



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0144193
(43) 공개일자 2023년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/16 (2006.01) G06F 17/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 17/16 (2013.01)
G06F 17/141 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0043165
(22) 출원일자 2022년04월07일
심사청구일자 2022년04월07일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한
국기술교육대학교내)
(72) 발명자
김덕수
세종특별자치시 남세종로 302, 610동 506호(소담
동, 새샘마을6단지)
이재홍
경기도 수원시 권선구 호매실로 103, 2103동 150
4호(호매실동, 능실마을21단지)
(74) 대리인
특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 13 항

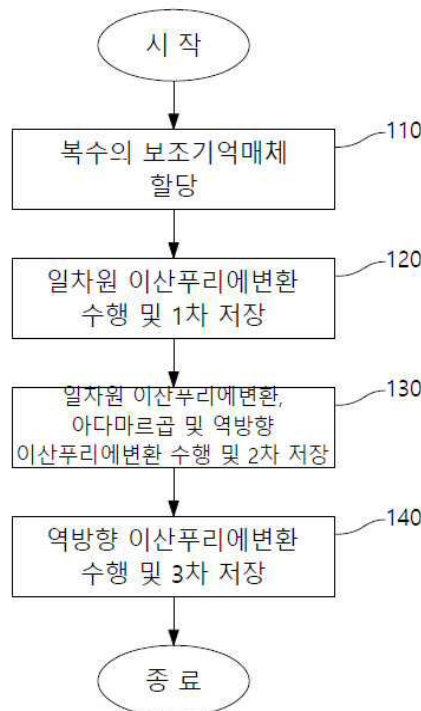
(54) 발명의 명칭 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법에 관한 것으로, 복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당하는 단계; 상기 짝수읽기매체에 저장된 연산대상 행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행한 후에, 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 1차 저장하

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



는 단계; 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 저장된 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하고, 아다마르곱 연산한 후, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 2차 저장하는 단계; 및 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 저장된 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 3차 저장하는 단계;를 포함함으로써, 복수의 보조기억매체를 활용한 합성곱 연산을 통해 합성곱 연산에 소요되는 연산시간을 현저하게 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 연산성능을 향상시킬 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345341784
과제번호	2021RIS-004
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체-대학 협력기반지역혁신사업
연구과제명	(대전세종충남지역혁신플랫폼)충남대학교
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2021.12.01 ~ 2022.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당하는 단계;

상기 짝수읽기매체에 저장된 연산대상행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행한 후에, 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 1차 저장하는 단계;

상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 저장된 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하고, 아다마르곱 연산한 후, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 2차 저장하는 단계; 및

상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 저장된 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 3차 저장하는 단계;

를 포함하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 1차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체에 저장된 상기 연산대상행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 복수의 짝수행방향벡터 및 복수의 홀수행방향벡터로 추출하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 1차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체에서 상기 복수의 짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향짝수이동인자를 이용하고, 상기 홀수읽기매체에서 상기 복수의 홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향홀수이동인자를 이용하여 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 각각 수행하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 1차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 각각 획득된 제 1 짝수벡터와 제 1 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 1 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 1 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 상기 제 1 짝수열방향벡터는 상기 짝수쓰기매체에, 상기 제 1 홀수열방향벡터는 상기 홀수쓰기매체에 각각 저장하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 1차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 복수의 짝수행방향벡터 중 나머지와 상기 복수의 홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)의 수행과, 상기 열방향벡터로의 변환과, 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체로의 저장을 반복 수행하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 2차 저장하는 단계는,

상기 1차짝수행렬 및 1차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 복수의 1차짝수행방향벡터 및 복수의 1차홀수행방향벡터로 추출하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 2차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체에서 상기 복수의 1차짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향짝수이동인자를 이용하고, 상기 홀수읽기매체에서 상기 복수의 1차홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향홀수이동인자를 이용하여 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 각각 수행하고, 각각 아다마르곱 연산한 후, 각 벡터에 대해 역방향짝수이동인자 및 역방향홀수이동인자를 이용하여 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 각각 수행하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 2차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행한 후에, 짝수-짝수벡터와 짝수-홀수벡터를 합하여 제 2 짝수벡터로 생성하고, 홀수-짝수벡터와 홀수-홀수벡터를 합하여 제 2 홀수벡터로 생성하며, 상기 제 2 짝수벡터 및 제 2 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 2 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 2 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 상기 제 2 짝수열방향벡터는 상기 짝수쓰기매체에, 상기 제 2 홀수열방향벡터는 상기 홀수쓰기매체에 각각 저장하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 2차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 복수의 1차짝수행방향벡터 중 나머지와 상기 복수의 1차홀수행방

행벡터 중 나머지에 대해 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)의 수행과, 상기 아다마르곱 연산과, 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)의 수행과, 상기 열방향벡터로의 변환과, 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체로의 저장을 반복 수행하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 3차 저장하는 단계는,

