

차세대 이동통신을 위한 TCM 복호기 구현에 관한 연구

은도현*, 최윤석**, 조훈상***, 김응배****, 이순흠*****

A Study on the Implementation of the TCM DECODER for Next Generation Mobile Communication

Do-Hyun Eun, Yun-Seok Choi, Hoon-Sang Cho, Eung-Bae Kim, Sun-Heum Lee

요 약

본 연구를 통하여 동일 대역폭 효율하에서 해밍거리를 이용하여 복호를 하는 기존의 컨볼루션 부호보다 유클리드 거리를 이용하여 복호를 하는 트렐리스 부호화 변조기법의 성능이 우수함을 확인하고 이를 바탕으로 기존의 컨볼루션 복호기보다 더 우수한 TCM 복호기 칩을 개발하였다.

본 논문에서는 TCM 복호기를 하드웨어로 구현하기 위하여 우선 현재 사용중인 컨볼루션 부호와 트렐리스 부호화 변조기법(TCM)의 송수신기 부분을 각각 C-언어로 경판정 방식의 해밍거리를 이용한 컨볼루션 부호보다는 유클리드 거리를 이용한 TCM 기법이 적용되었을 때 성능이 더 우수하다는 것을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 연판정 방식을 이용하고 구속장이 3, 5, 7인 TCM 복호기 칩을 AHDL 언어를 이용하여 설계하였다. 그리고 Altera사의 MAX+plus II version 8.2 장비를 이용하여 설계된 TCM 복호기 칩이 올바르게 동작하는지를 검증하였다.

ABSTRACT

In this paper, we presented that the performance of the TCM(Trellis Coded Modulation) using the Euclidean distance is better than that of the convolutional code using the hamming distance under the same bandwidth efficiency. And the TCM DECODER for next generation mobile communication replacing the using convolutional decoder is implemented.

Also, for the implementation of the TCM DECODER, the convolutional decoder and the TCM decoder were made by C-language and simulated under AWGN channel with respect to the hard decision and the soft decision. So we proved that performance of the TCM is better than that of the convolutional code. From this result, TCM DECODER, of which constraint length is 3, 5 or 7 and which use the soft decision method, was implemented using the AHDL(Altera Hardware Description Language) and certified using the Max+plus II version 8.2 of Altera corporation.

* 안양과학대 ** 고려대 전자과 *** 순천향대 전기전자학부
**** ETRI ***** 순천향대 전기전자학부
접수일자: 2000. 12. 9

I. 서론

디지털 이동통신 환경에서 사용가능한 주파수 대역폭과 송신전력은 일반적으로 제한되어 있으며, 이 두 요소는 신호품질 및 가입자 수용용량에 직결되는 사항이다. 따라서 증가추세의 가입자를 수용하고 서비스 품질을 개선하기 위해서 보다 효과적인 신호전송기술이 요구된다. 전송품질을 향상하기 위해서는 신호의 에너지를 증가하거나 채널코딩방법이라는 두 가지 방식이 주로 사용된다. 신호 에너지의 증가는 비유면에서 문제가 되며, 채널코딩의 문제는 코딩에 의한 리턴던서의 증가로 인한 사용 주파수 대역폭의 증가로 채널용량의 감소를 가져오게 된다는 단점을 가지고 있다. 따라서 신호 에너지의 증가나 신호대역의 증가없이 신호품질을 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 요구되어 왔다. 채널코딩과 변조를 접목한 기법을 사용하여 신호에너지 및 신호대역폭의 증가 없이 신호품질을 향상시킬 수가 있는 트렐리스 부호화 변조(Trellis Coded Modulation; TCM)가 1976년에 처음 제안된 이래 많은 연구가 진행되어오고 있다.[1][2] 이미 개발된 콘볼루션 부호기의 개발은 무의미하다고 생각이 되므로 본 연구를 통하여 동일 대역폭효율하에서 성능이 콘볼루션 부호기보다 더 우수한 TCM 부호기 칩을 개발하여 차세대 이동 통신의 핵심 부분으로 자리매김 하는 데 연구 목표를 두었다.

본 논문에서는 유클리드 거리를 이용하여 복호를 하는 트렐리스 부호화 변조기법의 송수신기와 해밍 거리를 이용하여 복호를 하는 기존의 콘볼루션 부호의 송수신기를 모두 C언어로 시뮬레이터를 구현하였으며, 시뮬레이터를 구현할 때 연판정 방식과 경판정 방식에 대해 각각 구속장이 3, 5, 7, 9일 때의 모든 경우에 대해 그 결과를 확인해 보았다. 이런 결과를 바탕으로 연판정 방식의 구속장이 3, 5, 7인 TCM 부호기를 직접 AHDL 언어를 이용하여 하드웨어로 설계하고[5] Altera사의 MAX+plus II version 8.2 장비를 이용하여 설계된 TCM 부호기 칩이 올바르게 동작하는지를 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 구현된 시뮬레이터의 알고리즘을 기술하고 3장에서는 구현된 시뮬레이터를 바탕으로 콘볼루션 부호기와 TCM 부호기의 성능을 비교 분석하여 그 결과를 그래프로 나타내었고 4장에서는 AHDL을 이용하여 설계된

TCM 부호기의 칩에 대해 단계적으로 기술하였다. 5장에서는 설계된 칩을 CAD장비를 이용하여 올바르게 동작함을 검증하였으며 6장에서는 결론을 맺었다.

II. 제안된 복호 알고리즘

기존의 비터비 복호 알고리즘은 현재의 입력 심볼 코드에 대한 해밍 또는 유클리드 거리 계산에 따라 선택 경로를 설정하고 이로부터 trellis 상태들을 이용한 역추적 과정을 통하여 과거의 오류 있는 심볼을 정정할 수 있다는 방식만을 제안한 것으로서 실제로 구현이 가능한 방법이 제시되지는 않았다.[3] 여기서는 실제 구현이 가능한 오류정정 방법 및 전체적인 복호 알고리즘을 제안하였다. 여기서 제안된 복호 알고리즘에 대해서 간략하게 설명하겠다.

