

연구과제 결과 내용

◆ DVD 와 DVC 적용을 위한 Reed-Solomon 부호의 부호화기/복호화기에 관한 연구(A study on the encoder/decoder of Reed-Solomon code for application to DVD and DVC)



송 홍 업

연세대 전기전자전공/부교수/부호및정보이론

1. 연구 배경 및 목표

CD 및 DAT 등과 같은 디지털 저장기기 등에서 가장 널리 사용되고 있는 오류 정정 기법은 Reed-Solomon 적부호이다. 디지털 저장기기의 경우 매체 자체의 결함 등으로 인한 오류가 발생했을 경우 통신 시스템에서처럼 재전송이 불가능하므로 순방향 오류 정정 기법의 사용이 불가피하다. 특히 디지털 저장매체의 특성상 오류가 발생하였을 때 연속적으로 발생하는 연접 오류가 많기 때문에 이러한 연접 오류를 효율적으로 정정할 수 있는 기법이 요구된다. 이러한 요구조건을 만족시키는 기법이 Reed-Solomon 적부호 기법이다. Reed-Solomon 부호는 적부호로 사용됨으로써, 연속적으로 발생하는 연접 오류를 erasure 정정 방법을 사용하여 보다 효율적으로 정정할 수 있다.

본 과제는 이러한 디지털 저장기기에 사용되는 Reed-Solomon 적부호의 부호화기/복호화기를 설계하고 심볼 오류 확률을 최소화할 수 있는 복호 방법을 고안하는 것을 목적으로 하였다.

2. 연구 내용

Reed-Solomon 부호는 그 뛰어난 오류 정정 능력에도 불구하고 그 복호의 어려움 때문에 실용화되는 데 상당한 시간을 지나야 했다. RS 부호의 복호가 복잡하게 되는 주된 이유는 그 연산이 일반적인 이진 연산이 아닌 유한체 위의 연산이라는데 있다. 이러한 유한체 연산은 일반적인 연산보다 수십 배의 복잡도를 갖기 때문에 결과적으로 복호화기의 복잡도가 크게 증가하는 것이다. 따라서 본 과제에서는 이러한 유한체 위의 연산을 하드웨어적으로 간단하게 할 수 있는 방법들을 연구하였다. 특히 유한체 연산중에서 가장 구현이 복잡한 것은 나눗셈인데 일반적으로는 직접 나눗셈을 하지 않고 역원을 곱하는 형태를 취하게 된다. 그러나 역원을 구하는 회로 자체가 곱셈을 구현하는 회로에 비해서 매우 복잡하므로 이러한 역원을 구할 필요가 없는 복호 방법을 생각하는 것이 필수적이다. Reed-Solomon 부호의 복호에서 역원계산이 필요한 곳은 오류 위치 다항식을 계산하는 부분과 오류 값을 계산하는 부분인데 본 연구에서는 오류 위치 다항식의 계산을 Inverse free Berlekamp 알고리즘을 사용함으로써 역원 계산을 줄일 수 있었다. 또한 오류 위치와 오류 값을 계산하는 부분에서는 특별한 초기값 loading 회로를 이용함으로써 유한체 곱셈기의 개수를 줄임으로써 회로를 보다 간단하게 만들 수 있었다.

일반적으로 복호화 단에서 발생하는 오류의 종류는 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째 오류의 종류는 복호기가 그 오류를 검출한 오류이고 두 번째는 오류가 존재함에도 불구하고 복호기가 그 오류를 검출하지 못하는 오류이다. 일반적으로 첫 번째 오류보다 두 번째 오류의 발생 빈도가 훨씬 작다. 따라서 전체적인 심볼 오류 확률은 첫 번째 오류에 의해서 결정된다고 할

수 있다. 그러나 두 번째 오류, 즉 검출 불능 오류가 보다 더 큰 문제를 야기시킨다. 이러한 점을 감안하여, 본 과제에서는 전체적인 심볼 오류 확률을 증가시키지 않으면서 검출 불능 오류 확률을 떨어뜨리는 복호 기법에 대해서 연구하였다.

### 3. 결과

기존에 많이 연구되었던 CD 및 DAT 등에서 많이 사용된 짧은 길이의 RS 적부호에 대한 복호 방법들은 심볼 오류 확률 측면에서 본 과제의 연구결과보다 더 나은 성능을 보이지만 RS 부호의 길이가 길어짐에 따라 복호기의 복잡도가 크게 증가하는 경향이 있기 때문에 DVC, DVHS, DVD 등과 같이 길이가 길고 오류정정 능력이 큰 RS 부호를 사용하는 곳에는 사용하기가 실제적으로 불가능하다 할 수 있다. 그러나 본 과제에서 개발한 복호 방법은 길이가 길어지더라도 복호기의 복잡도를 증가시키지 않으며 동시에 검출 불능 확률을 크게 떨어뜨릴 수 있었다. 다음 그림은 본 과제에서 개발한 방법과 기존의 방법의 심볼 오류 확률을 비교한 것이다. 그림에서 Puc 는 오류 정정 불능 확률이고 Pud 는 오류 검출 불능 확률이다. 그림에서 알 수 있듯이 본 과제에서 개발한 방법은 오류 정정 불능확률은 기존의 방법과 거의 같은 반면 오류 검출 불능 확률에 있어서 확실히 좋은 성능을 보인다.