상기 2차짝수행렬 및 2차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 복수의 2차짝수행방향벡터 및 복수의 2차홀수행방향벡터로 추출하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 3차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체에서 상기 복수의 2차짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 역방향짝수이동인자를 이용하고, 상기 홀수읽기매체에서 상기 복수의 2차홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 역방향홀수이동인자를 이용하여 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 3차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 통해 각각 획득된 제 3 짝수벡터와 제 3 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 3 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 3 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 상기 제 3 짝수열방향벡터는 상기 짝수쓰기매체에, 상기 제 3 홀수열방향벡터는 상기 홀수쓰기매체에 각각 저장하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 3차 저장하는 단계는,

상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 복수의 2차짝수행방향벡터 중 나머지와, 상기 복수의 2차홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)의 수행과, 상기 열방향벡터로의 변환과, 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체로의 저장을 반복 수행하는

다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당한 상태에서 짝수읽기매체에 저장된 연산대상행렬을 추출한 후에, 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 1차 저장하고, 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT), 아다마르곱 연산, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 2차 저장하며, 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 3차 저장함으로써, 복수의 보조기억매체를 활용한 합성곱 연산을 통해 합성곱 연산에 소요되는 연산시간을 현저하게 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 연산성능을 향상시킬 수 있는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 잘 알려진 바와 같이, 합성곱(convolution)은 한 신호 혹은 함수를 반전 이동하여 다음 다른 신호에 곱한 후, 적분하는 수학 연산자를 의미하는데, 함수와 신호의 합성에 이용될 수 있다.

[0003] 그리고, 합성곱을 이용한 연산 기법은 영상 데이터 내의 객체의 종류를 인식하기 위해 인공지능에 적용되는 것에 그치지 않고, 신호처리, 홀로그래피, 자율 주행, 의료 영상 판독, 보안 시스템 등 다양한 분야에서 이용될 수 있다.

[0004] 상술한 바와 같은 합성곱 연산을 이용하여 인식 대상 데이터에 포함된 정보를 인식하는 과정에서는, 곱셈과 덧셈의 조합으로 이루어지는 합성곱 연산이 다수 회 수행될 수 있는데, 거듭되어 수행되는 방대한 연산량의 합성곱 연산은 많은 처리 시간의 소요로 인해 데이터 인식에 걸림돌로 작용할 수 있다.

[0005] 특히, 앞서 언급한 다양한 분야에서 사용되는 합성곱의 신속한 연산이 중요한 상황에서 합성곱 연산에 소요되는 시간은 큰 문제가 될 수 있으며, 이 연산 시간을 감소시키기 위한 기술 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 1. 한국공개특허 제10-2018-013846호(2018.11.20.공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당한 상태에서 짝수읽기매체에 저장된 연산대상행렬을 추출한 후에, 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 1차 저장하고, 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT), 아다마르곱 연산, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 2차 저장하며, 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 3차 저장함으로써, 복수의 보조기억매체를 활용한 합성곱 연산을 통해 합성곱 연산에 소요되는 연산시간을 현저하게 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 연산성능을 향상시킬 수 있는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법을 제공하고자 한다.

[0008] 본 발명의 실시예들의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당하는 단계; 상기 짝수읽기매체에 저장된 연산대상행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행한 후에, 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 1차 저장하는 단계; 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 저장된 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하고, 아다마르곱 연산한 후, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 2차 저장하는 단계; 및 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 저장된 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을

추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체에 각각 3차 저장하는 단계;를 포함하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.

- [0010] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 1차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체에 저장된 상기 연산대상행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 복수의 짝수행방향벡터 및 복수의 홀수행방향벡터로 추출하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0011] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 1차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체에서 상기 복수의 짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향짝수이동인자를 이용하고, 상기 홀수읽기매체에서 상기 복수의 홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향홀수이동인자를 이용하여 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 각각 수행하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0012] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 1차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 각각 획득된 제 1 짝수벡터와 제 1 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 1 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 1 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 상기 제 1 짝수열방향벡터는 상기 짝수쓰기매체에, 상기 제 1 홀수열방향벡터는 상기 홀수쓰기매체에 각각 저장하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 1차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 복수의 짝수행방향벡터 중 나머지와 상기 복수의 홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)의 수행과, 상기 열방향벡터로의 변환과, 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체로의 저장을 반복 수행하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 2차 저장하는 단계는, 상기 1차짝수행렬 및 1차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 복수의 1차짝수행방향벡터 및 복수의 1차홀수행방향벡터로 추출하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 2차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체에서 상기 복수의 1차짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향짝수이동인자를 이용하고, 상기 홀수읽기매체에서 상기 복수의 1차홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향홀수이동인자를 이용하여 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 각각 수행하고, 각각 아다마르곱 연산한 후, 각 벡터에 대해 역방향짝수이동인자 및 역방향홀수이동인자를 이용하여 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 각각 수행하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 2차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행한 후에, 짝수-짝수벡터와 짝수-홀수벡터를 합하여 제 2 짝수벡터로 생성하고, 홀수-짝수벡터와 홀수-홀수벡터를 합하여 제 2 홀수벡터로 생성하며, 상기 제 2 짝수벡터 및 제 2 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 2 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 2 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 상기 제 2 짝수열방향벡터는 상기 짝수쓰기매체에, 상기 제 2 홀수열방향벡터는 상기 홀수쓰기매체에 각각 저장하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 2차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 복수의 1차짝수행방향벡터 중 나머지와 상기 복수의 1차홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)의 수행과, 상기 아다마르곱 연산과, 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)의 수행과, 상기 열방향벡터로의 변환과, 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체로의 저장을 반복 수행하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 3차 저장하는 단계는, 상기 2차짝수행렬 및 2차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 복수의 2차짝수행방향벡터 및 복수의 2차홀수행방향벡터로 추출하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 3차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체에서 상기 복수의 2차짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 역방향짝수이동인자를 이용하고, 상기 홀수읽기매체에서 상기 복수의 2차홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 역방향홀수이동인자를 이용하여 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 3차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 역