부호기는 부호기의 모든 상태에 대한 상태전이 및 예상 출력 코드를 저장하고 있어야 하며, 부호기내 레지스터의 초기상태가 s0에서 시작하기 때문에 여기에 가중치를 두어 최초 상태가 s0였음을 인식하도록 한다. 이 후 전송 시작 신호에 의해 부호화된 코드 심볼을 입력받고 각 상태 모듈별로 수신된 코드와 예상코드와의 해밍거리(콘볼루션부호일 경우) 또는 유클리드 거리(TCM일 경우)의 계산을 통해 부호기의 현재 상태를 선택 경로로서 설정한다. 또한, 부호기의 이전 상태를 결정하고 이에 따라 기억되어 있는 각 이전 상태들의 모든 값에 대한 오류 정정을 반복 수행하며, 최종적으로 (K-1)단계 이전에 부호기로 입력된 데이터를 복호하여 출력한다. 이러한 일련의 과정을 전송종료 신호가 도달할 때까지 반복 수행한다. 여기서 오류정정기법에 대해서 알아보자.

부호기내에 기억된 부호기의 각 상태별 예상 출력 심볼과 수신된 심볼의 유클리드 거리 할당 값이 가장 작은 상태가 부호기의 현재상태로써 판단된다. 이 현재 상태의 값과 수신된 심볼코드값으로부터 부호기의 이전 상태를 결정할 수 있다. 결정된 이전 상태를 표현하는 비트중에서 lsb가 (K-1)단계 이전에 부호기로 입력된 데이터가 된다. 여기서 K는 구속장을 나타낸다. 선택경로로 지정될 수 있는 임의의 현재 상태 S[i]의 상태번호를 m이라 하면 이 상태로 천이될 수 있는 이전 상태 S[i-1]의 상태 번호는 각각 ((m/2) modulo 2)와 (((m/2) modulo 2)+2^{K-2})가 됨을 알 수 있고, (K-1)단계 이전에 TCM 부호기로 입력된 데이

터 $d[i-(K-1)]$ 은 임의의 모든 상태에 대한 최소 유클리드 거리 계산 과정에서 "0" 또는 "1"로 구해진다. 즉 모든 상태의 최소 유클리드 거리 계산 값 중 최소값으로 선정된 현재 상태를 표현하는 비트에 대하여 좌로 한 비트를 쉬프트한 후 구해진 $d[i-(K-1)]$ 값과 OR를 하면 예상되는 이전 상태를 표현하는 비트를 구할 수 있다.

그러므로, 복호 과정 중 시간 진행에 따른 모든 상태의 $d[i-(K-1)]$ 을 기억하고 있으면 새로이 수신된 심볼코드에 대한 선택 경로로부터 이전 상태들을 역추적할 수 있다.

위에서 설명한 복호알고리즘의 순서도를 그림 1에 나타내었다.

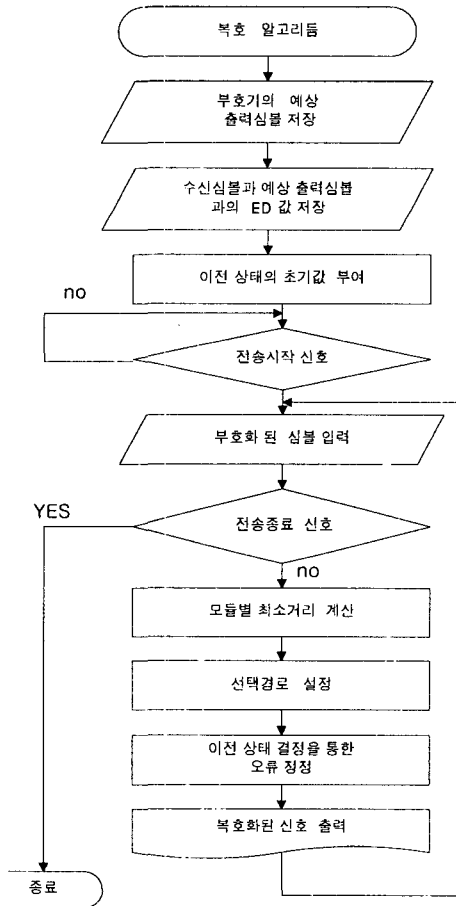


그림 1. TCM 복호알고리즘의 흐름도

III. 콘볼루션 복호기와 TCM 복호기의 성능 분석

앞 절에서 설명한 제안된 복호 알고리즘에서 TCM과 콘볼루션 부호의 차이는 모듈별 최소거리 계산에서 TCM은 심볼에 할당된 유클리드거리값을 이용하지만 콘볼루션부호는 수신된 코드의 비트에 대한 해밍거리값을 이용한다는 점에 있다. 이 알고리즘을 이용하여 콘볼루션부호와 TCM에 대하여 각각 C언어로 경관정과 연관정(4-레벨)의 경우를 AWGN (Additive White Gaussian Noise)잡음을 첨가하여 시뮬레이터를 구현하여 성능 비교하였다. 그 결과 동일 대역폭효율하에서 TCM이 콘볼루션 부호보다 더 나은 에러정정능력을 가지고 있음을 확인하였다. 먼저 콘볼루션부호와 TCM의 복호 부분에 사용된 양자화 및 A/D변환 방법에 대해서 살펴보고, 다음으로 성능 분석한 결과에 대해서 알아보겠다.

