

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
H03M 13/27

(45) 공고일자 2005년04월07일
(11) 등록번호 10-0480264
(24) 등록일자 2005년03월23일

(21) 출원번호 10-2003-0007606
(22) 출원일자 2003년02월06일

(65) 공개번호 10-2003-0067557
(43) 공개일자 2003년08월14일

(30) 우선권주장 1020020006890 2002년02월06일 대한민국(KR)

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 하상혁
경기도수원시권선구곡반정동488번지주공APT121동1003호

김민구
경기도수원시팔달구영통동968신나무실신명아파트633-1502

(74) 대리인 이권주

심사관 : 성경아

(54) 통신시스템에서 인터리버 및 인터리빙 방법

요약

통신시스템에서 부분비트역상순 인터리빙을 위한 인터리버 및 그 인터리버의 크기에 따른 파라미터들을 최적화하기 위한 방법이 개시되어 있다. 이러한 본 발명은 N개의 입력 데이터 열을 2^m 개의 행들과 (J-1)개의 열들의 매트릭스 구조, 그리고 J번째 열에서 R개의 행들이 되도록 열들의 순서로 배열하고, 상기 배열된 행들의 데이터를 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하여 배열하고, 상기 인터리빙된 배열로부터 행들의 순서로 데이터를 독출하는 인터리버에 사용하기 위한 인터리빙 파라미터들 N, m, J 및 R을 결정하는 방법을 제안한다.

대표도

도 6

색인어

부분비트역상순, 인터리빙, 최소거리

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 원리를 설명하기 위한 도면으로, N=384,m=7,J=3일 때 부분비트역상순 인터리빙의 동작을 보여주는 도면.

도 2는 본 발명의 제1 원리를 설명하기 위한 도면으로, N=384,m=7,J=3일 때 부분비트역상순 인터리빙에 따른 독출 어드레스 사이의 거리(distance)를 보여주는 도면.

도 3은 본 발명의 제1 원리를 설명하기 위한 도면으로, N=408,m=7,J=3,R=24일 때 부분비트역상순 인터리빙의 동작을 보여주는 도면.

도 4는 본 발명의 제1 원리를 설명하기 위한 도면으로, N=408,m=7,J=3,R=24일 때 부분비트역상순 인터리빙에 따른 독출 어드레스 간의 최소 행내 거리(Minimum Intra-row Distance)를 보여주는 도면.

도 5는 본 발명이 적용되는 인터리빙 장치를 도시하는 도면.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 최적 인터리버 파라미터를 결정하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 최적 인터리버 파라미터를 결정하기 위한 절차를 도시하는 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 통신시스템에서 인터리빙에 관한 것으로, 특히 부분비트역상순 인터리빙을 위한 인터리버의 크기에 따른 파라미터들을 최적화하기 위한 방법 및 이에 의한 인터리버에 관한 것이다.

현재, IS-2000 Release C(1xEV-DV) F/L spec.에 포함되어 있는 서브블럭 채널 인터리버(sub-block channel interleaver)는 이전 IS-2000 Release A/B spec.에 포함되어 있던 기존 채널 인터리버(channel interleaver)와 같이 행 치환(row permutation)을 위해 P-BRO(partial bit reversal order : 부분비트역상순) 오퍼레이션(operation)을 수행하지만, 기능상 독출 어드레스 생성(read address generation) 방식이 조금 달라져야 하며, 인터리버 파라미터(interleaver parameter)의 선택에 있어서 QCTC(Quasi-Complementary Turbo Codes : 준보완터보부호) 심볼선택(symbol selection)에 미치는 영향이 충분히 고려되어야 하는 등의 차이점을 가지고 있다.

따라서, IS-2000 Release A/B spec.의 채널인터리버(channel interleaver)와 IS-2000 Release C F/L spec.에서의 서브블럭 채널인터리버(sub-block channel interleaver)의 동작 원리를 분석하고, 이 분석 결과를 바탕으로 각 채널인터리버(channel interleaver)에 가장 적합한 파라미터(parameter)를 생성하기 위한 기준을 찾을 필요가 있다. 이러한 기준으로 생성된 파라미터(parameter)는 IS-2000 Release C는 물론 Release A/B에서도 최적의 성능을 제공할 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 본 발명의 목적은 부분비트역상순 인터리빙을 위해 사용되는 파라미터들을 최적화하기 위한 방법 및 이에 의한 인터리버를 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 부분비트역상순 인터리빙을 위한 인터리버 크기에 따른 변수 m과 J를 최적화하기 위한 방법 및 이에 의한 인터리버를 제공함에 있다.

이러한 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명은 N개의 입력 데이터 열을 2^m 개의 행들과 (J-1)개의 열들의 매트릭스 구조, 그리고 J번째 열에서 R개의 행들이 되도록 열들의 순서로 배열하고, 상기 배열된 행들의 데이터를 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하여 배열하고, 상기 인터리빙된 배열로부터 행들의 순서로 데이터를 독출하는 인터리버에 사용하기 위한 인터리빙 파라미터들 N, m, J 및 R을 결정하는 방법을 제안한다. 이러한 본 발명의 방법에 따르면 인터리빙 파라미터들 N, m, J 및 R은 하기와 같이 주어짐을 특징으로 한다.

N	m	J	R
408	7	4	24
792	8	4	24
1560	9	4	24
2328	10	3	280
3096	10	4	24
3864	11	2	1816

발명의 구성 및 작용

이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면의 참조와 함께 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

A. 본 발명의 원리

하기에서는 본 발명이 적용되는 부분비트역상순(P-BRO: Partial - Bit Reversal Order) 인터리빙 동작이 설명되고, 또한 최적의 P-BRO 인터리빙 동작을 위한 파라미터를 결정하는 본 발명의 원리가 설명될 것이다.

도 5는 본 발명이 적용되는 부분비트역상순(P-BRO: Partial - Bit Reversal Order) 인터리빙 장치를 도시하고 있다.

상기 도 5를 참조하면, 어드레스 생성부(511)는 인터리버 크기 N, 제1 파라미터 m을 의미하는 BIT_SHIFT, 제2 파라미터 J를 의미하는 UP_LIMIT 및 클럭(clock)을 입력하며, 인터리버 메모리(512)에 순차적으로 저장되어 있는 비트심볼들을 독출하기 위한 독출 어드레스를 발생한다. 여기서, 상기 변수들(m, J)는 상위 제어기(도시하지 않음)에서 결정하여 상기 어드레스 생성부(511)에 제공할 수도 있고, 상기 어드레스 생성부(511)에서 상기 인터리버 크기 N을 가지고 결정할 수도 있다. 상기 인터리버 메모리(512)는 쓰기모드시 카운터(513)에 의한 카운트 값인 쓰기 어드레스에 의해 입력 비트심볼들을 순서대로 저장하고, 읽기모드시 상기 어드레스 생성부(511)에서 제공되는 독출 어드레스에 의해 비트심볼들을 출력한다. 카운터(513)는 클럭(Clock)을 입력하며, 카운터 값을 생성하여 상기 인터리버 메모리(512)의 쓰기 어드레스(Write)로 출력한다.

상술한 바와 같이 상기 인터리버는 쓰기모드시 입력데이터를 인터리버 메모리(512)에 순서대로 저장하고, 읽기모드시 상기 어드레스 생성부(511)에서 발생된 독출 어드레스에 따라 상기 인터리버 메모리(512)에 저장되어 있는 데이터를 출력한다.

상기와 같은 구성을 갖는 P-BRO 채널인터리버(channel interleaver)의 동작을 살펴보면, 상기 어드레스 생성부(511)은 심볼 치환(symbol permutation)을 위한 독출 어드레스(read address) A_i 를 하기 수학적 식 1과 같이 생성한다. 상기 부분비트역상순 인터리버의 동작에 대한 일 예가 본원출원인이 1998년 12월 10일자로 제출된 대한민국 특허출원 1998-54131호에 상세히 기재되어 있다.

where $i=0, 1, \dots, N-1$, and $N=2^m \times J$.

상기 <수학적 식 1>에서 N은 인터리버 입력시퀀스의 크기(interleaver input sequence size)를 나타내고, 변수 m과 J는 각각 up-limit, bit-shift라고 불리우는 인터리버 파라미터(interleaver parameter)를 의미한다.

도 1은 $N=384, m=7, J=3$ 일 때 부분비트역상순 인터리빙의 동작을 보여주는 도면이다.

