

**PATENT ASSIGNMENT COVER SHEET**

Assignment ID: 604722

Electronic Version v1.1  
Stylesheet Version v1.2

<b>SUBMISSION TYPE:</b>	NEW ASSIGNMENT
<b>NATURE OF CONVEYANCE:</b>	ASSIGNMENT
<b>CONVEYING PARTY DATA</b>	
<b>Name</b>	<b>Execution Date</b>
Jinkyu Jeong	10/30/2024
<b>RECEIVING PARTY DATA</b>	
<b>Name:</b>	UIF (UNIVERSITY INDUSTRY FOUNDATION), YONSEI UNIVERSITY
<b>Street Address:</b>	50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu
<b>City:</b>	Seoul
<b>State/Country:</b>	KOREA, REPUBLIC OF
<b>Postal Code:</b>	03722
<b>PROPERTY NUMBERS Total:1</b>	
<b>Property Type</b>	<b>Number</b>
<b>Application Number:</b>	18933709
<b>CORRESPONDENCE DATA</b>	
<b>Phone:</b>	5714499710
<b>Email:</b>	sang.kang@sbpatentlaw.com
<i>Correspondence will be sent to the e-mail address first; if that is unsuccessful, it will be sent using a fax number, if provided; if that is unsuccessful, it will be sent via US Mail.</i>	
<b>Correspondent Name:</b>	Sang Yoon Kang
<b>Address Line 1:</b>	8255 Greensboro Drive
<b>Address Line 2:</b>	Suite 300
<b>Address Line 4:</b>	Tysons , VIRGINIA 22102
<b>NAME OF SUBMITTER:</b>	Mr. Sang Yoon Kang
<b>Signature:</b>	Mr. Sang Yoon Kang
<b>Date:</b>	11/01/2024
	This document serves as an Oath/Declaration (37 CFR 1.63).

**TOTAL ATTACHMENTS: 1**

source= dec\_asn.pdf

UNITED STATES  
PATENT AND TRADEMARK OFFICEP.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313 - 1450  
www.uspto.gov

## ELECTRONIC ACKNOWLEDGEMENT RECEIPT

APPLICATION #  
**18/933,709**RECEIPT DATE / TIME  
**10/31/2024 04:59:49 PM Z ET**ATTORNEY DOCKET #  
**601200-000033**

### Title of Invention

DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK  
SAMPLES

### Application Information

APPLICATION TYPE    Utility - Nonprovisional Application  
under 35 USC 111(a)

PATENT #    -

CONFIRMATION #    1336

FILED BY    Sang Yoon Kang

PATENT CENTER #    67801670

FILING DATE    -

CUSTOMER #    78198

FIRST NAMED  
INVENTOR    Jinkyu JeongCORRESPONDENCE  
ADDRESS    -

AUTHORIZED BY    -

### Documents

**TOTAL DOCUMENTS: 7**

DOCUMENT	PAGES	DESCRIPTION	SIZE (KB)
ADS.pdf	8	Application Data Sheet	2174 KB
e-comm_auth.pdf	1	Internet Communications Authorization	166 KB
dec_asn.pdf	1	Oath or Declaration filed	903 KB
drawings.pdf	9	Drawings-only black and white line drawings	1119 KB
POA.pdf	2	Power of Attorney	385 KB
specification-APP.TEXT.docx	39	Application body structured text document	40 KB

Warning: The document submitted appears to have portions not written in English language. Please review and revise.

specification.pdf

32

Auxiliary PDF of Application

622 KB

## Digest

### DOCUMENT

### MESSAGE DIGEST(SHA-512)

ADS.pdf	0D93A0677EB812AB1755D14007C2BE6CA077E5E0A1C845626 F29DB8D3856DB98AA3D0FE0AF4CDB3F9C9A1D8F2715807E0 6DA0282892780DAE1F24E6F03C510E6
e-comm_auth.pdf	776F7816E6D4E323B3BB7FA81631D33C9227DD2740E0B612C 7FD2BA9F073ACAA61D01CC83478504B9F470B6DB50617478F A65012EB7EBE4E8856C2BC1D9BEC5B
dec_asn.pdf	B8C03B4972D08D2149DC3ADAF624EE89DC1D797552FF8FCB 4221ECF928F9E411C12C3A55DB45925CABCBDF990F07BCF0 942F71F2DD747756C702C66FFD8F2066
drawings.pdf	F43B86E850945DE5D394524C0D38E828D89EA0CE58654F27F 5686ADF6A0AC56191AAE77E31C3A515F64780F37DF8572A75 6358A74E25FA9701AA7468AF074F8B
POA.pdf	97B3E03310FF046620948404D3030770BEFA2FBC99160193B9 35EFAD8AB163A1D98E4E294B67AE88719405739895B6A4780 1F53A86084F33379D5366E266CCAB
specification-APP.TEXT.docx	0722897763705C2C14F3B2BAEBA04FB00E291D3246643407FB F33E9DCE748D8A23D5990DCA9A353948E4717F4C1EB84326 D06CCBA2CE0096795CAC9265350A39
specification.pdf	DE6A91694F18B6A2D88967C2F02023F9F9727E4011B82CF456 9272667940438DE60FD29A34EAAEA4DCF43F7CC47EF7F4455 30EC9E3FF3EEE846892DDBCC62CC1