방향 이산푸리에변환(IDFT)을 통해 각각 획득된 제 3 짝수벡터와 제 3 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 3 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 3 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 상기 제 3 짝수열방향벡터는 상기 짝수쓰기매체에, 상기 제 3 홀수열방향벡터는 상기 홀수쓰기매체에 각각 저장하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 3차 저장하는 단계는, 상기 짝수읽기매체 및 홀수읽기매체에서 상기 복수의 2차짝수행방향벡터 중 나머지와, 상기 복수의 2차홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)의 수행과, 상기 열방향벡터로의 변환과, 상기 짝수쓰기매체 및 홀수쓰기매체로의 저장을 반복 수행하는 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 방법이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당된 상태에서 짝수읽기매체에 저장된 연산대상행렬을 추출한 후에, 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 1차 저장하고, 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT), 아다마르곱 연산, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 2차 저장하하며, 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 3차 저장함으로써, 복수의 보조기억매체를 활용한 합성곱 연산을 통해 합성곱 연산에 소요되는 연산시간을 현저하게 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 연산성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용하여 합성곱 연산을 수행하는 과정을 나타낸 플로우차트이고,

도 2는 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용하여 합성곱 연산을 수행하는 장치를 예시한 도면이며,

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 과정 중 1차 연산 및 저장 과정을 나타낸 도면이고,

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 과정 중 2차 연산 및 저장 과정을 나타낸 도면이며,

도 5는 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 과정 중 3차 연산 및 저장 과정을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 실시예들에 대한 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0025] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0027] 먼저, 합성곱 연산에 관련된 용어에 대해 간략하게 설명하기로 한다.

[0028] 첫째, 합성곱 정리에 대해 설명하면, 두 함수의 합성곱은 두 함수의 푸리에 변환과 아다마르곱과 같다는 수학적 정리로서, 일차원 함수의 합성곱의 연산 복잡도는 $O(n^2)$ 이지만, 고속 푸리에 변환을 통하면 합성곱의 연산 복잡도가 $O(n \log n)$ 으로 줄어들기 때문에 더 빠르게 연산할 수 있고, 합성곱 정리를 통한 결과는 순환 합성곱

(circular convolution)이기 때문에, 합성곱 정리를 이용하여 선형 합성곱(linear convolution)을 구하기 위해서는 이산합수에 0을 추가하는 제로패딩(zero padding)을 수행해야 한다.

[0029] 둘째, 고속푸리에 변환(FFT : fast Fourier transform)에 대해 설명하면, 고속 푸리에 변환은 이산 푸리에 변환의 연산 복잡도를 $O(n^2)$ 에서 $O(n \log n)$ 으로 줄인 고속연산알고리즘으로, 2차원 고속 푸리에 변환의 연산 복잡도는 $O(n^2 \log n)$ 이다.

[0030] 셋째, 암시적 합성곱(implicit convolution)에 대해 설명하면, 선형 합성곱을 연산할 때 합성곱 정리를 이용하는 경우, 제로패딩에 의하여 행렬의 크기가 4배 증가하는데, 이로 인해 전체 데이터 크기가 주기억장치보다 커질 수 있기 때문에 제로패딩을 수행하는 것이 아닌 제로 패딩을 수행한 것과 동일한 결과를 얻을 수 있도록 데이터를 변형함으로써, 제로패딩을 이용하지 않고 합성곱 정리를 이용하여 선형 합성곱 결과를 연산하는 것을 암시적 합성곱이라 한다.

[0031] 넷째, 보조기억장치를 이용한 파면 전파에 대해 설명하면, 파면 전파는 합성곱을 사용하는 기술로서, 합성곱 연산에서 보조기억장치를 이용하여 주기억장치보다 큰 행렬을 연산할 수 있으며, 행렬을 보조기억장치로 출력하고 동기화하는 과정이 요구된다.