3.1 콘볼루션부호의 복호 부분에 사용된 양자화 및 A/D변환 방법

콘볼루션부호기는 부호율이 1/2이고, Gray 코딩 방법을 적용한 QPSK의 변조기법이 이용되었다.

복호기에서 경관정의 경우에는 그림 2처럼 수신된 심볼코드가 1, 2, 3, 4 사분면에 위치했을 때 각각 00, 01, 11, 10로 판별한 후 현재 상태에 대한 예상 심볼코드를 비교해서 최소 해밍 거리를 갖는 값을 정하게 된다.

연관정의 경우에는 4레벨의 경우에 대해 그림 3처럼 양자화 된 후 괄호안에 할당된 값으로 A/D변환되어진다. 예로 들어 송신기에서 발생된 콘볼루션 부호가 "01"이라고 하자. 이 신호는 위상이 $\frac{3\pi}{4}$ 인 QPSK 신호로 변조되어지고, 채널을 거치면서 잡음이 첨가되어진다. 이렇게 잡음이 첨가되어진 신호가 수신되었을 때의 심볼값의 위상이 $(\frac{7\pi}{8}, \pi)$ 사이에 위치한다면 복호기에서는 송신된 신호의 0은 01로, 1은 11로 A/D변환되어진다.[3] 여기서 01은 "weak-0"을, 11은 "strong-1"을 나타낸다. 이렇게 양자화되고 A/D변환된 신호에서 msb가 lsb에 비하여 복호 처리에 영향을 크게 미치므로, C-코딩에서는 msb에 대한 가중치를 크게 하여 오류발생시 해밍거리가 크게 되도록

록 하였다.

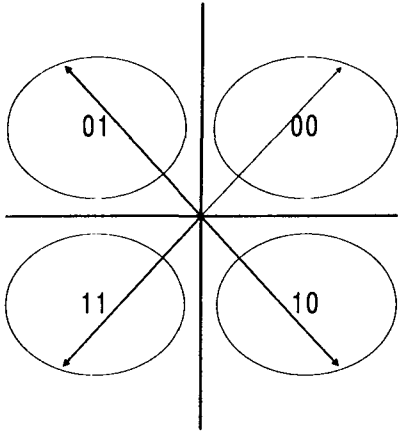


그림 2. 경판정에서의 A/D 변환 방법

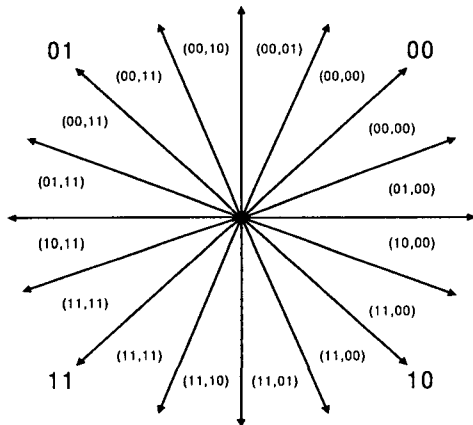


그림 3. 연판정에서의 양자화와 4레벨의 A/D 변환

3.2 TCM의 복호부분에 사용된 양자화 및 A/D 변환 방법

부호율 1/2인 콘볼루션 부호기와 맵핑 방법으로는 자연심볼사상(Natural Mapping) 방법이 사용되었다. TCM에서는 유클리드 거리를 이용하여 디코딩을 하기 때문에 콘볼루션부호화는 다른 양자화, 판별방식 및 A/D변환 방법이 사용된다.

경판정 방식에서는 단순히 수신된 심볼이 1사분면에 있으면 s0(00), 2사분면에 있으면 s1(01), 3사분면에 있으면 s2(10), 4사분면에 있으면 s3(11)로 판별한다. 그 후에 각각의 유클리드 거리를 계산한다. 예로

들어 수신된 심볼이 1사분면에 있으면 심볼 s0로 판별한 후, 예상 출력 심볼이 만약 s1이거나 s2라면 각각 1 또는 3이라는 유클리드거리값이 할당되어진다.

연판정 방식에서는 그림 4에서처럼 z0에서 z15까지 16개의 부분으로 위상의 분할을 한다. 심볼이 수신되면 가장 가까운 값을 수신된 심볼의 값으로 판별한다. 판별된 심볼값과 예상출력심볼(s0 에서 s3)과의 유클리드 거리를 계산한 후에 복호알고리즘을 적용하여 복호를 한다[4]. 예를 들어 그림과 함께 간략히 서술해 보겠다.

복호기에서 심볼이 수신되었을 때 z0에서 z15까지의 값중에서 가장 가까운 값을 심볼값으로 판별하는데 만약 수신된 심볼의 위상이 $(-\frac{\pi}{16}, \frac{3\pi}{16})$ 사이에 있으면 z1이라고 판별한다. 그 후 일반적인 유클리드 거리계산법을 이용해서 거리를 계산해보면 그림 6처럼 값이 균등하게 할당되어진다. 즉 $|z1 - s0| = 1$, $|z1 - s1| = 5$, $|z1 - s2| = 7$, $|z1 - s3| = 3$ 등.. 균등히 값을 할당한다. 이렇게 할당된 값을 가지고 최소 경로를 설정하고 오류정정과정을 거친후 최종 복호화된 값을 출력한다.

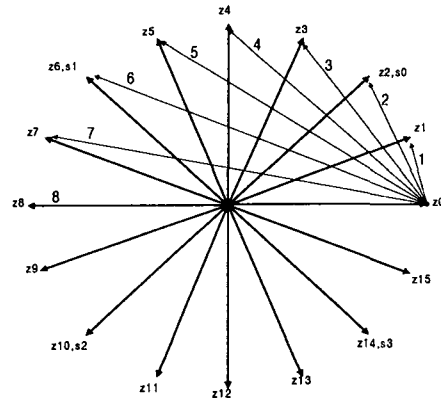


그림 4. 연판정에서의 일반적인 유클리드거리값 할당 방법

3.3 콘볼루션 복호기와 TCM 복호기의 성능비교

콘볼루션 복호기와 TCM 복호기의 성능을 비교할 때 부호율 R은 1/2로 동일하고, 구속장 K가 3, 5, 7, 9 인 것에 대해 각각 시뮬레이션을 수행하였다. 구속장 K의 값에 따라 사용된 각각의 콘볼루션부호기의 생성벡터에 대해서 표 1에 나타내었다.