상기 도 1에 도시된 매트릭스(matrix)는 2^m 개의 행(row)들과 J개의 열(column)들로 구성되어 있다. 여기서, 상기 행(row)과 열(column)의 인덱스(index)는 제로(zero)부터 시작한다고 가정한다. 상기 도 1의 첫번째 과정(101)이 종료된 후의 매트릭스(matrix)에서 행 인덱스(row index)와 열 인덱스(column index)는 각각 $\lfloor i / J \rfloor$ 와 $(i \bmod J)$ 와 같다. 즉, $2^m(i \bmod J) + \lfloor i / J \rfloor$ 를 수행하고 난 후, 입력시퀀스(input sequence)의 i-th 심볼은 상기 도 1의 첫번째 과정(101)에 나타난 매트릭스의 $\lfloor i / J \rfloor$ -th 행(row) 및 $(i \bmod J)$ -th 열(column)에 해당하는 숫자를 독출 어드레스(read address)로 가지게 되는 것이다. 이 때 각 행(row)에는 J개의 숫자들이 있으며, 인접 숫자 간의 거리는 2^m 이 된다.

여기서, 상기 행 인덱스(row index)인 $\lfloor i / J \rfloor$ 를 BRO 오퍼레이션(operation) 시켜 본다. 그 결과는, 인접한 행(row)의 동일 열(column)에 있는 숫자 간의 거리를 행 거리(row distance)라 명명하고 이를 d_{row} 라 표기할 때, 상기 도 1의 두 번째 과정(102)과 도 2에 나타난 것처럼 이 값들 중 가장 작은 값 두 가지가 2^{m-2} 와 2^{m-1} 이 되도록 하는 행 치환(row permutation)으로 나타난다. 즉, $2^m(i \bmod J) + BRO_m(\lfloor i / J \rfloor)$ 를 수행하고 나면, 인터리버 입력시퀀스(interleaver input sequence)의 i-th 심볼은 상기 도 1의 세 번째 과정(103)에 나타난 매트릭스(matrix)의 $BRO_m \lfloor j / J \rfloor$ -th 행(row) 및 $(i \bmod J)$ -th 열(column)에 해당하는 숫자를 독출 어드레스(read address)로 가지게 되는 것이다.

즉, 상기한 내용을 요약하면, P-BRO 채널 인터리버(channel interleaver)의 독출 어드레스 시퀀스(read address sequence)는 2^m 간격으로 J개의 숫자들을 순차배열하여 만든 2^m 개의 행들을 BRO 오퍼레이션(operation)에 의해 치환(permutation)하고, 그 결과로 얻어진 매트릭스를 가장 위의 행(row)으로부터 각 행(row)의 왼쪽에서 오른쪽으로 읽어 생성된다.

하기에서 설명의 편의를 위해 동일 행(row)에 속한 인접 어드레스(address)간의 거리(distance between adjacent addresses in the same row)를 "행내 거리(intra-row distance)"라 명명하고 이를 d_{intra} 로 표기하기로 한다. 이 때 d_{intra} 는 $J \neq 1$ 인 경우 2^m 으로 항상 일정하다. 그리고 $J=1$ 인 경우 d_{intra} 는 존재하지 않는다.

또한, 서로 다른 행(row)에 속한 인접 어드레스(address)간의 거리, 즉 앞쪽 행(row)의 마지막 어드레스(address)와 뒤쪽 행(row)의 첫번째 어드레스(address) 간의 거리(distance between adjacent addresses in different rows)를 "행간 거리(Inter-row distance)"라 명명하고 이를 d_{inter} 로 표기하기로 한다. 이 때 d_{inter} 는 파라미터(parameter) m과 J의 함수로 결정되는 복수개의 값들 중 하나이며, m과 J가 결정되었을 때 d_{inter} 중 최소값을 d_{inter}^{min} 로 표기하기로 한다.

상기한 바와 같이, 행 거리(row distance) d_{row} 중 가장 작은 값 두 가지가 2^{m-2} 와 2^{m-1} 이므로, 결국 상기 d_{inter}^{min} 는 하기 수학적 식 2와 같이 표현된다.

첨부된 도면 도 2로부터 $J \neq 1$ 인 경우에 대해 상기 수학적 식 2와 같이 d_{inter}^{min} 이 계산되는 이유를 알 수 있다. $J=1$ 인 경우에는 매트릭스(matrix)의 열(column)이 한 개 밖에 존재하지 않으므로 d_{inter}^{min} 가 d_{row} 의 최소값인 d_{row}^{min} , 즉 2^{m-2} 의 값을 가지게 된다.

이상 살펴본 바와 같이, 인터리버 파라미터(interleaver parameter)인 m 과 J 는 인터리버의 독출 어드레스 시퀀스를 위한 매트릭스의 행(row)의 개수, 열(column)의 개수, 어드레스(address)간의 각종 거리를 결정하는 함수의 파라미터로 작용하여, 결국 P-BRO 채널 인터리버의 성질을 좌우하게 됨을 알 수 있다.

이하, 본 발명의 원리에 따라 최적의 성능을 보장하는 서브블록 채널 인터리버(sub-block channel interleaver)의 파라미터를 결정하는 방안에 대해 살펴본다. 먼저, IS-2000 Release A/B에서와 IS-2000 Release C에서 채널 인터리버의 목적이 정의될 것이고, 그 다음에 본 발명의 원리들에 따른 파라미터 결정 방안이 설명될 것이다. 본 발명의 원리들은 인터리버 입력 시퀀스의 크기 N 이 2^m 이나 J 로 나누어 떨어지는 경우와 떨어지지 않는 경우로 구분되어 설명될 것이다. 즉, 전자는 인터리버 크기 혹은 입력 시퀀스의 크기 N 이 $N = 2^m \times J$ 로 표현되는 경우이고, 후자는 $N = 2^m \times J + R$ 로 표현되는 경우이다.

상기 IS-2000 Release A/B에서 채널인터리빙(channel interleaving)의 목적은 페이딩(fading)에 의한 악영향이 복수개의 부호심볼(code symbol)에 걸쳐 연속적으로 나타날 경우 발생하게 되는 수신단에서의 디코딩(decoding) 성능 저하를 심볼 치환(symbol permutation)에 의한 에러 분산(error scattering)을 통해 개선하기 위한 것이라 할 수 있다. 이 목적을 달성하려면 인접 독출 어드레스(read address)간의 거리가 최대(maximize)가 되도록 인터리빙을 수행해야 한다.

한편, IS-2000 Release C에서 서브블록 채널 인터리버(sub-block channel interleaving)의 목적은 심볼 치환(symbol permutation)에 의한 에러 분산(error scattering)은 물론, 다음 단계에 위치한 QTC 심볼선택기(symbol selector)가 부호율(code rate)에 따라 적절한 부호심볼(code symbol)들을 선택하게 함으로써 해당 부호율(code rate)에서 최적의 성능을 보장하기 위한 것이라 할 수 있다. 이 목적을 달성하려면 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리가 최대(maximize)가 됨과 동시에 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리들이 최대한 일정하게 되도록 인터리빙을 수행해야 한다.

결국, IS-2000 Release A/B의 채널 인터리빙(channel interleaving)이나 IS-2000 Release C의 서브 블록 채널인터리빙(sub-block channel interleaving)의 목적을 만족시키기 위한 인터리버(interleaver) 디자인은, 인터리빙(interleaving)의 결과 생성된 독출 어드레스 시퀀스(read address sequence)가 균등(uniform)하게 치환(permutation)된 형태가 되도록 만드는 작업이다. 또한, 이것은 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리의 최소값을 최대(maximize)로 하면서 동시에 인접 독출 어드레스간의 거리들 간의 차를 최소화(minimize) 하도록 파라미터(parameter) m 과 J 를 결정함으로써 달성된다.

인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리는 상기 언급한 바와 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 그 중 하나는 행내 거리(intra-row distance)로서 m 의 함수이다. 나머지 하나는 행간 거리(inter-row distance)로서 m 과 J 의 함수인데, 복수개가 존재하므로 이중 최소값인 최소 행간 거리(minimum inter-row distance)를 계산한다. 인접 어드레스(address) 간의 거리의 최소값은 $J=1$ 인 경우에는 항상 2^{m-2} 이며, $J \neq 1$ 인 경우에는 행내 거리(intra-row distance)와 최소 행간 거리(minimum inter-row distance) 중 더 작은 값으로 선택될 것이다. 한편, 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리들 간의 차는 $J=1$ 인 경우에는 행내 거리(intra-row distance)가 0이므로 2^{m-2} 이 될 것이며, $J \neq 1$ 인 경우에는 행내 거리(intra-row distance)와 최소 행간 거리(minimum inter-row distance)의 차가 될 것이다.