[0032] 다섯째, 영주파수 이동(FFT-shift)에 대해 설명하면, 이산푸리에변환(DFT : discrete Fourier transform)을 수행하는 경우, 변환 결과 영주파수 영역이 의도와 다른 영역에 위치할 수 있기 때문에, 연산의 의도에 맞추어 영주파수 영역의 위치를 조절하기 위해 FFT-shift 연산을 수행할 수 있는데, FFT-shift는 일반적으로 이산 푸리에 변환 수행 전과 후에 수행할 수 있고, 데이터의 위치를 내부적으로 바꾸는 연산으로 일차원 데이터는 배열의 중앙을 중심으로 좌, 우로 영역을 나누고 서로 바꿀 수 있다. 예를 들어, 길이가 N인 배열에서 좌측 영역 원소의 순번은 $x \rightarrow x + \frac{N}{2}$ 으로 우측 영역 원소의 순번은 $x \rightarrow x - \frac{N}{2}$ 로 바뀐다.

[0033] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용하여 합성곱 연산을 수행하는 과정을 나타낸 플로우차트이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용하여 합성곱 연산을 수행하는 장치를 예시한 도면이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 과정 중 1차 연산 및 저장 과정을 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 과정 중 2차 연산 및 저장 과정을 나타낸 도면이며, 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 다중 보조기억매체를 이용한 합성곱 연산 과정 중 3차 연산 및 저장 과정을 나타낸 도면이다.

[0034] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 복수의 보조기억매체(10)에 짝수읽기매체(11), 짝수쓰기매체(12), 홀수읽기매체(13) 및 홀수쓰기매체(14)로 하여 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이 각각 할당할 수 있다(단계110).

[0035] 여기에서, 보조기억매체(즉, 보조기억장치)는 컴퓨터장치의 데이터를 보존하기 위해 이용하는 비휘발성 데이터 저장장치 또는 기억장치를 의미하는데, 주로 데이터를 영구적으로 보존하기 위한 목적으로 만들어지기 때문에, 주기억장치보다 저장용량이 크고 속도가 느리며, 본 발명의 실시예에서는 주기억장치보다 큰 데이터를 임시로 저장하기 위해서 사용할 수 있다.

[0036] 이러한 보조기억매체로 예를 들어 SSD(solid-state drive) 등을 사용할 수 있는데, SSD는 반도체 메모리를 이용하여 데이터를 저장할 수 있고, 하드디스크 드라이브에 비해 데이터 입출력 속도가 빠르지만, 저장용량이 작으며, 내부적으로 DDR 캐시 메모리와 낸드 플래시 메모리, 컨트롤러 등으로 구성될 수 있고, 랜덤 읽기 성능보다 랜덤 쓰기 성능이 상대적으로 더 높은 특성을 나타내고, 주로 읽기와 쓰기를 동시에 수행하는 경우에 성능이 저하될 수 있다.

[0037] 다음에, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 도 1 및 도 3에 도시한 바와 같이 짝수읽기매체(11)에 저장된 연산대상행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행한 후에, 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)에 각각 1차 저장할 수 있다(단계120).

[0038] 상기 1차 저장하는 단계(120)에서는, 짝수읽기매체(11)에 저장된 연산대상행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 짝수행방향벡터 및 복수의 홀수행방향벡터로 추출할 수 있는데, 짝수읽기매체(11)에서 연산대상행렬 중 짝수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 짝수행방향벡터로 읽어 추출할 수 있고, 홀수읽기매체(13)에서 연산대상행렬 중 홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 홀수행방향벡터로 읽어 추출할 수 있다.

[0039] 그리고, 짝수읽기매체(11)에서는 복수의 짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향짝수이동인자를 이용하고, 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향홀수이동인자를 이용하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 각각 수행할 수 있다.

[0040] 예를 들면, 짝수읽기매체(11)에서는 복수의 짝수행방향벡터 중 어느 하나의 짝수행방향벡터에 대해 정방향짝수이동인자(즉, 정방향공간도메인 짝수이동인자 및 정방향푸리에도메인 짝수이동인자)를 이용하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행할 수 있다.

[0041] 상술한 바와 같은 정방향공간도메인 짝수이동인자는 아래의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

$$[0042] \text{shift}_{\text{even}}(a(x)) = a(x)e^{\pi i x}$$

[0043] 여기에서, $a(x)$ 은 공간도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, x 는 공간도메인의 인덱스를 의미한다.

[0044] 또한, 정방향푸리에도메인 짝수이동인자는 아래의 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

$$[0045] \text{shift}_{\text{even}}(A(f_x)) = A(f_x)e^{\pi i f_x}$$

[0046] 여기에서, $A(f_x)$ 은 푸리에도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, f_x 은 푸리에도메인의 인덱스를 의미한다.