표 1. 구속장 K의 값에 따른 생성벡터

구속장 K \ 생성벡터	g_1	g_2
3(m=2)	101	010
5(m=4)	10111	11001
7(m=6)	1001111	1101101
9(m=8)	110101111	100011101

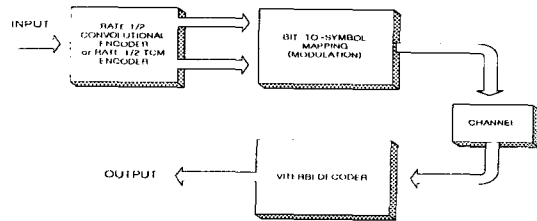


그림 6. TCM의 시뮬레이션 블록도

여기서 광대역 CDMA에서 사용되는 구속장이 7, 부호율이 1/2인 콘볼루션부호기의 블록도와 TCM의 시뮬레이터 블록도를 그림 5와 그림 6에 각각 나타내었다. 그림 5의 TCM에서 사용된 콘볼루션부호기는 콘볼루션부호의 시뮬레이션에서 적용된 encoder와 같다. 콘볼루션부호의 시뮬레이션은 그림 6에서 맵핑 부분(map-to-symbol mapping)을 빼고 QPSK변조블록을 넣고, 복호기에서 유클리드 거리값을 이용하는 대신 해밍거리값을 이용하면 된다.

앞에서 설명한 시뮬레이터를 이용하여 콘볼루션부호와 TCM의 성능을 시뮬레이션 한 결과를 그림 7, 8, 9, 10에 나타내었다.

그림을 보면 TCM과 콘볼루션부호의 성능 비교에서 경관정방식과 연관정방식에서 TCM기법을 이용하였을 때 BER이 10^{-6} 정도에서 TCM 성능이 0.3 dB~0.5dB 정도 우수함을 볼 수 있다.