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

#### New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application

#### National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

#### New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

UNITED STATES  
PATENT AND TRADEMARK OFFICEP.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313 - 1450  
www.uspto.gov

## ELECTRONIC PAYMENT RECEIPT

APPLICATION #  
**18/933,709**RECEIPT DATE / TIME  
**10/31/2024 04:59:49 PM Z ET**ATTORNEY DOCKET #  
**601200-000033**

### Title of Invention

DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK  
SAMPLES

### Application Information

APPLICATION TYPE	Utility - Nonprovisional Application under 35 USC 111(a)	PATENT #	-
CONFIRMATION #	1336	FILED BY	Sang Yoon Kang
PATENT CENTER #	67801670	AUTHORIZED BY	-
CUSTOMER #	78198	FILING DATE	-
CORRESPONDENCE ADDRESS	-	FIRST NAMED INVENTOR	Jinkyu Jeong

### Payment Information

PAYMENT METHOD CARD / 9912	PAYMENT TRANSACTION ID E20240UH00055108	PAYMENT AUTHORIZED BY Sang Yoon Kang
-------------------------------	--	---

FEE CODE	DESCRIPTION	ITEM PRICE(\$)	QUANTITY	ITEM TOTAL(\$)
2053	NON-ENGLISH TRANSLATION	56.00	1	56.00
2111	UTILITY PATENT APPL. SEARCH FEE	280.00	1	280.00
4011	BASIC FILING FEE- UTILITY	64.00	1	64.00
2311	EXAMINATION OF ORIGINAL PATENT APPLICATION	320.00	1	320.00
TOTAL AMOUNT:				<b>\$720.00</b>

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>		Attorney Docket Number	601200-000033
		Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		
<p>The application data sheet is part of the provisional or nonprovisional application for which it is being submitted. The following form contains the bibliographic data arranged in a format specified by the United States Patent and Trademark Office as outlined in 37 CFR 1.76.</p> <p>This document may be completed electronically and submitted to the Office in electronic format using the Electronic Filing System (EFS) or the document may be printed and included in a paper filed application.</p>			

**Secrecy Order 37 CFR 5.2:**

<input type="checkbox"/>	Portions or all of the application associated with this Application Data Sheet may fall under a Secrecy Order pursuant to 37 CFR 5.2 (Paper filers only. Applications that fall under Secrecy Order may not be filed electronically.)
--------------------------	---

**Inventor Information:**

Inventor 1 <span style="float: right;">Remove</span>				
Legal Name				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
	Jinkyu		Jeong	
Residence Information (Select One) <input type="radio"/> US Residency <input checked="" type="radio"/> Non US Residency <input type="radio"/> Active US Military Service				
City	Seoul	Country of Residence <sup>i</sup>	KR	
Mailing Address of Inventor:				
Address 1		602ho, 208dong, 150, Samseong-ro, Gangnam-gu		
Address 2				
City	Seoul	State/Province		
Postal Code		Country <sup>i</sup>	KR	
All Inventors Must Be Listed - Additional Inventor Information blocks may be generated within this form by selecting the <b>Add</b> button. <span style="float: right;">Add</span>				

**Correspondence Information:**

Enter either Customer Number or complete the Correspondence Information section below. For further information see 37 CFR 1.33(a).			
<input type="checkbox"/> An Address is being provided for the correspondence Information of this application.			
Customer Number	78198		
Email Address	info@sbpatentlaw.com	Add Email	Remove Email

**Application Information:**

Title of the Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		
Attorney Docket Number	601200-000033	Small Entity Status Claimed	<input checked="" type="checkbox"/>
Application Type	Nonprovisional		
Subject Matter	Utility		
Total Number of Drawing Sheets (if any)	9	Suggested Figure for Publication (if any)	2

<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>		Attorney Docket Number	601200-000033
		Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		

## Filing By Reference:

Only complete this section when filing an application by reference under 35 U.S.C. 111(c) and 37 CFR 1.57(a). Do not complete this section if application papers including a specification and any drawings are being filed. Any domestic benefit or foreign priority information must be provided in the appropriate section(s) below (i.e., "Domestic Benefit/National Stage Information" and "Foreign Priority Information").