하기 수학적 식 3은 J 가 1인 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 각각 인접 어드레스(address) 간의 거리들 간의 차를 구하는 식을 보이고 있다.

상기 수학적 식 3에서 $N=2^m \cdot J$ 인 관계에 있으므로 2^m 을 N/J 로 치환하면 상기 수학적 식 3은 하기 수학적 식 4와 같은 형태로 바뀌게 된다.

상기 수학적 식 4로부터 결국 인접 어드레스(address) 간의 거리들 간의 차를 최소화(minimize)하기 위한 J 는 항상 3으로 결정됨을 본 출원의 발명자들은 알게 되었으며, 이 때의 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 는 0.166667N의 값을 가지게 됨을 알 수 있다.

하기 <표 1>은 $N=384$ 일 경우 m 이 증가함에 따라 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리들이 어떻게 변화하는지를 보여주고 있다. 상기 수학적 식 4로부터 계산한 대로 $J=3$ 일 때 인접 어드레스 간의 거리들 간의 차의 최대값이 64로 최소화(minimize)되며, 동시에 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리의 최소값 d^{min} 도 함께 최대화(maximize)되고 있음을 확인할 수 있다.

[표 1]

N	m	J	d_{intra}	d_{inter}^{min}	$ d_{intra}-d_{inter}^{min} $	d^{min}
384	4	24	16	360	344	16
	5	12	32	336	304	32
	6	6	64	288	224	64
	7	3	128	192	64	128

이상은 인터리버 입력 시퀀스의 크기 (interleaver input sequence size) N이 2^m 이나 J로 나누어 떨어지는 경우를 가정했을 때 최적의 인터리버 파라미터(interleaver parameter)를 결정하는 방법에 대해 설명하였다.

다음은, N이 2^m 이나 J로 나누어 떨어지지 않는 경우를 포함한 일반적인 경우에 대해서도 적용 가능한 최적의 인터리버 파라미터(interleaver parameter) 결정 방법에 관해 설명할 것이다. 이 때 N을 2^m 으로 나누었을 때의 나머지는 R이라 가정한다. 즉 R은 0보다 크고 2^m 보다 작은 정수이다.

N=408, m=7, J=3 그리고 R=24인 경우의 예를 통해 R ≠ 0인 경우 채널 인터리빙의 동작을 살펴보면 다음과 같다. R ≠ 0인 경우의 인터리빙은 R=0인 경우와 마찬가지로 행 치환(row permutation)된 매트릭스의 숫자(도 3의 302)를 맨 위쪽 행(row)으로부터 각 행(row)의 왼쪽에서 오른쪽으로 읽어 들여(도 3의 303) 이를 독출 어드레스(read address)로 할당함으로써 이루어진다. 단, R ≠ 0인 경우 열(column)의 개수는 J+1개가 되고 J+1번째 열(column)은 R개의 행(row)들에만 숫자가 기록되고 나머지 2^m-R 개의 행(row)들에는 아무 값도 기록되지 않는다.

즉, R ≠ 0인 경우, P-BRO 채널 인터리버(channel interleaver)의 독출 어드레스 시퀀스(read address sequence)는 2^m 간격으로 J 또는 J+1개의 숫자들을 순차배열하여 만든 2^m 개의 행(row)들을 BRO 오퍼레이션(operation)에 의해 치환(permutation)하여 얻어진 매트릭스(matrix)에서 맨 위의 행(row)으로부터 각 행(row)의 왼쪽에서 오른쪽으로 독출하여 생성되는 것이다.

이와 같이 R ≠ 0인 경우에도 R=0인 경우와 마찬가지로 최적의 인터리버의 디자인은 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리의 최소값을 최대화(maximize) 하면서 동시에 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리들 간의 차를 최소화(minimize) 하도록 파라미터(parameter) m과 J를 결정함으로써 달성된다. 상세히 살펴보면 다음과 같다.

R ≠ 0인 경우에도 R=0인 경우와 마찬가지로, 행간 거리(inter-row distance)는 m의 함수로서 2^m 의 값을 가진다. R=0일 경우 최소 행간 거리(minimum inter-row distance)가 m과 J만의 함수였던 것에 반해, R ≠ 0일 때는 m과 J 뿐만 아니라 R도 함수를 결정하는 변수로 작용하게 된다.

J의 값에 따라 최소 행간 거리(minimum inter-row distance)를 계산한 결과는 하기 수학적 식 5와 수학적 식 6으로 정리된다. 상기 수학적 식 5는 J=1인 경우의 최소 행내 거리를 구한 것이고, 수학적 식 6은 J ≠ 1인 경우의 최소 행간 거리를 구한 것이다.

$$FOR \ 0 \leq R < 3 \cdot 2^{m-2}, \ d_{inter}^{min} = 2^{m-2}$$

$$FOR \ 3 \cdot 2^{m-2} \leq R < 2^m, \ d_{inter}^{min} = 2^{m-1}$$

$$FOR \ 0 \leq R < 2^{m-1}, \ d_{inter}^{min} = (J-1) \cdot 2^m - 2^{m-1} = (2J-3) \cdot 2^{m-1}$$

$$FOR \ 2^{m-1} \leq R < 3 \cdot 2^{m-2}, \ d_{inter}^{min} = (J-1) \cdot 2^m - (-2^{m-2}) = (4J-3) \cdot 2^{m-2}$$

$$FOR \ 3 \cdot 2^{m-2} \leq R < 2^m, \ d_{inter}^{min} = J \cdot 2^m - 2^{m-1} = (2J-1) \cdot 2^{m-1}$$

도 4는 m=7이고 J=3인 예를 통해 상기 수학적 식 6이 어떻게 유도되었는가를 간단히 보여주고 있다.

도시된 바와 같이, R이 0 이상이고 2^{m-1} 보다 작을 경우에는 행 거리(row distance)가 2^{m-1} 이면서 앞쪽 행(row)의 마지막 열(column)이 채워지지 않은 상태에 있는 두 인접 행(row)들의 인접 어드레스(address)간의 거리가 바로 최소 행간 거리

$$d_{inter}^{min} = (2J-3) \cdot 2^{m-1}$$

(minimum inter-row distance)가 된다. 한편, R이 2^{m-1} 이상이고 $3 \cdot 2^{m-2}$ 보다 작을 경우에는 행 거리(row distance)가 2^{m-2} 이면서 앞쪽 행(row)의 마지막 열(column)이 채워지지 않은 상태에 있는 두 인접 행

(row)들의 인접 어드레스(address)간의 거리가 최소 행간 거리(minimum inter-row distance)

$d_{inter}^{min} = (4J - 3) \cdot 2^{m-2}$ 가 된다. 마지막으로 R이 $3 \cdot 2^{m-2}$ 이상이고 2^m 보다 작을 경우에는 행 거리(row distance)가 2^{m-1} 인 두 인접 행(row)의 마지막 열(column)이 모두 채워져 있는 상태이므로, 이 때는 행 거리(row distance)가 2^{m-1} 인 두 인접 행(row)들의 인접 어드레스(address)간의 거리가 최소 행내 거리(minimum intra-row distance)

$d_{inter}^{min} = (2J - 1) \cdot 2^{m-1}$ 가 된다. 예를 들어, R이 0인 경우(401) 인접 어드레스간의 거리가 최소

행간 거리는 $d_{inter}^{min} = (2J - 3) \cdot 2^{m-1} = 192$ 이고, R이 $2^{m-1} = 64$ 인 경우(402) 인접 어드레스간의 거리가 최

소 행간 거리는 $d_{inter}^{min} = (4J - 3) \cdot 2^{m-2} = 288$ 이고, R이 $3 \cdot 2^{m-2} = 96$ 인 경우(403) 최소 행간 거리는

$d_{inter}^{min} = (2J - 1) \cdot 2^{m-1} = 320$ 이다. 한편, J=1인 경우에도 같은 방식으로 생각하면 쉽게 상기 수학적 5를 유도

할 수 있다.