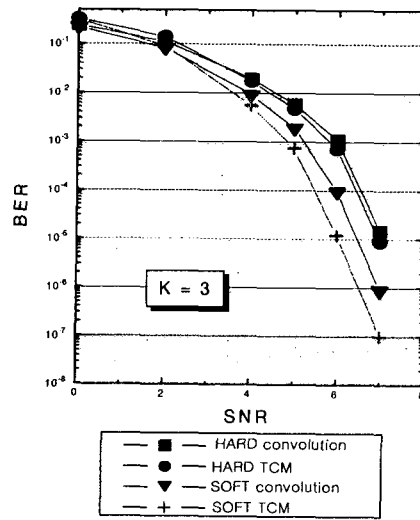


그림 7. K=3일 때 콘볼루션코드와 TCM의 성능비교

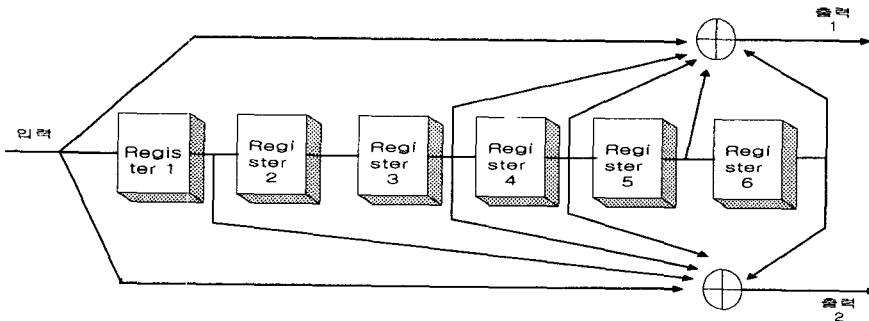


그림 5. 콘볼루션부호의 encoder 블록도

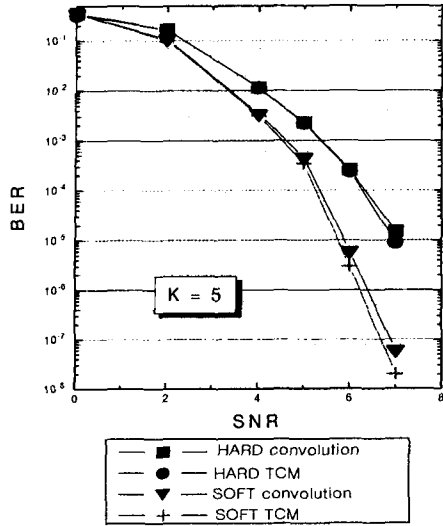


그림 8. K=5일 때 콘볼루션코드와 TCM의 성능비교

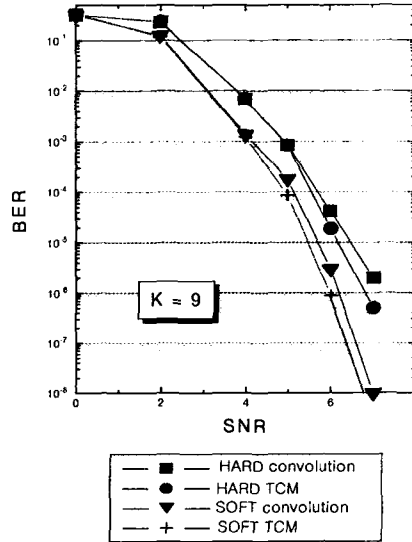


그림 10. K=9일 때 콘볼루션코드와 TCM의 성능비교

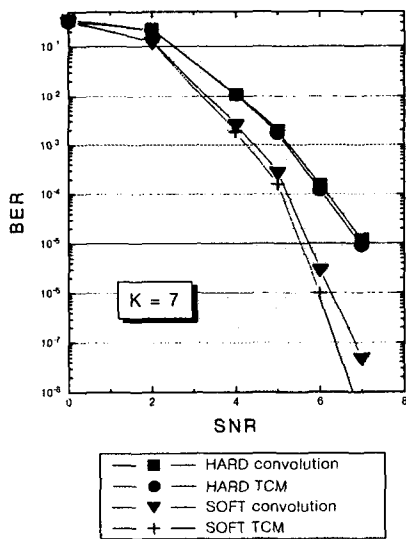


그림 9. K=7일 때 콘볼루션코드와 TCM의 성능비교

IV. TCM DECODER 칩의 설계

앞 절에서 설명한 성능이 우수한 TCM 복호기의 각 기능별 처리과정을 parameterized_LPM 함수를 이용한 AHDL(Altera Hardware Description Language) 언어로 구축장 K가 3, 5, 7인 것에 대해 각각 설계하였다.[5] 구축장이 커질수록 설계된 하드웨어의 각 모듈의 파라미터만 변경하면 되므로 구축장이 9인 것에 대해서도 쉽게 설계할 수 있을 것이다.

TCM 복호기 하드웨어의 전체 구성도를 그림 11에 나타내었다.

각각의 모듈에 대해서 자세히 알아보자.

1. 모듈별 예상 심볼 기억 블록

모듈별 예상 심볼 기억 블록(STMEM)은 구축장의 값에 따른 각각의 상태천이도에서 입력값에 따라 각각의 상태에 들어오는 예상 출력코드의 심볼값을 상태값의 증가에 따라 차례대로 기억하고 있는 블록이다.

2. 유클리드 거리 계산 블록

유클리드 거리 계산 블록(EUCLID_GRAY)은 수신

된 심볼코드의 판별값(z_0 에서 z_{15} 까지)과 예상 출력심볼(QPSK의 경우 : s_0, s_1, s_2, s_3)의 값에 대한 유클리드거리 할당값을 저장하고 있는 블록이다. 여기서 사용된 유클리드거리 할당 방법은 앞절에서 설명한 균등하게 거리값을 할당하는 일반적인 유클리드 거리값 할당방법이다.

거리 계산 블록으로부터 각 상태별 survival 경로값들을 입력받아 그 중에서 최소 값을 선택하여 전체 상태 모듈중의 선택경로로 설정하고, 선택된 최소값을 노드가중치 감쇄 블록으로 보내고, 설정된 선택경로의 상태번호를 오류정정 및 최종코드 출력블록으로 보낸다.

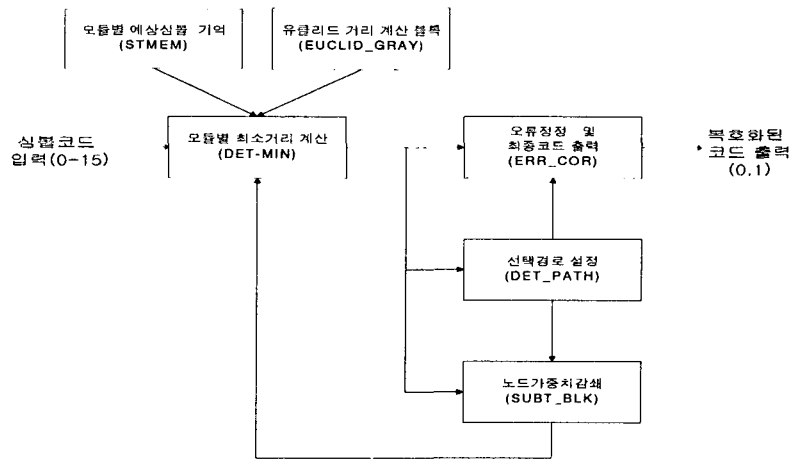


그림 11. TCM 복호기의 하드웨어 구성도
Fig. 11 HW block diagram of TCM decoder

3. 모듈별 최소거리 계산 블록

모듈별 최소거리 계산 블록(DET_MIN)은 $2K-1$ (구속장 K 가 7일 때 이 값은 64이다.) 가지의 모든 상태에 대하여 각각 입력으로 받아들이는 z_0-z_{15} 사이의 값을 가지는 심볼값과 예상 출력 심볼과의 유클리드거리값을 EUCLID_GRAY블록으로부터 입력받는다. 이 입력값들을 각 상태로의 천이가 가능한 이전 상태의 누적된 값들과 합해서 작은 값들을 모든 상태에 대해서 출력하고 그 결과로부터 $(K-1)$ 단계 이전에 부호기로 입력된 데이터 $d[i-(K-1)]$ 을 구하여 출력하는 블록이다. 그리고 여기서 구해진 상태별 survival 경로값들은 선택경로 설정 블록으로 보내어지고 $d[i-(K-1)]$ 은 오류정정 및 최종코드 출력블록으로 보내어진다.