For the purposes of a filing date under 37 CFR 1.53(b), the description and any drawings of the present application are replaced by this reference to the previously filed application, subject to conditions and requirements of 37 CFR 1.57(a).

Application number of the previously filed application	Filing date (YYYY-MM-DD)	Intellectual Property Authority or Country

## Publication Information:

☐ Request Early Publication (Fee required at time of Request 37 CFR 1.219)

☐ **Request Not to Publish.** I hereby request that the attached application not be published under 35 U.S.C. 122(b) and certify that the invention disclosed in the attached application **has not and will not** be the subject of an application filed in another country, or under a multilateral international agreement, that requires publication at eighteen months after filing.

## Representative Information:

Representative information should be provided for all practitioners having a power of attorney in the application. Providing this information in the Application Data Sheet does not constitute a power of attorney in the application (see 37 CFR 1.32). Either enter Customer Number or complete the Representative Name section below. If both sections are completed the customer Number will be used for the Representative Information during processing.

Please Select One:	<input checked="" type="radio"/> Customer Number	<input type="radio"/> US Patent Practitioner	<input type="radio"/> Limited Recognition (37 CFR 11.9)
Customer Number	78198		

## Domestic Benefit/National Stage Information:

This section allows for the applicant to either claim benefit under 35 U.S.C. 119(e), 120, 121, 365(c), or 386(c) or indicate National Stage entry from a PCT application. Providing benefit claim information in the Application Data Sheet constitutes the specific reference required by 35 U.S.C. 119(e) or 120, and 37 CFR 1.78.

When referring to the current application, please leave the "Application Number" field blank.

Prior Application Status		<a href="#">Remove</a>	
Application Number	Continuity Type	Prior Application Number	Filing or 371(c) Date (YYYY-MM-DD)
Additional Domestic Benefit/National Stage Data may be generated within this form by selecting the <b>Add</b> button. <a href="#">Add</a>			



<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>		Attorney Docket Number	601200-000033
		Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		

## Foreign Priority Information:

This section allows for the applicant to claim priority to a foreign application. Providing this information in the application data sheet constitutes the claim for priority as required by 35 U.S.C. 119(b) and 37 CFR 1.55. When priority is claimed to a foreign application that is eligible for retrieval under the priority document exchange program (PDX)<sup>i</sup> the information will be used by the Office to automatically attempt retrieval pursuant to 37 CFR 1.55(i)(1) and (2). Under the PDX program, applicant bears the ultimate responsibility for ensuring that a copy of the foreign application is received by the Office from the participating foreign intellectual property office, or a certified copy of the foreign priority application is filed, within the time period specified in 37 CFR 1.55(g)(1).

Application Number	Country <sup>i</sup>	Filing Date (YYYY-MM-DD)	Access Code <sup>i</sup> (if applicable)
10-2024-0146875	KR	2024-10-24	4857

Additional Foreign Priority Data may be generated within this form by selecting the **Add** button.

## Statement under 37 CFR 1.55 or 1.78 for AIA (First Inventor to File) Transition Applications

☐ This application (1) claims priority to or the benefit of an application filed before March 16, 2013 and (2) also contains, or contained at any time, a claim to a claimed invention that has an effective filing date on or after March 16, 2013.

NOTE: By providing this statement under 37 CFR 1.55 or 1.78, this application, with a filing date on or after March 16, 2013, will be examined under the first inventor to file provisions of the AIA.

<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>		Attorney Docket Number	601200-000033
		Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		

## Authorization or Opt-Out of Authorization to Permit Access:

When this Application Data Sheet is properly signed and filed with the application, applicant has provided written authority to permit a participating foreign intellectual property (IP) office access to the instant application-as-filed (see paragraph A in subsection 1 below) and the European Patent Office (EPO) access to any search results from the instant application (see paragraph B in subsection 1 below).

Should applicant choose not to provide an authorization identified in subsection 1 below, applicant **must opt-out** of the authorization by checking the corresponding box A or B or both in subsection 2 below.

**NOTE:** This section of the Application Data Sheet is **ONLY** reviewed and processed with the **INITIAL** filing of an application. After the initial filing of an application, an Application Data Sheet cannot be used to provide or rescind authorization for access by a foreign IP office(s). Instead, Form PTO/SB/39 or PTO/SB/69 must be used as appropriate.

### 1. Authorization to Permit Access by a Foreign Intellectual Property Office(s)

**A. Priority Document Exchange (PDX)** - Unless box A in subsection 2 (opt-out of authorization) is checked, the undersigned hereby **grants the USPTO authority** to provide the European Patent Office (EPO), the Japan Patent Office (JPO), the Korean Intellectual Property Office (KIPO), the State Intellectual Property Office of the People's Republic of China (SIPO), the World Intellectual Property Organization (WIPO), and any other foreign intellectual property office participating with the USPTO in a bilateral or multilateral priority document exchange agreement in which a foreign application claiming priority to the instant patent application is filed, access to: (1) the instant patent application-as-filed and its related bibliographic data, (2) any foreign or domestic application to which priority or benefit is claimed by the instant application and its related bibliographic data, and (3) the date of filing of this Authorization. See 37 CFR 1.14(h)(1).