[0047] 한편, 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 홀수행방향벡터 중 어느 하나의 홀수행방향벡터에 대해 정방향홀수이동인자(즉, 정방향공간도메인 홀수이동인자 및 정방향푸리에도메인 홀수이동인자)를 이용하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행할 수 있다.

[0048] 상술한 바와 같은 정방향공간도메인 홀수이동인자는 아래의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 3

$$[0049] \text{shift}_{\text{odd}}(a(x)) = a(x)e^{\pi i x(1-\frac{1}{N})}$$

[0050] 여기에서, $a(x)$ 은 공간도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, x 는 공간도메인의 인덱스를 의미하고, N 은 공간도메인 벡터의 길이를 의미한다.

[0051] 또한, 정방향푸리에도메인 홀수이동인자는 아래의 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 4

$$[0052] \text{shift}_{\text{odd}}(A(f_x)) = A(f_x)e^{\pi i (f_x + 0.5)}$$

[0053] 여기서, $A(f_x)$ 은 푸리에도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, f_x 은 푸리에도메인의 인덱스를 의미한다.

[0054] 한편, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 각각 획득된 제 1 짝수벡터와 제 1 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 1 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 1 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 제 1 짝수열방향벡터는 짝수쓰기매체(12)에, 제 1 홀수열방향벡터는 홀수쓰기매체(14)에 각각 저장할 수 있다.

[0055] 즉, 짝수읽기매체(11)에서는 짝수벡터에 대해 연산 처리하여 짝수쓰기매체(12)에 저장할 수 있고, 홀수읽기매체(13)에서는 홀수벡터에 대해 연산 처리하여 홀수쓰기매체(14)에 저장할 수 있다.

[0056] 이어서, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 짝수행방향벡터 중 나머지와 복수의 홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 일차원 이산푸리에변환(DFT)의 수행과, 열방향벡터로의 변환과, 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)로의 저장을 반복 수행할 수 있다.

[0057] 다음에, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 도 1 및 도 4에 도시한 바와 같이 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)에 저장된 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하고, 아다마르곱 연산한 후, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)에 각각 2차 저장하는 단계(단계130).

[0058] 상기 2차 저장하는 단계(130)에서는, 1차짝수행렬 및 1차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 1차짝수행방향벡터 및 복수의 1차홀수행방향벡터로 추출할 수 있는데, 짝수읽기매체(11)에서는 짝수쓰기매체(12)에 저장된 1차짝수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 1차짝수행방향벡터로 읽어 추출할 수 있고, 홀수읽기매체(13)에서는 홀수쓰기매체(14)에 저장된 1차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 1차홀수행방향벡터로 읽어 추출할 수 있다.

[0059] 그리고, 짝수읽기매체(11)에서는 복수의 1차짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향짝수이동인자를 이용하고, 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 1차홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 정방향홀수이동인자를 이용하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 각각 수행하고, 각각 아다마르곱(Hadamard product 또는 Element-wise product) 연산한 후, 각 벡터에 대해 역방향짝수이동인자 및 역방향홀수이동인자를 이용하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 각각 수행할 수 있다.

[0060] 여기서, 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행할 경우 짝수벡터는 짝수-짝수벡터와 짝수-홀수벡터로 나뉘어 나타낼 수 있고, 홀수벡터는 홀수-짝수벡터와 홀수-홀수벡터로 나뉘어 나타낼 수 있다.

[0061] 상술한 바와 같은 연산과정 중에 전달함수(Transfer function)를 푸리에도메인행렬에 아다마르곱할 수 있는데, 전달함수는 2차원 행렬 형태로 나타낼 수 있으며, 합성할 신호의 종류에 따라 전달함수의 식은 변경될 수 있다.

[0062] 예를 들어 각 스펙트럼 방법(Angular spectrum method)의 전달함수는 $H(f_x, f_y, z) = \exp(i2\pi z \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - f_x^2 - f_y^2})$ 로 나타낼 수 있으며, 이는 파라미터 z 에 의해 변하는 2차원 행렬로 나타낼 수 있고, λ 는 빛의 파장을 의미한다.

[0063] 아울러, 기존 합성곱연산의 전달함수를 $H(x, y)$ 로 나타낼 경우 이 전달함수를 이용하여 2차원 행렬을 생성하면 $M = \begin{pmatrix} H(0,0) & \dots & H(0,n-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H(m-1,0) & \dots & H(m-1,n-1) \end{pmatrix}$ 행렬을 만들 수 있다.

[0064] 하지만 상기 2차 저장 단계(130)에서 연산 대상은 상기 1차 저장 단계(120)에서 전치(Transpose)되었기 때문에 올바른 연산을 위해 전달함수를 곱할 때 전달 함수 또한 전치하여야 한다.