하기 표 2는 IS-2000 Release C의 6가지 인코더 패킷(EP : Encoder Packet)크기에 대해 m을 증가시켜 가면서 각 경우에 해당하는 J와 R을 계산하고 이 값을 상기 <수학적식 5>나 <수학적식 6>에 대입하여 행내 거리(inter-row distance) d_{intra}

와 최소 행간 거리(minimum inter-row distance) d_{inter}^{min} , 그리고 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리의 최소값 d^{min} 을 계산한 결과를 보여 주고 있다.

[표 2]

N	m	J	R	d_{intra}	d_{inter}^{min}	$ d_{intra} - d_{inter}^{min} $	d_{min}	$n(d^{min})$
408	3	51	0	8	396	388	8	400
	4	25	8	16	388	372	16	392
	5	12	24	32	368	336	32	376
	6	6	24	64	288	224	64	344
	7	3	24	128	192	64	128	280
792	8	1	152	256	64	192	64	40
	4	49	8	16	772	756	16	776
	5	24	24	32	752	720	32	760
	6	12	24	64	672	608	64	728
	7	6	24	128	576	448	128	664
1560	8	1	280	512	128	384	128	104
	5	48	24	32	1520	1488	32	1528
	6	24	24	64	1440	1376	64	1496
	7	12	24	128	1344	1216	128	1432
	8	6	24	256	1152	896	256	1304
2328	9	3	24	512	768	256	512	1048
	10	1	536	1024	256	768	256	232
	6	36	24	64	2208	2144	64	2264
	7	18	24	128	2112	1984	128	2200
	8	9	24	256	1920	1664	256	2072
3096	9	4	280	512	1664	1152	512	1816
	10	2	280	1024	512	512	512	232
	11	1	280	2048	512	1536	512	512
	6	48	24	64	2976	2912	64	3032
	7	24	24	128	2880	2752	128	2968
3864	8	12	24	256	2688	2432	256	2840
	9	6	24	512	2304	1792	512	2584
	10	3	24	1024	1536	512	1024	2072
	11	1	1048	2048	512	1536	512	488
	6	60	24	64	3744	3680	64	3800
3864	7	30	24	128	3648	3520	128	3736
	8	15	24	256	3456	3200	256	3608
	9	7	280	512	3200	2688	512	3352
	10	3	792	1024	2560	1536	1024	2840
	11	1	1816	2048	1024	1024	1024	1024

상술한 바와 같이, R=0인 경우와 마찬가지로 최적의 인터리버 파라미터(interleaver parameter)를 선택하는 기준은 인접 독출 어드레스(read address)간의 거리의 최소값을 최대화(maximize)하면서 동시에 인접 독출 어드레스(read address)간의 거리를 최대화(maximize)하는 것, 즉 인접 독출 어드레스(read address)간의 거리를 최소화(minimize) 하는 것이다.

상기 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리의 최소값은 상기 <표 2>의 여덟번째 열(column)에 있는 값(d^{min})이며 이 값은 행내 거리(intra-row distance)나 최소 행간 거리(minimum inter-row distance) 중 작은 값으로 결정된다. 따라서, 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리의 최소값을 최대화(maximize) 하는 파라미터(parameter)를 선택하려면 상기 표 2에서 여덟번째 열(column)에 있는 값이 가장 큰 행(row)를 선택해야 한다. 하지만, 인코더 패킷(EP) 크기가 2328과 3864인 경우, 이 조건을 만족하는 행(row)가 각각 3개, 2개씩 복수개로 존재하므로, 최적의 인터리버 파라미터(interleaver parameter)를 선택하기 위해 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리를 최소화(minimize) 해야 하는 두 번째 기준까지 적용해야 한다. 상기 인접 독출 어드레스(read address)간의 거리를 최소화(minimize)하는 행(row)을 볼드체의 밑줄로 표시하였다. 이 두 번째 기준의 타당성은 상기 <표 2>의 마지막 열(column)에 적혀 있는 인접 독출 어드레스(read address) 간의 거리가 최소인 독출 어드레스 쌍(read address pair)의 개수, $n(d^{min})$ 를 비교함으로써 확인될 수 있다.

상기 <표 2>에서 볼드체의 밑줄로 표시된 행(row)는 최적의 인터리버 파라미터(interleaver parameter)를 선택하기 위한 두 가지 조건을 모두 만족하고 있으며, 두 번째 조건만 만족되면 첫번째 조건은 저절로 만족됨을 확인할 수 있다. 참고로, 상기 <표 2>에서 계산된 행내 거리(intra-row distance)와 최소 행간 거리(minimum inter-row distance)는 모두 P-BRO 인터리빙(interleaving)에 의해 생성된 독출 어드레스(read address)를 대상으로 직접 계산을 수행하여 얻은 결과와 일치하는 것임을 밝혀 둔다. 상기 <표 2>는 인터리버의 크기 N이 2^m 이나 J로 나누어 떨어지는 경우와 2^m 이나 J로 나누어 떨어지지 않는 경우, 즉 N개의 입력 데이터 열이 $N = 2^m \times J + R (0 \leq R < 2^m)$ 로 표현되는 경우들을 모두 포함하여 결정되는 인터리버 파라미터들을 보여준다. 이때 볼드체의 밑줄로 표시된 인터리버 파라미터들이 각 입력 데이터 열의 길이들에 대한 최적의 인터리버 파라미터들이다. 이와 달리, N개의 입력 데이터 열이 $N = 2^m \times (J-1) + R (0 \leq R < 2^m)$ 로 표현되는 경우, 즉 인터리버의 크기 N이 2^m 이나 (J-1)로 나누어 떨어지는 경우와 2^m 이나 (J-1)로 나누어 떨어지지 않는 경우들에 있어서 각 인터리버의 크기 N에 대해 결정된 최적의 인터리버 파라미터들을 정리해보면 하기의 <표 3>과 같을 것이다. 이와 같이 가정하는 경우, 전술한 설명 및 후술하는 설명들에 있어서 정의되고 있는 파라미터 "J"는 "J-1"로 대체되어 정의될 수 있을 것이다.

[표 3]

N	m	J	R
408	7	4	24
792	8	4	24
1560	9	4	24
2328	10	3	280
3096	10	4	24
3864	11	2	1816

이상 살펴본 바와 같이, 본 발명은 예를 들어 IS-2000 A/B의 채널 인터리버(channel interleaver)와 IS-2000 C의 서브블록 채널 인터리버(sub-block channel interleaver)를 분석하여 최적의 성능을 보장하리라 예상되는 인터리버 파라미터(interleaver parameter)를 선택하기 위한 방법을 제시하고 있다.

앞서 언급한 바와 같이, 상기 최적의 인터리버 파라미터(interleaver parameter)의 결정은, 결국 채널 인터리버(channel interleaver)에 의해 독출 어드레스(read address)를 생성할 때 인접 독출 어드레스(read address)간의 거리를 최대화(maximize)하는 동시에 인접 독출 어드레스(address)간의 거리를 최소화하는 파라미터를 선택함으로써 달성되었다. 결국 IS-2000 Release C의 서브블록 채널 인터리버(sub-block channel interleaver)를 위한 파라미터(parameter)는 상기 <표 2>의 볼드체의 밑줄로 표시한 행(row)에 나타난 값이 되어야 할 것이다. 이상 설명은 IS-2000 Release C의 서브블록 채널 인터리버(sub-block channel interleaver)를 예로 들어 설명하지만, 본 발명에 따른 인터리버가 다른 규격의 시스템에 사용될 수 있음은 당업계에서 자명한 사실이다.

B. 발명의 실시예들

도 6은 본 발명의 제1실시 예에 따른 최적 인터리버 파라미터를 결정하기 위한 절차를 도시하고 있다. 특히, 상기 도 6은 행내 거리(d_{intra})와 최소 행간 거리 사이의 차이를 산출하기 위한 절차이다. 앞서 설명한 바와 같이, 상기 두 값의 차이가 최소가 되도록 J를 결정해야 인터리버 파라미터를 최적화할 수 있다. 즉, 주어진 인터리버 크기 N에 대해 (m,J)를 바꾸어 가면서 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 를 계산한 결과값을 이용하여 최적의 (m,J)값을 결정한다.