**B. Search Results from U.S. Application to EPO** - Unless box B in subsection 2 (opt-out of authorization) is checked, the undersigned hereby **grants the USPTO authority** to provide the EPO access to the bibliographic data and search results from the instant patent application when a European patent application claiming priority to the instant patent application is filed. See 37 CFR 1.14(h)(2).

The applicant is reminded that the EPO's Rule 141(1) EPC (European Patent Convention) requires applicants to submit a copy of search results from the instant application without delay in a European patent application that claims priority to the instant application.

### 2. Opt-Out of Authorizations to Permit Access by a Foreign Intellectual Property Office(s)

☐ A. Applicant **DOES NOT** authorize the USPTO to permit a participating foreign IP office access to the instant application-as-filed. If this box is checked, the USPTO will not be providing a participating foreign IP office with any documents and information identified in subsection 1A above.

☐ B. Applicant **DOES NOT** authorize the USPTO to transmit to the EPO any search results from the instant patent application. If this box is checked, the USPTO will not be providing the EPO with search results from the instant application.

**NOTE:** Once the application has published or is otherwise publicly available, the USPTO may provide access to the application in accordance with 37 CFR 1.14.

<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>		Attorney Docket Number	601200-000033
		Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		

## Applicant Information:

Providing assignment information in this section does not substitute for compliance with any requirement of part 3 of Title 37 of CFR to have an assignment recorded by the Office.			
<b>Applicant 1</b>			<a href="#">Remove</a>
<p>If the applicant is the inventor (or the remaining joint inventor or inventors under 37 CFR 1.45), this section should not be completed. The information to be provided in this section is the name and address of the legal representative who is the applicant under 37 CFR 1.43; or the name and address of the assignee, person to whom the inventor is under an obligation to assign the invention, or person who otherwise shows sufficient proprietary interest in the matter who is the applicant under 37 CFR 1.46. If the applicant is an applicant under 37 CFR 1.46 (assignee, person to whom the inventor is obligated to assign, or person who otherwise shows sufficient proprietary interest) together with one or more joint inventors, then the joint inventor or inventors who are also the applicant should be identified in this section.</p>			
<a href="#">Clear</a>			
<input checked="" type="radio"/> Assignee	<input type="radio"/> Legal Representative under 35 U.S.C. 117	<input type="radio"/> Joint Inventor	
<input type="radio"/> Person to whom the inventor is obligated to assign.		<input type="radio"/> Person who shows sufficient proprietary interest	
If applicant is the legal representative, indicate the authority to file the patent application, the inventor is:			
Name of the Deceased or Legally Incapacitated Inventor: <input type="text"/>			
If the Applicant is an Organization check here. <input checked="" type="checkbox"/>			
Organization Name	UIF (UNIVERSITY INDUSTRY FOUNDATION), YONSEI UNIVERSITY		
<b>Mailing Address Information For Applicant:</b>			
Address 1	50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu		
Address 2			
City	Seoul	State/Province	
Country	KR	Postal Code	03722
Phone Number		Fax Number	
Email Address			
Additional Applicant Data may be generated within this form by selecting the Add button. <a href="#">Add</a>			

## Assignee Information including Non-Applicant Assignee Information:

Providing assignment information in this section does not substitute for compliance with any requirement of part 3 of Title 37 of CFR to have an assignment recorded by the Office.
---

<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>		Attorney Docket Number	601200-000033
		Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES		

**Assignee 1**

Complete this section if assignee information, including non-applicant assignee information, is desired to be included on the patent application publication. An assignee-applicant identified in the "Applicant Information" section will appear on the patent application publication as an applicant. For an assignee-applicant, complete this section only if identification as an assignee is also desired on the patent application publication.

[Remove](#)

If the Assignee or Non-Applicant Assignee is an Organization check here.



Organization Name

UIF (UNIVERSITY INDUSTRY FOUNDATION), YONSEI UNIVERSITY

**Mailing Address Information For Assignee including Non-Applicant Assignee:**

Address 1		50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu	
Address 2			
City		Seoul	State/Province
Country <sup>i</sup>	KR	Postal Code	03722
Phone Number		Fax Number	
Email Address			

Additional Assignee or Non-Applicant Assignee Data may be generated within this form by selecting the Add button.