4. 선택경로 설정 블록

선택경로 설정 블록(DET_PATH)은 모듈별 최소

5. 오류정정 및 최종코드 출력 블록

오류 정정 및 최종코드 출력 블록(ERR_COR)은 모듈별 최소거리 계산 블록에서 구해진 모든 상태에 대한 $d[i-(K-1)]$ 값을 입력받아 내부 레지스터에 저장해 두고, 선택경로 설정 블록에서 선택된 선택경로의 상태번호를 입력받아 오류정정 알고리즘에 의해 이전 상태의 번호들을 역추적하여 오류를 정정하고, 정정된 이전 상태의 번호에 따라 레지스터에 기억된 이전의 입력값 $d[i-(K-1)]$ 중에서 해당되는 값만을 선택한다. 이러한 과정을 대략 구속장의 5배정도 반복한 다음 최종적인 복호화된 데이터를 출력하는 기능을 가진다. 오류 정정 능력은 블록내에 존재하는 레지스터단의 수에 의존한다. 레지스터단의 수가 지나치게 적으면 오류정정이 되기도 전에 출력값으로 결정될 수가 있고, 레지스터단의 수가 지나치게 많으면 오류정정 능력은 좋아지지만 하드웨어 복잡도를 증가시키고 지연시간이 길어져 실시간 처리에 문제점이

될 수도 있으므로 적당한 구속장의 5배 정도의 값을 선택한다. 실제 AHDL을 이용하여 이 블록을 제작할 때에는 K가 3일때는 15개의 단을, K가 5일때는 25개의 단을, K가 7일때는 32개의 단을 가지고 설계하여 오류정정이 충분히 이루어지도록 하였다.

6. 노드 가중치 감쇄 블록(SUBT_BLK)

심볼 오류 확률이 높아지게 되면 복호화 과정이 진행됨에 따라 모듈별 최소거리 계산 블록의 출력 신호 값이 계속적으로 증가하게 되어 오버플로우 오류를 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해서 모듈별 최소거리 계산 블록의 2K-1개 모듈의 출력신호 값에서 최소 유클리드거리로 선택된 값 만큼씩을 감해주도록 설계된 블록이다. 또한 이 블록은 현재 복호기로 수신된 심볼에 의한 각 모듈 상태의 값들을 이 후에 수신되는 심볼 코드에 대한 유클리드거리값 계산시 이전 상태의 값으로 치환시키는 기능을 한다.

V. TCM DECODER 칩의 검증 및 결과

앞 절에서 모듈별로 설계된 각각의 블록을 결합하여 전체 TCM 복호기의 회로를 구성하여 컴파일 하였다. 그 결과 사용된 Logic Cell의 개수는 8844개이고 EPF10K100GC503-3 칩 2개에 피팅(fitting)되어졌다. 컴파일 후에 오류가 없는 데이터와 오류가 있는 데이터에 대하여 Waveform Editor를 이용하여 구속장 값에 따라 각각 시뮬레이션을 수행하여 그 기능을 검증하였다[5][6]. 그리고 각각의 경우에 대해 시뮬레이션한 결과를 그림 12에서 그림 17까지 나타내었다. 그림 12와 그림 13은 구속장이 3인 경우를, 그림 14와 그림 15는 구속장이 5인 경우를, 그림 16과 그림 17은 구속장이 7인 경우를 나타낸다. 각각의 경우에 대해 채널 오류가 있는 경우와 채널 오류가 없는 경우에 대해 시뮬레이션하였다. 두 가지 경우에 대해 입력값과 최종적으로 복호화된 출력값이 구속장의 값에 따라 각각 일치함을 알 수 있었다. 여기서 구속장이 7인 경우를 예로 들어 시뮬레이션 과정을 간략하게 설명 하겠다.

먼저 채널오류가 없는 경우에 대해서 설명해 보면, TCM encoder로의 입력 데이터가 (101101111000101) 이면 encoder의 출력을 거쳐 맵핑 후 수신기에서 판별된 수신값은 오류가 없으므로 (10, 6, 10, 6, 14, 14,

6, 10, 2, 14, 14, 6, 6, 2, 2)가 된다. 이 값들이 복호기의 입력값으로 주어지고, 오류정정을 거쳐 최종적으로 복호화된 신호의 출력은 그림 16처럼 (101101111000101)이 되어 처음에 입력된 값과 일치함을 보여준다. 그림에서 clk은 전체 시스템 클럭이고, reg_clk은 오류정정 블록을 동작시키는 클럭으로 지연시간을 고려하여 전체 시스템 클럭보다 약간 지연시켜 사용하였고, mux_clk은 ERR_COR블록의 mux부분에 공급되는 클럭으로 clk 신호를 구속장의 5배만큼 분주하여 사용하기 때문에 진하게 표현되었다.

앞의 경우와 동일한 입력 데이터를 가지고 TCM encoder를 거쳐 맵핑 후 수신기에서 심볼을 수신하였을 때 채널오류가 가해진 경우에 그 값이 (10, 6, 8, 6, 13, 14, 7, 10, 4, 13, 13, 6, 6, 2, 2)라고 하자. 밑줄이 그어진 신호는 오류가 첨가되어 신호에 변형이 가해졌음을 의미한다. 이 경우에 대해서도 시뮬레이션을 수행한 결과, 최종적으로 복호화된 신호의 출력은 그림 17처럼 (101101111000101)이 되어 오류가 없는 경우와 동일함을 알 수 있다. 그러므로 설계된 복호기는 수신된 심볼의 오류를 정상적으로 정정함을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 향상된 채널 복호기의 구현을 위하여 기존의 Viterbi 알고리즘을 분석하여 실제 구현이 가능한 알고리즘을 제안하였으며, 이를 수행할 수 있는 시뮬레이터를 콘볼루션 부호와 TCM에 대해서 각각 구현하였다. 그리고 그것들의 시뮬레이션을 통하여 제안된 복호 알고리즘의 기능을 검증하였고, TCM 기법의 성능과 콘볼루션부호의 성능을 비교하여 TCM 기법의 성능이 약 0.3dB-0.5dB 우수함을 확인하였다. 이런 결과를 바탕으로 현재의 CDMA 방식에 적용되어 사용중인 이동통신 시스템의 핵심부분이라 할 수 있는 콘볼루션 복호기를 대체할 수 있는 TCM 복호기의 칩을 설계 및 구현하였고 그 기능을 Altera MAX+plus II CAD장비를 이용하여 검증하였다.