상기 도 6을 참조하면, 먼저 601단계에서 인터리버 크기 N, 변수 m과 J가 주어지면, 603단계에서 상기 인터리버 크기 N에서 " $2^m \times J$ "을 감해 변수 R을 결정한다. 그리고, 605단계에서 상기 J 값이 '1'인지를 검사한다. 즉, 열의 개수가 한 개인지를 검사한다. 만일, 상기 J 값이 '1'이면, 607단계로 진행하고, 그렇지 않으면 621단계로 진행한다. 상기 607단계에서, 상기

결정된 변수 R 값이 '0'인지를 검사한다. 즉, 인터리버 크기 N이 2^m 의 정수배인지를 검사한다. 만일, 상기 변수 R이 '0'이면 609단계로 진행하여 행내 거리를 나타내는 변수 d_{intra} 에 '0'값을 저장하고, 그렇지 않으면 617단계로 진행하여 상기 변수 d_{intra} 에 2^m 값을 저장한다.

상기 행내 거리를 나타내는 변수 d_{intra} 의 값을 결정한후, 611단계에서 상기 변수 R 값이 $3 \times 2^{m-2}$ 보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 변수 R 값이 상기 $3 \times 2^{m-2}$ 보다 작으면, 613단계로 진행하여 최소 행간 거리를 나타내는 변수 d_{inter}^{min} 값을 2^{m-2} 로 결정하고, 상기 변수 R 값이 상기 $3 \times 2^{m-2}$ 보다 크거나 같으면 619단계로 진행하여 상기 변수 d_{inter}^{min} 값을 2^{m-1} 로 결정한다. 상기 변수 d_{inter}^{min} 값을 결정한후, 615단계로 진행하여 상기 결정된 d_{intra} 와 상기 d_{inter}^{min} 사이의 차이를 계산한후 종료한다.

한편, 상기 605단계에서 상기 변수 J 값이 '1'이 아닌 경우, 621단계로 진행하여 행내 거리를 나타내는 변수 d_{intra} 값을 2^m 으로 결정하고, 623단계에서 상기 변수 R 값이 2^{m-1} 보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 변수 R 값이 2^{m-1} 보다 작으면 625단계로 진행하여 상기 최소 행간 거리를 나타내는 d_{inter}^{min} 값을 $(2J-3) \times 2^{m-1}$ 로 결정한후 상기 615단계로 진행한다. 반면, 상기 변수 R 값이 상기 2^{m-1} 보다 크거나 같으면 627단계로 진행하여 상기 변수 R 값이 $3 \times 2^{m-2}$ 보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 변수 R 값이 상기 $3 \times 2^{m-2}$ 보다 작으면 629단계로 진행하여 상기 최소 행간 거리를 나타내는 변수 d_{inter}^{min} 값을 $(4J-3) \times 2^{m-2}$ 로 결정하고, 그렇지 않으면 631단계로 진행하여 상기 변수 d_{inter}^{min} 값을 $(2J-1) \times 2^{m-1}$ 로 결정한 후 상기 615단계로 진행한다.

상술한 바와 같이, 주어진 N에 대한 최적의 channel interleaver parameters는 (m, J)를 바꿔가면서 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 를 계산하는 시도들을 반복함으로써 얻어질 수 있다. 하지만, optimal interleaver parameter로 선택되는 J의 값이 1, 2, 3 중의 하나임을 이용하면 이러한 시도들 없이도 주어진 N에 대한 optimal interleaver parameter J를 간단히 계산해 주는 논리를 유도해 낼 수 있다.

논리식의 유도 과정은 생략하고, 유도된 논리식을 정리하면 하기 수학식 7과 같다.

상기 <수학식 7>을 이용하여 얻은 J의 최적 값(optimal value)으로부터 m의 최적 값(optimal value)는 하기 <수학식 8>에 의해 계산될 수 있다.

결국, 최적 인터리버 파라미터들(optimal interleaver parameters)를 간단한 논리식에 의해 구하는 과정은 다음과 같이 요약되고, 이 과정을 도시하면 도 7과 같다.

1. 주어진 N에 대해 수학식 7을 이용하여 J의 최적 값(optimal value)를 얻는다.
2. 주어진 N과 1에서 얻어진 J를 <수학식 8>에 대입하여 m을 계산한다.

도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 최적 인터리버 파라미터를 결정하기 위한 절차를 도시하고 있다.

상기 도 7을 참조하면, 먼저 주어진 인터리버 크기 N을 가지고 ' $\log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor$ '을 계산하여 변수 α 값으로 결정하고, 상기 N을 가지고 ' $2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$ '을 계산하여 변수 β 값으로 결정한다. 그리고, 703단계에서 상기 변수 α 값이 제1기준값(0.5849625)보다 작은지를 검사한다. 만일, 작으면 705단계로 진행하여 상기 인터리버 크기 N 값이 상기 변수 β 값보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 인터리버 크기 N 값이 상기 변수 β 값보다 크거나 같으면, 707단계로 진행하고, 그렇지 않으면 713단계로 진행하여 열의 개수를 나타내는 변수 J를 '3'으로 결정한다. 한편, 707단계에서 상기 인터리버 크기 N 값이 $(3/2) \times \beta$ 보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 인터리버 크기 N 값이 상기 $(3/2) \times \beta$ 보다 작으면 711단계로 진행하여 상기 변수 J 값을 '2'로 결정하고, 그렇지 않으면 709단계로 진행하여 상기 변수 J 값을 '1'로 결정한다.

한편, 상기 703단계에서 상기 변수 α 값이 상기 제1기준값(0.5849625)보다 크거나 같으면 717단계로 진행하여 상기 인터리버 크기 N 값이 상기 $(3/2) \times \beta$ 보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 인터리버 크기 N 값이 상기 $(3/2) \times \beta$ 보다 작으면 721단계로 진행하여 상기 변수 J를 '2'로 결정하고, 그렇지 않으면 719단계로 진행하여 상기 인터리버 크기 N 값이 $(7/4) \times \beta$ 보다 작은지를 검사한다. 만일, 상기 인터리버 크기 N 값이 상기 $(7/4) \times \beta$ 보다 작으면 723단계로 진행하여 상기 변수 J 값을 '3'으로 결정하고, 그렇지 않으면 725단계로 진행하여 변수 J 값을 '1'로 결정한다.

이상과 같이 N을 입력인자로 가지는 논리식에 의해 m과 J의 최적 값(optimal value)를 간단히 계산할 수 있으며 이렇게 계산된 m과 J는 상기 표 2와 같이 (m, J)를 바꾸는 수차례의 시도를 통해 얻어진 m, J와 정확히 일치된 값을 가진다. 또한, 이것은 단말이 N에 따른 최적 파라미터(optimal parameter) m과 J를 일일이 저장해 놓을 필요성이 사라짐을 의미한다.

예를 들어, N=2328인 경우, 도 7의 절차 또는 수학식 8 내지 수학식 10을 이용하여 m과 J의 최적 값을 계산하는 과정을 살펴보면 아래와 같다.

$$\alpha = \log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor = \log_2 2328 - \lfloor \log_2 2328 \rfloor = 11.1848753 - 11 = 0.1848753.$$

$$\beta = 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} = 2^{\lfloor \log_2 2328 \rfloor} = 2^{11} = 2048.$$

$$\alpha \leq 0.5849625 \text{ 이고, } \beta = 2048 \leq N = 2328 < (3/2) \cdot \beta = 3072 \text{ 이므로, } J=2.$$

$$m = \lfloor \log_2 (N/J) \rfloor = \lfloor \log_2 (2328/2) \rfloor = \lfloor \log_2 1164 \rfloor = 10, \quad R = N - 2^m \cdot J = 2328 - 2^{10} \cdot 2 = 280.$$

참고적으로, 상기 수학적 식 7의 유도 과정을 살펴보면 다음과 같다.

도 6과 수학적 식 5, 수학적 식 6으로부터 각 경우에 대한 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 는 하기와 같이 기술된다.