[Add](#)**Signature:**[Remove](#)

**NOTE:** This Application Data Sheet must be signed in accordance with 37 CFR 1.33(b). However, if this Application Data Sheet is submitted with the **INITIAL** filing of the application **and** either box A or B is **not** checked in subsection 2 of the "Authorization or Opt-Out of Authorization to Permit Access" section, then this form must also be signed in accordance with 37 CFR 1.14(c).

This Application Data Sheet **must** be signed by a patent practitioner if one or more of the applicants is a **juristic entity** (e.g., corporation or association). If the applicant is two or more joint inventors, this form must be signed by a patent practitioner, **all** joint inventors who are the applicant, or one or more joint inventor-applicants who have been given power of attorney (e.g., see USPTO Form PTO/AIA/81) on behalf of **all** joint inventor-applicants.

See 37 CFR 1.4(d) for the manner of making signatures and certifications.

Signature	/Sang Yoon Kang/		Date (YYYY-MM-DD)	2024-10-31
First Name	Sang Yoon	Last Name	Kang	Registration Number
				75,762

Additional Signature may be generated within this form by selecting the Add button.

[Add](#)

<b>Application Data Sheet 37 CFR 1.76</b>	Attorney Docket Number	601200-000033
	Application Number	
Title of Invention	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES	

This collection of information is required by 37 CFR 1.76. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 23 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application data sheet form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

# Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

- 1 The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
- 2 A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
- 3 A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
- 4 A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
- 5 A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
- 6 A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
- 7 A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
- 8 A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
- 9 A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

## TRANSMITTAL FOR POWER OF ATTORNEY TO ONE OR MORE REGISTERED PRACTITIONERS

NOTE: This form is to be submitted with the Power of Attorney by Applicant form (PTO/AIA/82B) to identify the application to which the Power of Attorney is directed, in accordance with 37 CFR 1.5, unless the application number and filing date are identified in the Power of Attorney by Applicant form. If neither form PTO/AIA/82A nor form PTO/AIA82B identifies the application to which the Power of Attorney is directed, the Power of Attorney will not be recognized in the application.

Application Number	Not Yet Assigned
Filing Date	October 31, 2024
First Named Inventor	Jinkyu Jeong
Title	DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES
Art Unit	
Examiner Name	
Attorney Docket Number	601200-000033

### SIGNATURE of Applicant or Patent Practitioner

Signature	/Sang Yoon Kang/	Date (Optional)	October 31, 2024
Name	Sang Yoon Kang	Registration Number	75,762
Title (if Applicant is a juristic entity)			
Applicant Name (if Applicant is a juristic entity)			

**NOTE:** This form must be signed in accordance with 37 CFR 1.33. See 37 CFR 1.4(d) for signature requirements and certifications. If more than one applicant, use multiple forms.



\*Total of 1 forms are submitted.

## POWER OF ATTORNEY BY APPLICANT

I hereby revoke all previous powers of attorney given in the application identified in either the attached transmittal letter or the boxes below.

Application Number

Filing Date

(Note: The boxes above may be left blank if information is provided on form PTO/AIA/82A.)



I hereby appoint the Patent Practitioner(s) associated with the following Customer Number as my/our attorney(s) or agent(s), and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith for the application referenced in the attached transmittal letter (form PTO/AIA/82A) or identified above:

78198

OR



I hereby appoint Practitioner(s) named in the attached list (form PTO/AIA/82C) as my/our attorney(s) or agent(s), and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith for the patent application referenced in the attached transmittal letter (form PTO/AIA/82A) or identified above. (Note: Complete form PTO/AIA/82C.)

Please recognize or change the correspondence address for the application identified in the attached transmittal letter or the boxes above to:



The address associated with the above-mentioned Customer Number

OR



The address associated with Customer Number:

OR

Firm or  
Individual Name

Address

City

State

Zip

Country

Telephone

Email

I am the Applicant (if the Applicant is a juristic entity, list the Applicant name in the box):

UIF (University Industry Foundation), Yonsei University



Inventor or Joint Inventor (title not required below)



Legal Representative of a Deceased or Legally Incapacitated Inventor (title not required below)



Assignee or Person to Whom the Inventor is Under an Obligation to Assign (provide signer's title if applicant is a juristic entity)



Person Who Otherwise Shows Sufficient Proprietary Interest (e.g., a petition under 37 CFR 1.46(b)(2) was granted in the application or is concurrently being filed with this document) (provide signer's title if applicant is a juristic entity)

### SIGNATURE of Applicant for Patent

The undersigned (whose title is supplied below) is authorized to act on behalf of the applicant (e.g., where the applicant is a juristic entity).

Signature

Date (Optional)

October 30, 2024

Name

Jong-Hi Hong

Title

President

NOTE: Signature - This form must be signed by the applicant in accordance with 37 CFR 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications. If more than one applicant, use multiple forms.