현재의 이동통신에서 대두되고 있는 문제점으로 사용 가능한 주파수 스펙트럼의 한정과 가입자 수의 계속적인 증가 추세에 의한 용량문제가 있다. 이러한 문제도 해결할 수 있고 기존의 콘볼루션 복호기보다 에러정정능력이 더 우수한 TCM 복호기 칩을 개발하

여 차세대 이동통신에 이용함으로써 우리 나라의 이 동통신 발전에 큰 기여를 할 수 있으리라 기대한다.

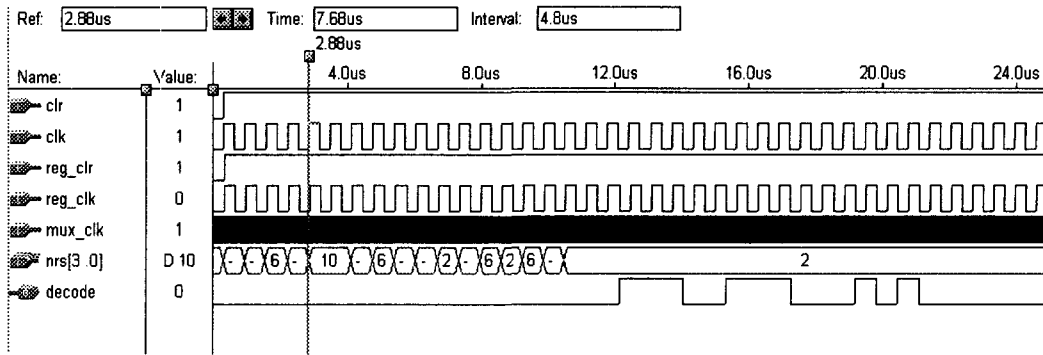


그림 12. 채널오류가 없는 경우 K=3일 때 시뮬레이션 결과

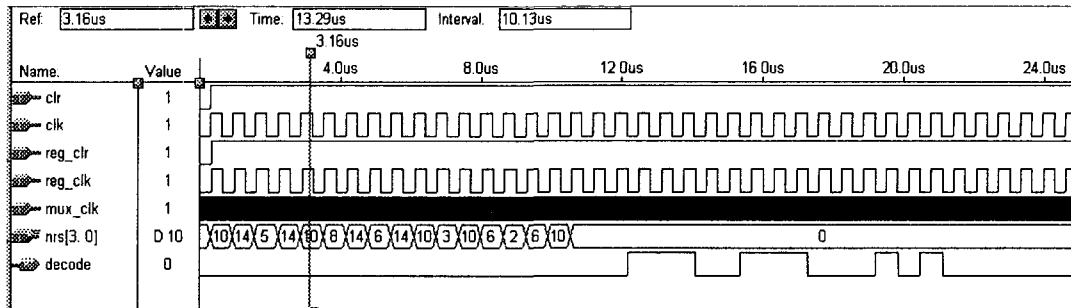


그림 13. 채널오류가 있는 경우 K=3일 때 시뮬레이션 결과

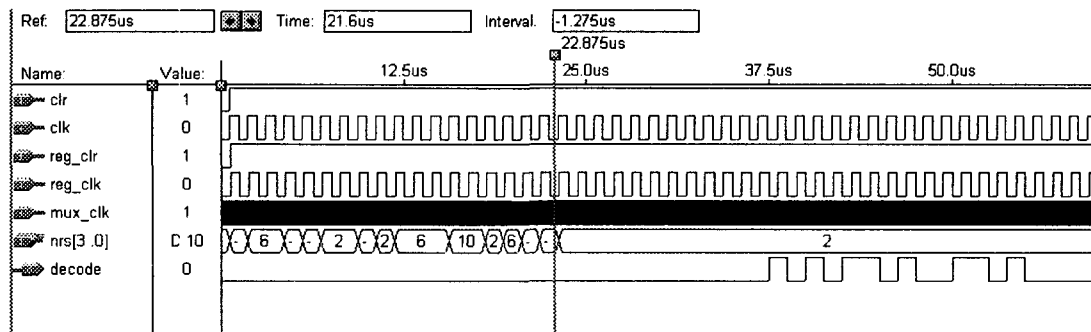


그림 14. 채널오류가 없는 경우 K=5일 때 시뮬레이션 결과

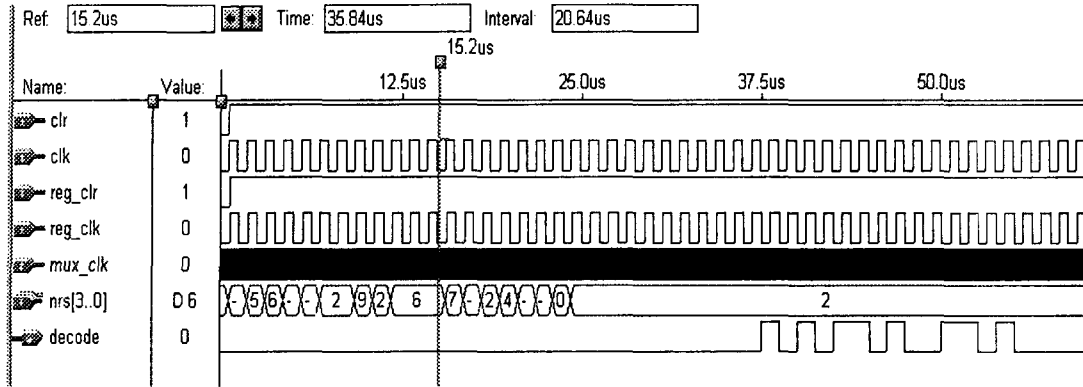


그림 15. 채널오류가 있는 경우 K=5일 때 시뮬레이션 결과

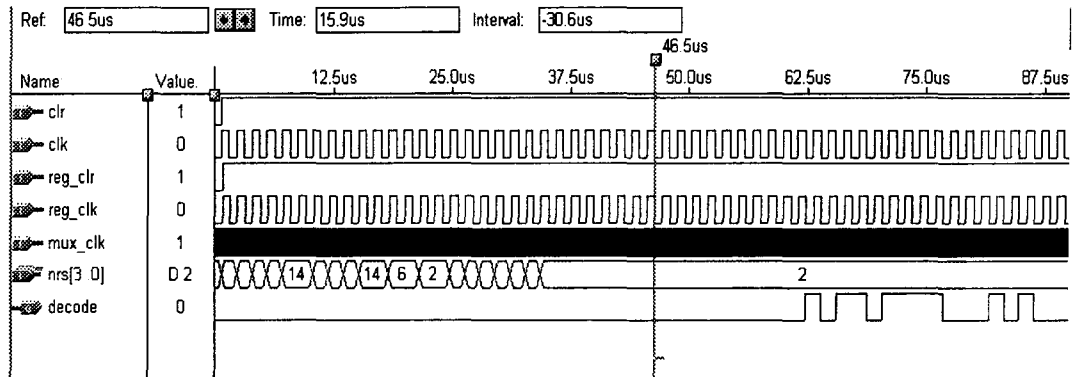


그림 16. 채널오류가 없는 경우 K=7일 때 시뮬레이션 결과

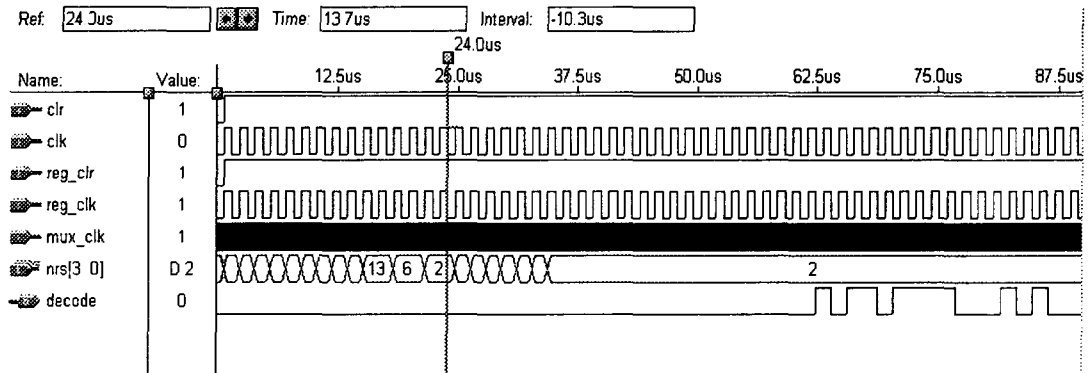


그림 17. 채널오류가 있는 경우 K=7일 때 시뮬레이션 결과

참고문헌

- [1] Biglieri, Divsalar and Simon, Introduction to Trellis-Coded Modulation with Applications, Macmillan Publishing Company, 1991.
- [2] 정홍량, "Trellis-coded Modulation: Its Fundamentals and Applications"
- [3] Stephen B. Wicker, Error Control Systems for Digital Communication and Storage, Prentice-Hall, 1995.
- [4] Frank Carden and Michael D. Ross, "Fast TCM Decoding : Phase Quantization And Integer Weighting", IEEE Transactions on Comm., VOL.42. NO.2/3/4, February /march/ april, 1994.