A. J=1인 경우,

A-1. $R = 0$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = |0 - 2^{m-2}| = 2^{m-2}$

A-2. $0 < R < 3 \cdot 2^{m-2}$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = |2^m - 2^{m-2}| = 3 \cdot 2^{m-2}$

A-3. $3 \cdot 2^{m-2} \leq R < 2^m$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = |2^m - 2^{m-1}| = 2^{m-1}$

B. J≠1인 경우,

B-1. $0 \leq R < 2^{m-1}$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = |2^m - (2J - 3) \cdot 2^{m-1}| = |2J - 5| \cdot 2^{m-1}$

B-2. $2^{m-1} \leq R < 3 \cdot 2^{m-2}$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = |2^m - (4J - 3) \cdot 2^{m-2}| = |4J - 7| \cdot 2^{m-2}$

B-3. $3 \cdot 2^{m-2} \leq R < 2^m$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = |2^m - (2J - 1) \cdot 2^{m-1}| = |2J - 3| \cdot 2^{m-1}$

이 때, $N = 2^m \cdot J + R$ 이며, $0 \leq R < 2^m$ 인 범위에 있으므로, $J \cdot 2^m \leq N < (J+1) \cdot 2^m$ 가 성립하며, 부등식의 J로 나누고 밑이 2인 log를 취하면,

$$m \leq \log_2 \left(\frac{N}{J} \right) < \log_2 \left(\left(\frac{J+1}{J} \right) \cdot 2^m \right) = m + \log_2 \left(1 + \frac{1}{J} \right) < m + 1$$

가 성립하므로, m은 $m = \left\lfloor \log_2 \left(\frac{N}{J} \right) \right\rfloor$ 와 같이 표시될 수 있다.

이제 $m = \left\lfloor \log_2 \left(\frac{N}{J} \right) \right\rfloor$ 을 이용하면 특정 J에 대해 A, B의 모든 경우를 N의 함수로 표시할 수 있다.

A'. J=1인 경우, $m = \lfloor \log_2 N \rfloor$ 이므로, $R = N - 2^m = N - 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$ 가 되며, 이 때 A-1~A-3을 N의 함수로 나타내면,

A'-1. $N = 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = 2^{m-2} = \left(\frac{1}{4} \right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$

A'-2. $2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{7}{4} \right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \left(\frac{3}{4} \right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$

A'-3. $\left(\frac{7}{4} \right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < 2 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$ 인 경우, $|d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \left(\frac{1}{2} \right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$

B': J≠1인 경우, $m = \lfloor \log_2(N/J) \rfloor$ 이므로, $R = N - J \cdot 2^m = N - J \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor}$ 가 되며, 이 때 B-1~B-3

을 R 대신 N의 함수로 나타내면,

$$B'-1. J \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor} \leq N < \left(J + \frac{1}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \left|J - \frac{5}{2}\right| \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor}$$

$$B'-2. \left(J + \frac{1}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor} \leq N < \left(J + \frac{3}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \left|J - \frac{7}{4}\right| \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor}$$

$$B'-3. \left(J + \frac{3}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor} \leq N < (J+1) \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \left|J - \frac{3}{2}\right| \cdot 2^{\lfloor \log_2(N/J) \rfloor}$$

먼저, B에서 J=2인 경우를 살펴 보면,

B'': J=2인 경우, $\lfloor \log_2(N/2) \rfloor = \lfloor \log_2 N - 1 \rfloor = \lfloor \log_2 N \rfloor - 1$ 이므로,

$$B''-1. 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{5}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{1}{4} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

$$B''-2. \left(\frac{5}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{11}{8}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{1}{8} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

$$B''-3. \left(\frac{11}{8}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{3}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{1}{4} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

다음으로, B에서 J=3인 경우를 살펴 보면,

$$B'''. J=3인 경우, \lfloor \log_2(N/3) \rfloor = \begin{cases} \lfloor \log_2 N \rfloor - 2, & \text{if } \log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor < \log_2 3 - 1 \\ \lfloor \log_2 N \rfloor - 1, & \text{otherwise} \end{cases} \text{ 이므로,}$$

먼저, $\log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor < \log_2 3 - 1 = 0.5849625$ 인 경우,

$$B'''-1'. \left(\frac{3}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{7}{8}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{1}{8} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

$$B'''-2'. \left(\frac{7}{8}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{15}{16}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{5}{16} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

$$B'''-3'. \left(\frac{15}{16}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{3}{8} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

다음으로, $\log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor \geq \log_2 3 - 1 = 0.5849625$ 인 경우,

$$B'''-1''. \left(\frac{3}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{7}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{1}{4} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

$$B'''-2''. \left(\frac{7}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{15}{8}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{5}{8} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

$$B'''-3''. \left(\frac{15}{8}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < 2 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \text{ 인 경우, } |d_{intra} - d_{inter}^{min}| = \frac{3}{4} \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$$

와 같이 기술될 수 있다.

J=4 이상일 때에는 어떠한 경우에도 J=1, 2, or 3인 경우의 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 보다 작은 값을 가질 수 없으므로 고려할 필요 없다.

A'-1, A'-2, A'-3, B''-1, B''-2, B''-3, B'''-1', B'''-2', B'''-3'의 경우를 모두 고려하여 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 를 minimize하는 경우를 골라보면 Formula 7을 얻게 되며,

A'-1, A'-2, A'-3, B''-1, B''-2, B''-3, B'''-1'', B'''-2'', B'''-3''의 경우를 모두 고려하여 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 를 minimize하는 경우를 골라보면 Formula 8을 얻게 된다.

J=4 이상일 때에는 어떠한 경우에도 J=1, 2, 또는 3인 경우의 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 보다 작은 값을 가질 수 없으므로 고려할 필요가 없다.

A'-1, A'-2, A'-3, B"-1, B"-2, B"-3, B'''-1', B'''-2', B'''-3'의 경우를 모두 고려하여 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 를 최소화하는 경우를 골라보면 상기 <수학식 7>을 얻게 되며, A'-1, A'-2, A'-3, B"-1, B"-2, B"-3, B'''-1", B'''-2", B'''-3"의 경우를 모두 고려하여 $|d_{intra} - d_{inter}^{min}|$ 를 최소화하는 경우를 골라보면 상기 <수학식 8>을 얻게 된다.

한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명은 부분비트역상순 인터리빙 알고리즘을 사용할 때, 인터리버 크기에 따른 변수 m과 J값을 간단한 알고리즘을 통해 최적화할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

N개의 입력 데이터 열을 2^m 개의 행들과 (J-1)개의 열들의 매트릭스 구조, 그리고 J번째 열에서 R개의 행들이 되도록 열들의 순서로 배열하고, 상기 배열된 행들의 데이터를 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하여 배열하고, 상기 인터리빙된 배열로부터 행들의 순서로 데이터를 독출하는 인터리버에서, 상기 N, m, J 및 R은 예를 들어 하기와 같이 주어짐을 특징으로 하는 상기 인터리버.

N	m	J	R
408	7	4	24
792	8	4	24
1560	9	4	24
2328	10	3	280
3096	10	4	24
3864	11	2	1816

청구항 2.

통신시스템의 인터리버에 사용하기 위한 파라미터들을 결정하는 방법에 있어서,

N개의 입력 데이터 열을 2^m 개의 행들과 (J-1)개의 열들의 매트릭스 구조, 그리고 J번째 열에서 R(여기서 $0 \leq R < 2^m$)개의 행들이 되도록 열들의 순서로 배열하는 과정과,

상기 배열된 행들의 데이터를 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하여 배열하고, 상기 인터리빙된 배열로부터 행들의 순서로 데이터를 독출하기 위한 어드레스들을 생성하는 과정과,

상기 생성된 어드레스들의 각 행들에 대하여 인접하는 열들을 지시하는 어드레스들간의 제1 최소 거리를 산출하는 과정과,

상기 생성된 어드레스들의 인접하는 두 행들에 대하여 첫번째 행의 마지막 열을 지시하는 어드레스와 두 번째 행의 처음 열을 지시하는 어드레스간의 제2 최소 거리를 산출하는 과정과,

상기 제1 최소 거리와 상기 제2 최소 거리간의 차이가 최소가 되도록 하는 파라미터들 m, J가 구해질 때까지 상기 배열 과정, 상기 P-BRO 인터리빙 과정, 상기 제1 최소 거리 산출 과정 및 상기 제2 최소 거리 산출 과정을 반복하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터 결정 방법.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 파라미터들 N, m, J 및 R은 하기와 같이 구해짐을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터 결정 방법.

N	m	J	R
408	7	4	24
792	8	4	24

1560	9	4	24
2328	10	3	280
3096	10	4	24
3864	11	2	1816

청구항 4.

제2항에 있어서, 상기 제2 최소 거리는 하기의 수학식들에 따라 결정됨을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터 결정 방법.