Total of 1 forms are submitted.

This collection of information is required by 37 CFR 1.131, 1.32, and 1.33. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 3 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



Doc Code: ECOMM.AUTH/ECOMM.WTDW

Doc Description: Internet Communications Authorized/Internet Communications Authorization Withdrawal

PTO/SB/439 (11-15)

<b>AUTHORIZATION FOR INTERNET COMMUNICATIONS IN A PATENT APPLICATION OR REQUEST TO WITHDRAW AUTHORIZATION FOR INTERNET COMMUNICATIONS</b>	Application No.	Not Yet Assigned
	Filing Date	October 31, 2024
	First Named Inventor	Jinkyu Jeong
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Practitioner Docket No.	601200-000033

To: Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**I. To authorize permission for Internet Communications.**

☒ Recognizing that Internet communications are not secure, I hereby authorize the USPTO to communicate with the undersigned and practitioners in accordance with 37 CFR 1.33 and 37 CFR 1.34 concerning any subject matter of this application via video conferencing, instant messaging, or electronic mail. I understand that a copy of these communications will be made of record in the application file. (MPEP 502.03)

**II. To withdraw authorization for Internet Communications.**

☐ The authorization given on \_\_\_\_\_, to the USPTO to communicate with the undersigned and any practitioner in accordance with 37 CFR 1.33 and 37 CFR 1.34 concerning any subject matter of this application via Internet communications such as video conferencing, instant messaging, or electronic mail is hereby withdrawn. I understand that the withdrawal is effective when approved rather than when received.

I am the

☐ applicant.

☒ attorney or agent of record. Registration number 75,762.

☐ attorney or agent acting under 37 CFR 1.34. Registration number \_\_\_\_\_.

/Sang Yoon Kang/ October 31, 2024  
Signature Date

Sang Yoon Kang (703) 390-9051  
Typed or printed name Telephone Number

**NOTE:** This form must be signed in accordance with 37 CFR 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications. Juristic entities must be represented by a patent practitioner (see 37 CFR 1.31, which is applicable to any paper filed on or after September 16, 2012, that is presented on behalf of a juristic entity, regardless of application filing date). Submit multiple forms if more than one signature is required, see below\*.

☒ \* Total of 1 forms are submitted.

**COMBINED DECLARATION (37 CFR 1.63) AND ASSIGNMENT FOR UTILITY OR  
DESIGN APPLICATION USING AN APPLICATION DATA SHEET (37 CFR 1.76)****Title of  
Invention****DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON  
BLOCK SAMPLES**

As the below named inventor, I hereby declare that:

This declaration ☒ The attached application, or  
is directed to:☐ United States application or PCT international application number \_\_\_\_\_,  
filed on \_\_\_\_\_.

The above-identified application was made or authorized to be made by me.

I believe that I am the original inventor or an original joint inventor of a claimed invention in the application.

I hereby acknowledge that any willful false statement made in this declaration is punishable under 18 U.S.C. 1001 by fine or imprisonment of not more than five (5) years, or both.

**WHEREAS, INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY of 50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, REPUBLIC OF KOREA**, hereinafter referred to as the assignee, is desirous of acquiring the entire right, title and interest in and to said application, including any and all divisions and continuations thereof, and in and to said invention and any and all patents which may be granted therefor, including any and all renewals, reissues and prolongations thereof;

**NOW**, that for and in consideration of One Dollar (\$1.00), and other good and valuable consideration paid by said assignee to me, the receipt of which is hereby acknowledged, I hereby assign, sell and transfer to said assignee, and said assignee's successors and assigns, the full and exclusive right, title and interest in and to said application, including any and all divisions and continuations thereof, and in and to said invention for the United States of America and its territories and for all foreign countries, and any and all patents which may be granted therefor, in the United States of America and its territories and in all foreign countries, including any and all renewals, reissues and prolongations thereof; said assignee, and said assignee's successors and assigns, to have, hold, exercise and enjoy the said application, including any and all divisions and continuations thereof, and the said invention and any and all patents which may be granted therefor, including any and all renewals, reissues and prolongations thereof, with all the rights, powers, privileges and advantages in anywise arising from or appertaining thereto, for and during the term or terms of any and all such patents when granted, including any and all renewals, reissues and prolongations thereof, for the use and benefit of said assignee, and said assignee's successors and assigns, in as ample and beneficial a manner as I might or could have held and enjoyed the same, if this assignment had not been made.

AND I hereby agree to perform, upon the request of said assignee, or said assignee's successors or assigns, any and all acts relating to the obtaining or to the asserting of said patents, including any and all renewals, reissues and prolongations thereof.

AND I authorize and request the Commissioner of Patents and Trademarks in the United States and Patent Office officials of any and all foreign countries, to issue any and all Letters Patent on said application, and on any and all divisions and continuations thereof, to said assignee, and said assignee's successors and assigns, in accordance herewith.

