴다.

변환기 출력의 音負荷와 기계적 부하 조건이 使用中 변할 수 있다. 그러므로, 高효율 발전기는 動特性 임피던스가 불규칙적으로 변동하므로 전기적 임피던스의 변동을 가져온다. 결과로 발전장치의 임피던스 조정에 영향을 줄 수 있다. (즉, 임피던스 정합이 되지않음) 그러므로, 진공

관을 최대정격에서 사용한다면 실패의 위험이 있다. 만약 출력 無負荷(기계적 負荷나 흡입피턴스가 零이 될때), 고효율 발전기에서, 입력을 줄이지 않는다면, 변환기가 파괴 될때까지 큰 진동의 위험이 있다. 그러므로, 고효율 장치는 이런 위험에서 보호시키도록 고려해야 한다.

페라이트와 PZT가 200°C에서 사용할 수 있다는 사실은 고온에서 초음파 응용의 새로운 개발에 밝은 전망을 보여준다.

표 2에서 1에서 10까지는 액체내의 응용이다. 방법 2, 7, 10을 제외한, 나머지는 음의 압력이 1기압 이상일때만이 Cavitation 발생이 효과적이다.

Cavitation이란, 音壓力 上상태의 瞬時値가 一로 될때, 액체의 가장약한 부분이 당겨지고 빈공간이 생긴다. 이러한 빈공간이 붕괴되는 순간에 音壓力이 큰 침투체에 도달하여 여러가지 파괴행위의 원인이 된다. Cavitation은 액체내에서 초음파의 중요한 현상이다. Cavitation에 대해 많은 연구가 행해졌지만, 그現象 自體는 국소적인 과도현상이고, 더구나 극단적인 非線型 特性을 갖는다. 그래서 설명하기에 매우 어렵다.

3. 超音波 工學의 特殊性

초음파 공학의 특수성을 일반 음성공학과 비교하여 다음과 같이 간단히 論할 수 있다. 그 特徵은 (i) 매개체의 극단적으로 넓은 변화, (ii) 대 출력 응용, (iii) 짧은 波長의 使用.

3.1 매개체 특성의 넓은 변화

일반 可聽音 工學은 궁극적으로 인간의 귀로 들을 수 있는 것에 관한 것이다. 음성공학에서는 정상 온도와 정상 대기압에서의 공기만을 매개체로 고려했다. 그러나, 초음파 공학은 인간의 귀에 관계없다. 결과적으로, 모든 물질이나 물질의 많은 다른 상태는 온도나 압력의 변화에 의해 초음파 공학의 관심의 대상이 된다. 공기와 다른것 액체나 고체 물질은 극단적으로 높은 소리의 抵抗(ρC , 밀도 \times 소리의 속도) 特性을 갖는다. 액체와 고체내에서 소리의 송수신은 구조상 공기중에서와 다르다. 액체가 매개체로 사용될때 극단

적으로 $\rho \cdot C$ 가 작은 공기 거품이나 작은 진공상태이라도 音波의 방향에 실제로 영향을 줄 수 있다는 것이 난점이다. 고체 매개체에서, 3次元 高 유성은 縱波와 동시에 여러가지 橫波에 기인한다. 매개체의 이러한 여러가지 特性은 초음파 공학을 더 연구하는데 어렵고 복잡한 원인이되나, 그러한 어려움과 복잡성은 그들 特性 應用의 개발을 필요로하고, 연구가들을 위해 많은 흥미를 제공한다.

3.2 高出力 超音波

인간의 귀의 감도는 대단히 좋으므로, 어느 강도이상의 可聽周波數 音波는 공기중에서 使用하기에 적당치않다. 인간의 귀 근처에서 10^{-10} 기압 이상은 소리로 듣고, 10^{-4} 기압 이상은 귀를 상하게 한다. 1기압의 靜壓力 下에 10^{-4} 기압의 靜壓力보다 적은 교변 압력은 소리로 인간의 귀에 감지된다. 그러므로, 사이렌의 특별 부분이나, 확성기의 내부를 제외하고, 강한 진동(매개체의 非線型性 때문에 문제가될 가능성이 있다.)은 필요하지도않고 발생되지도 않는다.

超音波의 動的 應用은, 일반적으로, 많은 경우에 파괴 효과로 이용되고, 인간의 귀에 문제되지 않는다. 액체내에서 음의 압력은 대기압력의 10^{-1} 에서 10^{+1} 범위에서 발생된다. 극단적으로 강한 음의 압력은 금속의 강도 테스트에 사용되고, 이 경우 수천 기압의 음의 압력이 사용된다. 초음파의 知的응용은 인간의 귀에 제한되지않고 可聽音과 비교해서, 충분히 강한 소리의 압력이 또한 사용된다.

초음파 공학은 원칙적으로 인간의 귀에 관련되지 않은 기술학이다. 그것이 可聽周波數를 使用하지 않는 기본 이유가 아니라, 만약 可聽周波數가 대기중에 유출된다면, 작업자와 인근 주민에게 극히 큰소음이 될것이기 때문이다. 그러므로 특별히 필요하지 않은한 可聽周波數는 피한다.

3.3 短 波 長

소리의 속도는 공기중에서보다 액체와 고체속에서 더 빠르다. 그러나 波長은 더높은 주파수때문에 공기중에서보다 짧다. 波長의 범위는 수중 탐지기에서 약 7mm~30cm, 액체속 動的應用에서 3mm~10cm, 금속 波面 검사에서 0.4mm~1cm

이다. 이 파장의 범위는 마이크로파의 電磁氣 스펙트럼과 비슷하다.

데이터로 기록된 가장높은 주파수는 70Gc 이다 그것은 최근에 발생되고 검출되었다. 이 파장은 약 $40m\mu$, 즉 400A, 可視光線의 파장보다 1/20 이나 짧다.

기록된 가장 짧은 波長은 예외로 하고 실제 응용범위의 短波長은 초음파 공학에 영향을 미치는 다음과 같은 特性을 갖는다. (i) 렌즈, 프리즘, 오목거울 등의 기하 광학적 요소가 실제응용을

위해 큰 크기로 제작된다. (ii) 송수신의 지향성 감도는 쉽게 증가한다. 그러나 無指向性을 만드는 것은 어렵다. (iii) 펄스 길이는 펄스 반사방법에서 짧게만들어지므로, 거리의 분리가 매우 좋다(날카로운 지향성 감도는 좋은 角 분리를 가능케 한다. (iv) 비교적 짧은 거리에서 정확한 파장 측정을 할 수 있으므로 테스트 샘플의 제한된 量으로 소리의 속도를 정확히 측정할 수 있고 이로부터 탄성의 배율을 결정한다.