J = 1인 경우

$$FOR \ 0 \leq R < 3 \cdot 2^{m-2}, \ d_{inter}^{min} = 2^{m-2}$$

$$FOR \ 3 \cdot 2^{m-2} \leq R < 2^m, \ d_{inter}^{min} = 2^{m-1}$$

J ≠ 1인 경우

$$FOR \ 0 \leq R < 2^{m-1}, \ d_{inter}^{min} = (J-1) \cdot 2^m - 2^{m-1} = (2J-3) \cdot 2^{m-1}$$

$$FOR \ 2^{m-1} \leq R < 3 \cdot 2^{m-2}, \ d_{inter}^{min} = (J-1) \cdot 2^m - (-2^{m-2}) = (4J-3) \cdot 2^{m-2}$$

$$FOR \ 3 \cdot 2^{m-2} \leq R < 2^m, \ d_{inter}^{min} = J \cdot 2^m - 2^{m-1} = (2J-1) \cdot 2^{m-1}$$

청구항 5.

통신시스템의 인터리빙에 사용하기 위한 파라미터들을 결정하는 방법에 있어서,

N개의 입력 데이터 열을 2^m개의 행들과 (J-1)개의 열들의 매트릭스 구조, 그리고 마지막번째 열에서 R(여기서 0 ≤ R < 2^m)개의 행들이 되도록 열들의 순서로 배열하는 과정과,

상기 배열된 행들의 데이터를 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하여 배열하고, 상기 인터리빙된 배열로부터 행들의 순서로 데이터를 독출하기 위한 어드레스들을 생성하는 과정과,

상기 생성된 어드레스들의 각 행들에 대하여 인접하는 열들을 지시하는 어드레스들간의 제1 최소 거리를 산출하는 과정과,

상기 생성된 어드레스들의 인접하는 두 행들에 대하여 첫번째 행의 마지막 열을 지시하는 어드레스와 두 번째 행의 처음 열을 지시하는 어드레스간의 제2 최소 거리를 산출하는 과정과,

상기 제1 최소 거리와 상기 제2 최소 거리중의 하나가 최대가 되도록 하는 파라미터들 m, J가 구해질 때까지 상기 배열 과정, 상기 P-BRO 인터리빙 과정, 상기 제1 최소 거리 산출 과정 및 상기 제2 최소 거리 산출 과정을 반복하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터 결정 방법.

청구항 6.

통신시스템에서 입력 데이터를 행 × 열 매트릭스 구조를 가지는 메모리에 순차 저장하고 상기 메모리의 어드레스들을 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하기 위하여 주어진 인터리빙 크기 N에 대하여 방정식 N = 2^m × J + R(여기서 0 ≤ R < 2^m)로 표현되는 인터리빙 파라미터들을 결정하는 방법에 있어서,

상기 인터리빙 크기 N에 대하여 ($\log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor$)으로 표현되는 제1 변수(α)와 ($2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$)으로 표현되는 제2 변수(β)를 산출하는 과정과,

상기 제1 변수와 미리 설정된 제1 임계값을 비교하고 상기 제2 변수와 적어도 하나 이상의 제2 임계값과 비교하고 그 비교 결과에 따라 제1 파라미터(J)를 산출하는 과정과,

상기 인터리버 크기 N과 상기 제1 파라미터에 대하여 $\lfloor \log_2(N/J) \rfloor$ 로 표현되는 제2 파라미터(m)를 산출하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터들 결정 방법.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 제1 파라미터 및 상기 제2 파라미터를 상기 방정식에 적용함에 의해 제3 파라미터(R)를 산출하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터들 결정 방법.

청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 제1 파라미터는 하기의 수학적식에 따라 결정됨을 특징으로 하는 인터리빙 파라미터들 결정 방법.

$$\begin{aligned} & \text{If } \log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor < \log_2 3 - 1 = 0.5849625, \\ & \quad \text{For } \left(\frac{3}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < 1 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}, J = 3, \\ & \quad \text{For } 1 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{3}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}, J = 2, \\ & \quad \text{For } \left(\frac{3}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < 2 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}, J = 1. \\ & \text{Else if } \log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor \geq \log_2 3 - 1 = 0.5849625, \\ & \quad \text{For } 1 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{3}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}, J = 2, \\ & \quad \text{For } \left(\frac{3}{2}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < \left(\frac{7}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}, J = 3, \\ & \quad \text{For } \left(\frac{7}{4}\right) \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor} \leq N < 2 \cdot 2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}, J = 1. \end{aligned}$$

청구항 9.

통신시스템의 인터리버에 있어서:

행 × 열 매트릭스 구조를 가지는 메모리와;

상기 메모리의 각 행들을 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하기 위하여,

주어진 인터리버 크기 N에 대하여 ($\log_2 N - \lfloor \log_2 N \rfloor$)으로 표현되는 제1 변수(a)와 ($2^{\lfloor \log_2 N \rfloor}$)으로 표현되는 제2 변수(b)를 산출하고,

상기 제1 변수와 미리 설정된 제1 임계값을 비교하고 상기 제2 변수와 적어도 하나 이상의 제2 임계값과 비교하고 그 비교 결과에 따라 제1 파라미터(J)를 산출하고,

상기 인터리버 크기 N과 상기 제1 파라미터에 대하여 $\lfloor \log_2(N/J) \rfloor$ 로 표현되는 제2 파라미터(m)를 산출하고,

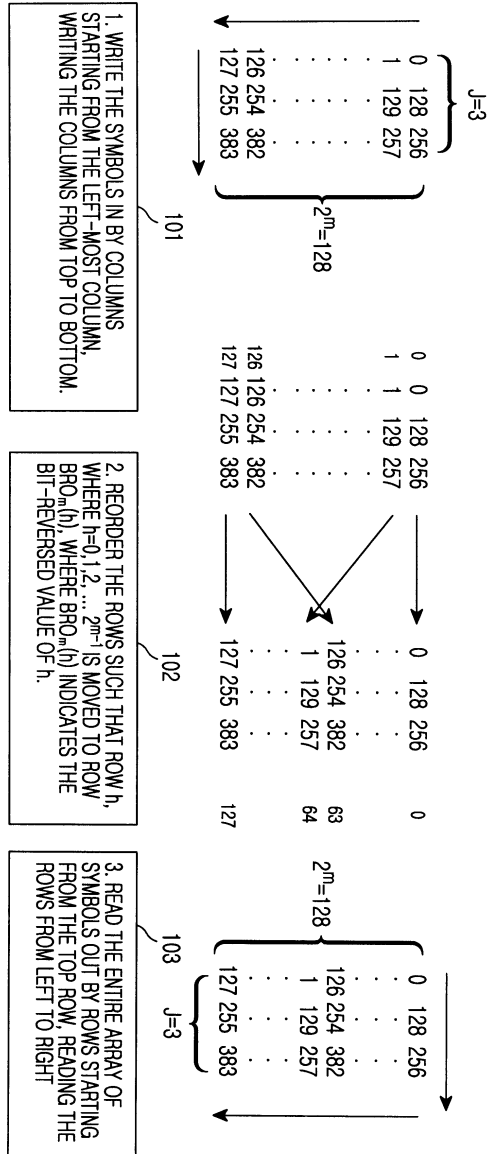
상기 제1 파라미터 및 상기 제2 파라미터를 방정식 $N = 2^m \cdot J + R$ 에 적용함에 의해 제3 파라미터(R)를 산출하고,

상기 산출된 파라미터들에 의해 N개의 입력 데이터 열을 2^m 개의 행들과 (J)개의 열들의 매트릭스 구조, 그리고 J번째 열에서 R(여기서 $0 \leq R < 2^m$)개의 행들이 되도록 열들의 순서로 배열하고,