The undersigned hereby grants the law firm of STUDEBAKER & BRACKETT PC the power to insert on the Assignment any further identification which may be necessary or desirable in order to comply with the rules of the U.S. Patent and Trademark Office for recordation of this document.

**LEGAL NAME OF INVENTOR**Inventor: Jinkyu Jeong Date: 10/30/2024Signature: 

Note: An application data sheet (PTO/SB/14 or equivalent), including naming the entire inventive entity, must accompany this form or must have been previously filed. Use an additional PTO/AIA/01 form for each additional inventor.

# DEVICE AND METHOD FOR IMPROVING APPLICATION PERFORMANCE BASED ON BLOCK SAMPLES

## CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

This application claims under 35 U.S.C. §119(a) the benefit of Korean  
5 Patent Application No. 10-2014-0146875 filed on October 24, 2024, the entire  
contents of which is incorporated herein by reference.

### 【기술분야】

본 발명은 애플리케이션 성능 개선 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는  
10 온-CPU 이벤트 및 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 인과관계 프로파일링 하여  
가상성능향상을 수행할 수 있는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치 및  
방법에 관한 것이다.

### 【발명의 배경이 되는 기술】

15 애플리케이션 프로파일링은 두가지 유형의 이벤트, 즉 온-CPU 이벤트(on-CPU  
event)과 오프-CPU 이벤트(off-CPU event) 분석을 포함한다. 온-CPU 이벤트는 CPU에서  
수행되는 명령(instruction)을 의미한다. 여기에는 연산(ALU, FPU) 및 메모리  
접근(load, store) 명령이 포함되며, 명령을 수행하다가 스레드가 블록(block) 되는  
구간은 포함되지 않는다. 오프-CPU 이벤트는 스레드가 명령을 수행하다가 블록 되는  
20 구간을 의미한다. 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트는 보완적(complemental)이다.

오프-CPU 이벤트는 저장장치 블로킹(blocking) 입출력, 스레드 간 동기화(synchronization), CPU 스케줄링에 의한 대기 등 CPU에서 실제로 실행되고 있지 않은 구간을 포함하고 있다.

인과관계 프로파일링은 애플리케이션을 실제로 최적화하지 않고, 최적화했을

5 때의 효과를 확인하는 프로파일링 기법이다.

최신(state-of-the-art) 인과관계 프로파일러(이하, 'COZ' 라함)는 가상성능향상(virtual speedup) 기반의 인과관계 프로파일링을 수행한다. 가상성능향상은 성능 향상 예측 대상 작업이 실제 최적화한 것과 같은 효과를 재현하기 위해 의도적으로 동시에 실행되고 있는 다른 스레드에게 지연을 주입한다.

10 애플리케이션 실행 종료 시, 의도한 지연의 양과 실제 애플리케이션이 느려진 정도의 차이를 통해 작업의 성능 향상 예측치를 계산한다.

스레드 간 의존성(dependency)이 존재하는 경우, 가상성능향상 수행 시 주입되는 의도적인 지연은 성능 향상 예측 결과의 오류를 초래할 수 있다. 이는 다른 스레드의 작업 완료를 대기하고 있는 스레드는 이중으로 지연을 받을 수 있기

15 때문이다.

기존 COZ는 이와 같은 상황을 해결하기 위해 의존성이 존재하여 대기중인 스레드는 블록된 구간 동안 누적된 지연을 면제함으로써 성능 향상 예측을 올바르게 수행할 수 있다.

COZ는 병렬 프로그램 코드에 최적화가 필요한 지점을 특정해준다는 점에서

20 유용한 인과관계 프로파일러이다. COZ는 가상성능향상을 수행하기 위해

IP(instruction pointer) 및 콜체인(callchain)과 같은 애플리케이션의 실행 정보를 수집하고 주기적으로 이를 확인하여 성능 향상 예측 대상 작업이 수행되고 있는지 여부를 판단한다. 만약, 대상 작업이 수행되고 있었다면 의도적인 지연을 동시에 실행되고 있는 다른 스레드들에게 부여한다.

- 5                하지만, COZ는 애플리케이션 실행 정보를 리눅스 perf 서브시스템을 활용한 샘플링에 의존하고 있기 때문에 오프-CPU 이벤트에 대한 성능 향상 예측이 불가능하다는 한계점이 존재한다. 샘플링은 주기적으로 IP 및 콜체인을 수집하고 있지만, 실행되던 스레드가 시스템 콜(system call) 호출하여 블록 되는 경우 비활성화 되어 블록 구간 동안의 실행 정보 수집이 불가능하다. 따라서, COZ는 오프-
- 10 CPU 이벤트 정보가 존재하지 않아 가상성능향상 대상에 오프-CPU 이벤트가 포함될 수 없기 때문에 온-CPU 및 오프-CPU 이벤트가 혼재하는 애플리케이션에 대해서 유용한 결과를 제공할 수 없다.