[0065] 이에 따라, 본 발명에서는 상술한 바와 같은 합성곱 연산 과정에서 데이터를 벡터로 나누었기 때문에, 전달함수의 2차행렬을 생성하는 것이 아닌 M 의 원소 $H(x, y)$ 를 벡터의 인덱스에 맞추어 구할 수 있고, 전달함수는 전치

하여야 하기 때문에 $H^T(x, y) = H(y, x)$ 를 곱할 수 있다.

[0066] 예를 들면, 짝수읽기매체(11)에서는 복수의 1차짝수행방향벡터 중 어느 하나의 1차짝수행방향벡터에 대해 정방향짝수이동인자(즉, 정방향공간도메인 짝수이동인자 및 정방향푸리에도메인 짝수이동인자)를 이용하여 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하고, 아다마르곱 연산한 후, 각 벡터에 대해 역방향짝수이동인자(즉, 역방향공간도메인 짝수이동인자 및 역방향푸리에도메인 짝수이동인자)를 이용하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행할 수 있다.

[0067] 여기에서, 정방향공간도메인 짝수이동인자는 상기 수학식 1에 나타낸 바와 같고, 정방향푸리에도메인 짝수이동인자는 상기 수학식 2에 나타낸 바와 같다.

[0068] 그리고, 역방향공간도메인 짝수이동인자는 아래의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$ishift_{even}(a(x)) = a(x)e^{-\pi ix}$$

[0069]

[0070] 여기에서, $a(x)$ 은 공간도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, x 는 공간도메인의 인덱스를 의미한다.

[0071] 또한, 역방향푸리에도메인 짝수이동인자는 아래의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$ishift_{f_{even}}(A(f_x)) = A(f_x)e^{-\pi i f_x}$$

[0072]

[0073] 여기에서, $A(f_x)$ 은 푸리에도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, f_x 은 푸리에도메인의 인덱스를 의미한다.

[0074] 한편, 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 1차홀수행방향벡터 중 어느 하나의 1차홀수행방향벡터에 대해 정방향홀수이동인자(즉, 정방향공간도메인 홀수이동인자 및 정방향푸리에도메인 홀수이동인자)를 이용하여 상기 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하고, 아다마르곱 연산한 후, 각 벡터에 대해 역방향홀수이동인자(즉, 역방향공간도메인 홀수이동인자 및 역방향푸리에도메인 홀수이동인자)를 이용하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행할 수 있다.

[0075] 여기에서, 정방향공간도메인 홀수이동인자는 상기 수학식 3에 나타낸 바와 같고, 정방향푸리에도메인 홀수이동인자는 상기 수학식 4에 나타낸 바와 같다.

[0076] 그리고, 역방향공간도메인 홀수이동인자는 아래의 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$ishift_{odd}(a(x)) = a(x)e^{-\pi i(x+0.5)}$$

[0077]

[0078] 여기에서, $a(x)$ 은 공간도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, x 는 공간도메인의 인덱스를 의미한다.

[0079] 또한, 역방향푸리에도메인 홀수이동인자는 아래의 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$\text{ishift}_{f_{odd}}(A(f_x)) = A(f_x)e^{\pi i f_x \left(\frac{1}{N}-1\right)}$$

[0080]

[0081] 여기서, $A(f_x)$ 은 푸리에도메인의 벡터를 의미하고, i 는 $\sqrt{-1}$ 을 의미하며, f_x 은 푸리에도메인의 인덱스를 의미하고, N 은 푸리에도메인 벡터의 길이를 의미한다.

[0082]

한편, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행한 후에, 짝수-짝수벡터와 짝수-홀수벡터를 합하여 제 2 짝수벡터로 생성하고, 홀수-짝수벡터와 홀수-홀수벡터를 합하여 제 2 홀수벡터로 생성하며, 제 2 짝수벡터 및 제 2 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 2 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 2 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 제 2 짝수열방향벡터는 짝수쓰기매체(12)에, 제 2 홀수열방향벡터는 홀수쓰기매체(14)에 각각 저장할 수 있다.

[0083]

즉, 짝수읽기매체(11)에서는 짝수벡터에 대해 연산 처리하여 짝수쓰기매체(12)에 저장할 수 있고, 홀수읽기매체(13)에서는 홀수벡터에 대해 연산 처리하여 홀수쓰기매체(14)에 저장할 수 있다.

[0084]

이어서, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 1차짝수행방향벡터 중 나머지와 복수의 1차홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 일차원 이산푸리에변환(DFT)의 수행과, 아다마르곱 연산과, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)의 수행과, 열방향벡터로의 변환과, 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)로의 저장을 반복 수행할 수 있다.

[0085]

다음에, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 도 1 및 도 5에 도시한 바와 같이 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)에 저장된 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하고, 벡터별로 각각 합하여 상기 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)에 각각 3차 저장할 수 있다(단계140).