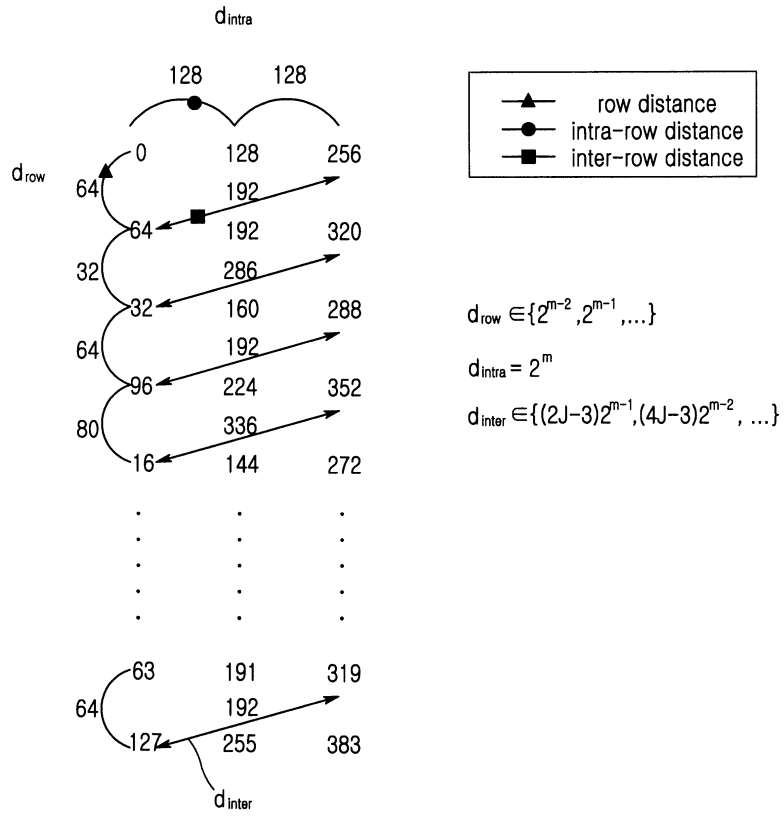
상기 배열된 행들의 데이터를 부분비트역상순(PBRO) 인터리빙하여 배열하고, 상기 인터리빙된 배열로부터 행들의 순서로 데이터를 독출하기 위한 어드레스들을 생성하란 어드레스 생성부를 포함함을 특징으로 하는 상기 인터리버.

도면

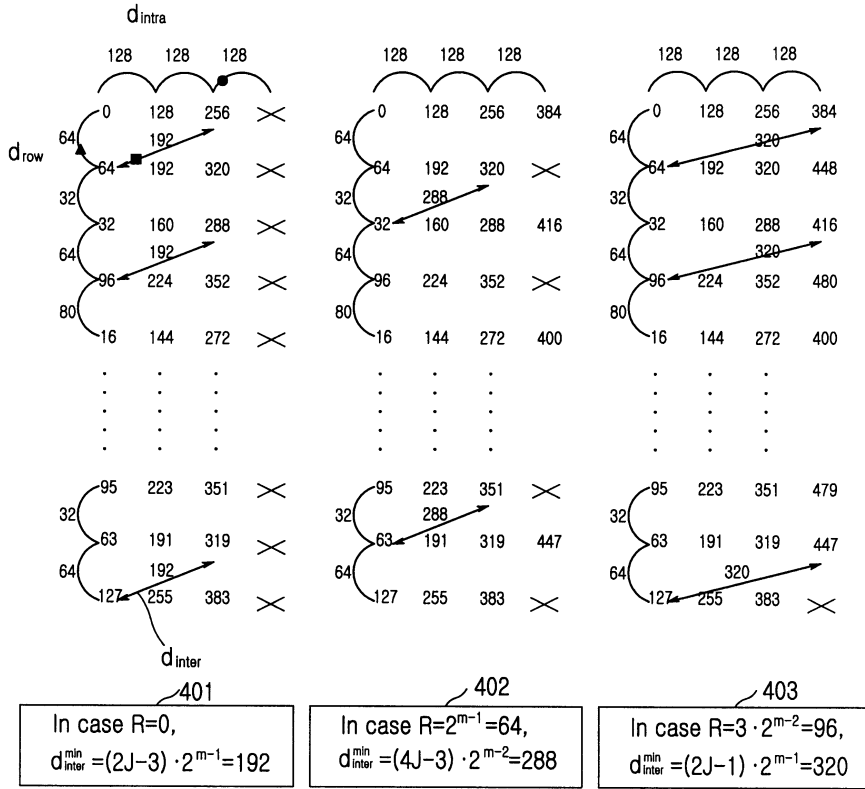
도면1



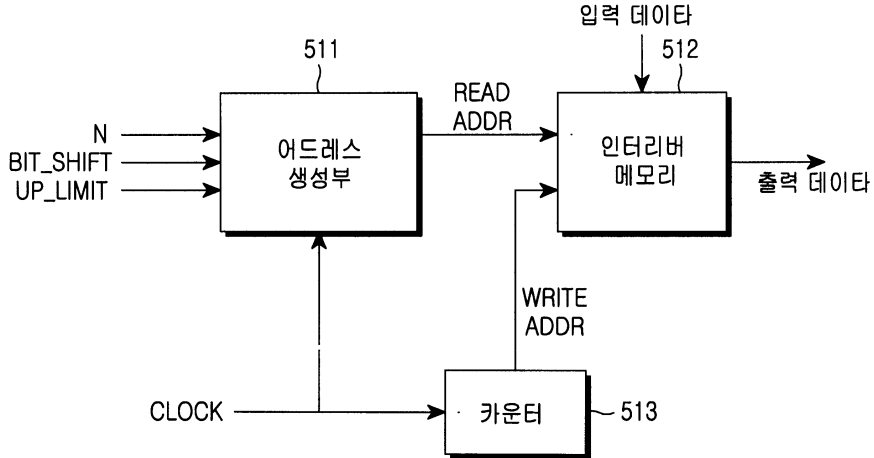
도면2



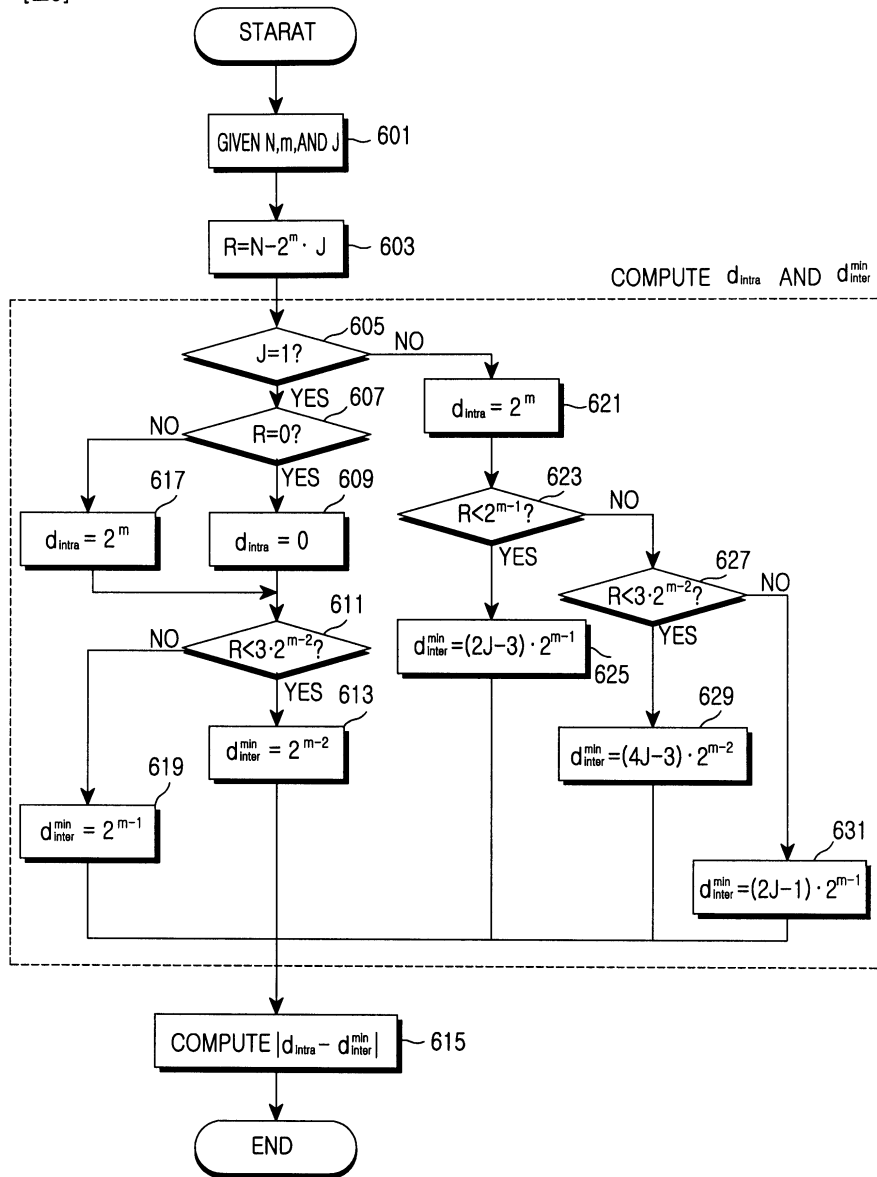
도면4



도면5



도면6



도면7