- [5] MAX+PLUS II AHDL version 8.2, Altera.
- [6] FLEX 10K data sheet, Altera, May, 1998.



은도현(Do-huun Eun)

1992년 2월 고려대학교 전자공학과(학사)
 1995년 8월 고려대학교 전자공학과(석사)
 1999년 8월 고려대학교 전자공학과(박사)

1998년 3월~현재 안양과학대 전임강사

※주관심분야 : 이동통신, 위성통신, 코딩이론



최윤석(Yan-seok Choi)

1977년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업
 1999년 8월 고려대학교 전자공학과 석사
 1999년 9월~현재 고려대학교 전자

공학과 박사과정 재학 중

※주관심분야 : 디지털 통신 시스템, 이동무선통신



조훈상(Hooch-sang Cho)

1997년 8월 고려대학교 산업정보대학원(공학석사)
 2000년 8월 순천향대학교 전기전자공학부 정보통신대학원(박사과정)

※주관심분야 : 이동통신, 변복조이론



김응배(Eung-bae Kim)

1981년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사
 1983년 2월 고려대학교 전자공학과 공학석사
 1999년 2월 고려대학교 전자공학과 공학박사

1983년 1월~1988년 3월 금성전기/금성반도체 연구소 연구원

1988년 3월~1988년 11월 한국통신진흥(주) 과장

1989년 11월~현재 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 광대역무선멀티미디어 팀장

※주관심분야 : B-WLL, TDMA 시스템, CDMA 시스템, 밀리미터파 RF기술



이순흠(Sun-heum Lee)

1983년 2월 고려대학교 전자공학과(학사)
 1985년 2월 고려대학교 전자공학과(석사)
 1989년 8월 고려대학교 전자공학과(박사)

1989년 3월~1991년 8월 안양전문대 전임강사

1991년 9월~1993년 8월 순천향대학교 전기전자공학부 전임강사

1993년 9월~1997년 8월 순천향대학교 전기전자공학부 조교수

1997년 9월~현재 순천향대학교 정보기술공학부 부교수

※주관심분야 : 컴퓨터통신, 이동통신