[0086]

상기 3차 저장하는 단계(140)에서는, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서 2차짝수행렬 및 2차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 2차짝수행방향벡터 및 복수의 2차홀수행방향벡터로 추출할 수 있는데, 짝수읽기매체(11)에서는 짝수쓰기매체(12)에 저장된 2차짝수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 2차짝수행방향벡터로 읽어 추출할 수 있고, 홀수읽기매체(13)에서는 홀수쓰기매체(14)에 저장된 2차홀수행렬을 행방향벡터형태로 분할하여 복수의 2차홀수행방향벡터로 읽어 추출할 수 있다.

[0087]

그리고, 짝수읽기매체(11)에서 복수의 2차짝수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 역방향짝수이동인자를 이용하고, 홀수읽기매체(13)에서 복수의 2차홀수행방향벡터 중 어느 하나에 대해서 역방향홀수이동인자를 이용하여 상기 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 각각 수행할 수 있다.

[0088]

예를 들면, 짝수읽기매체(11)에서는 복수의 2차짝수행방향벡터 중 어느 하나의 2차짝수행방향벡터에 대해 역방향짝수이동인자(즉, 역방향공간도메인 짝수이동인자 및 역방향푸리에도메인 짝수이동인자)를 이용하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행할 수 있다.

[0089]

또한, 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 1차홀수행방향벡터 중 어느 하나의 1차홀수행방향벡터에 대해 역방향홀수이동인자(즉, 역방향공간도메인 홀수이동인자 및 역방향푸리에도메인 홀수이동인자)를 이용하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행할 수 있다.

[0090]

여기에서, 역방향공간도메인 짝수이동인자는 상기 수학식 5에 나타낸 바와 같고, 역방향푸리에도메인 짝수이동인자는 상기 수학식 6에 나타낸 바와 같으며, 역방향공간도메인 홀수이동인자는 상기 수학식 7에 나타낸 바와 같고, 역방향푸리에도메인 홀수이동인자는 상기 수학식 8에 나타낸 바와 같다.

[0091]

그리고, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 통해 각각 획득된 제 3 짝수벡터와 제 3 홀수벡터를 각각 행렬전치하여 어느 하나의 제 3 짝수열방향벡터와 어느 하나의 제 3 홀수열방향벡터로 각각 변환한 후에, 짝수읽기매체(11)에서 제 3 짝수열방향벡터를 상기 짝수쓰기매체(12)에, 홀수읽기매체(13)에서 제 3 홀수열방향벡터를 홀수쓰기매체(14)에 각각 저장할 수 있다.

- [0092] 즉, 짝수읽기매체(11)에서는 짝수벡터에 대해 연산 처리하여 짝수쓰기매체(12)에 저장할 수 있고, 홀수읽기매체(13)에서는 홀수벡터에 대해 연산 처리하여 홀수쓰기매체(14)에 저장할 수 있다.
- [0093] 한편, 짝수읽기매체(11)와 홀수읽기매체(13)에서는 복수의 2차짝수행방향벡터 중 나머지와, 복수의 2차홀수행방향벡터 중 나머지에 대해 역방향 이산푸리에변환(IDFT)의 수행과, 열방향벡터로의 변환과, 짝수쓰기매체(12) 및 홀수쓰기매체(14)로의 저장을 반복 수행할 수 있다.
- [0094] 상술한 바와 같은 암시적 합성곱 연산과정을 아래의 수학식 9와 같이 일차원으로 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\begin{aligned} Fourier_{even}(f_x) &= shift_{f_{even}} \left(DFT \left(shift_{even}(a(x)) \right) \right) \cdot H_{even}(f_x) \\ Fourier_{odd}(f_x) &= shift_{f_{odd}} \left(DFT \left(shift_{odd}(a(x)) \right) \right) \cdot H_{odd}(f_x) \\ conv_{even}(x) &= ishift_{even} \left(inverseDFT \left(ishift_{f_{even}}(Fourier_{even}(f_x)) \right) \right) \\ conv_{odd}(x) &= ishift_{odd} \left(inverseDFT \left(ishift_{f_{odd}}(Fourier_{odd}(f_x)) \right) \right) \\ conv(x) &= conv_{even}(x) + conv_{odd}(x) \end{aligned}$$

- [0095]
- [0096] 여기에서, DFT는 이산푸리에변환을 의미하고, inverseDFT는 역방향 이산푸리에변환을 의미하며, conv는 합성곱 결과를 의미하고, H_even은 짝수벡터의 전달함수를 의미하며, H_odd는 홀수벡터의 전달함수를 의미한다.
- [0097] 상술한 바와 같이 본 발명의 실시예에서는 합성곱 정리를 이용하여 선형 합성곱을 고속푸리에변환을 이용하여 처리할 수 있는데, 이 때 암시적 합성곱을 이용하여 체로패딩을 하지 않고, 짝수읽기매체(11), 짝수쓰기매체(12), 홀수읽기매체(13) 및 홀수쓰기매체(14)를 포함하는 복수의 보조기억매체(10)를 활용하여 암시적 합성곱의 이동인자를 수정하여 영주파수 이동(FFT-shift)을 동시에 처리할 수 있다.
- [0098] 따라서, 본 발명의 실시예는 복수의 보조기억매체에 짝수읽기매체, 짝수쓰기매체, 홀수읽기매체 및 홀수쓰기매체로 하여 각각 할당한 상태에서 짝수읽기매체에 저장된 연산대상행렬을 추출한 후에, 일차원 이산푸리에변환(DFT)을 수행하여 1차 저장하고, 1차짝수행렬과 1차홀수행렬을 추출하여 일차원 이산푸리에변환(DFT), 아다마르크 곱 연산, 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 2차 저장하며, 2차짝수행렬과 2차홀수행렬을 추출하여 역방향 이산푸리에변환(IDFT)을 수행하여 3차 저장함으로써, 복수의 보조기억매체를 활용한 합성곱 연산을 통해 합성곱 연산에 소요되는 연산시간을 현저하게 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 연산성능을 향상시킬 수 있다.
- [0099] 또한, 종래의 보조기억장치를 이용한 연산에서 데이터 읽기와 쓰기 작업을 동일한 매체에 적용하였기 때문에, 연산 입출력 성능이 하락하는 문제점이 발생하였는데, 본 발명의 실시예는 입력과 출력 저장공간을 분리하여 복수의 보조기억매체로 각각 나누어 적용하였기 때문에, 합성곱 연산성능을 대폭 향상시킬 수 있다.

- [0100] 즉, 본 발명의 실시예에서는 입출력 데이터를 홀수행렬과 짝수행렬로 나누었기 때문에, 각 보조기억매체는 $N^2 + 2N^2 + 2N^2 = 5N^2$ 로 나타나는 종래의 입출력 성능에 비해 $N^2 + \frac{2N^2}{2} + \frac{2N^2}{2} = 3N^2$ 의 입출력 성능을 제공할 수 있어 최대 1.66배 향상된 것을 확인할 수 있다.

- [0101] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

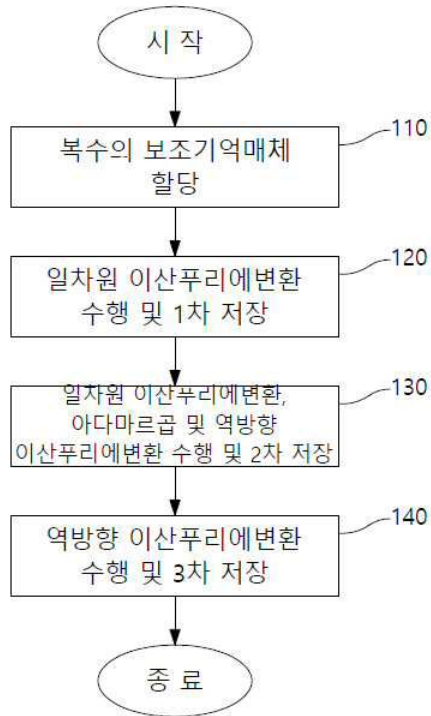
- [0102] 10 : 복수의 보조기억매체
11 : 짝수읽기매체
12 : 짝수쓰기매체

13 : 홀수읽기매체

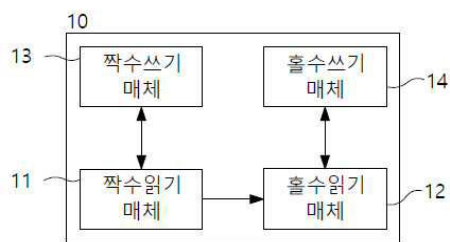
14 : 홀수쓰기매체

도면

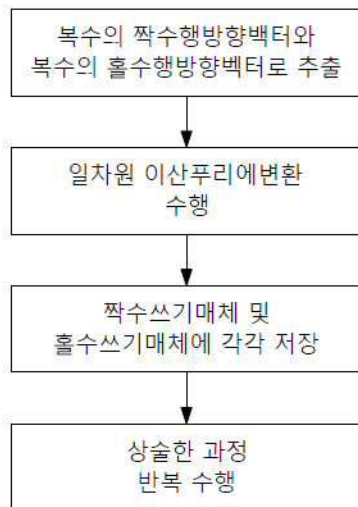
도면1



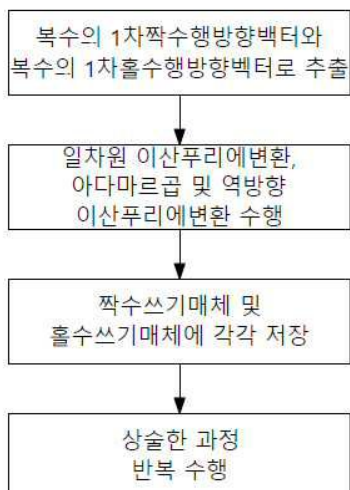
도면2



도면3



도면4



도면5