#### **【선행기술문헌】**

- 15        **【특허문헌】**

한국공개특허 제10-2016-0003502호 (2016.01.11)

#### **【발명의 내용】**

#### **【해결하고자 하는 과제】**

- 20                본 발명의 일 실시예는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 샘플링을 수행하여 통합된 온-CPU 및 오프-CPU 이벤트에 대한 가상성능향상을 수행할 수 있는 블록 샘플

기반의 애플리케이션 성능 개선 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

본 발명의 일 실시예는 오프-CPU 이벤트를 가상성능향상하기 위한 지연을 오프-CPU 이벤트가 완료된 직후 처리하도록 하여 의존성 처리에 의해 스레드가 올바르게 지연을 면제받을 수 있는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치  
5    및 방법을 제공하고자 한다.

### 【과제의 해결 수단】

실시예들 중에서, 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치는 스레드가 CPU 실행 상태에 있든 또는 블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를  
10    샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을 생성하는 블록 샘플 생성부; 상기 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 제1 프로파일러; 상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 가상 최적화를 통한 상기 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측하는 제2 프로파일러; 및 상기 특정 이벤트의 최적화 전략을  
15    생성하는 최적화 전략 생성부를 포함한다.

상기 블록 샘플 생성부는 상기 블로킹 상태인 경우로서 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기로 인해 상기 스레드가 CPU에서 실행되지 못하는 상태에서도 상기 이벤트를 샘플링할 수 있다.

상기 블록 샘플 생성부는 상기 스레드가 스케줄 아웃 및 스케줄 인 시점에서  
20    타이머를 통해 상기 스레드의 상태를 확인하여 상기 블록 샘플들을 샘플링하여 블로킹 이벤트를 기록할 수 있다.

상기 블록 샘플 생성부는 상기 블로킹 이벤트의 중복을 줄이기 위해 반복횟수를 나타내는 가중치를 기록하여 동일한 속성의 블로킹 이벤트를 하나의 블로킹 이벤트로 묶어 처리할 수 있다.

상기 블록 샘플 생성부는 상기 스레드가 스케줄 아웃될 때 상기 스레드가 블로킹되기 직전 실행된 명령어 주소(IP), 상기 스레드가 호출한 함수들의 스택 트레이스를 나타내는 호출체인, 블로킹 이벤트의 유형을 기록하는 타입 및 상기 스레드가 블로킹된 시점을 나타내는 블로킹 타임스탬프를 상기 블로킹 이벤트에 저장하고, 상기 블로킹 이벤트의 유형은 상기 I/O 대기, 상기 동기화 대기 또는 상기 스케줄링 대기 중 하나에 해당할 수 있다.

상기 블록 샘플 생성부는 상기 스레드가 웨이크-업될 때 상기 스레드의 대기 시간과 대기 이유를 추적하기 위해 웨이크-업 타임스탬프를 상기 블로킹 이벤트에 저장할 수 있다.

상기 블록 샘플 생성부는 상기 스레드가 스케줄 인될 때 블로킹 이벤트의 전체 지속 시간(Tblocked)과 스케줄링 대기 시간(Tsched)을 계산하기 위해 스케줄-인 타임스탬프를 상기 블로킹 이벤트에 저장할 수 있다.

상기 제1 프로파일러는 블로킹 이벤트에서 상기 온-CPU 이벤트와 상기 오프-CPU 이벤트를 결정하고 각 이벤트가 애플리케이션 실행 중 차지하는 오버헤드 정보를 분석할 수 있다.

상기 제1 프로파일러는 상기 오버헤드 정보의 분석을 통해 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기에 따른 서브클래스로 분류하고 상기 서브클래스의 성능 병목을 결정하여 상기 애플리케이션의 성능 병목을 식별할 수 있다.

상기 제2 프로파일러는 상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 인과관계 분석을 수행하고 가상 속도 향상 (Virtual Speedup) 기법을 통해 특정 이벤트를 가상으로 가속화하여 상기 성능 향상을 예측할 수 있다.

상기 최적화 전략 생성부는 상기 특정 이벤트에서 병목을 일으키는 코드의

5    최적화 전략을 생성할 수 있다.

실시예들 중에서, 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법은 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치에서 수행되는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법에 있어서, 스레드가 CPU 실행 상태에 있든 또는 블로킹

상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을

10    생성하는 블록 샘플 생성단계; 상기 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU

이벤트를 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 제1 프로파일링

단계; 상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정

이벤트의 가상 최적화를 통한 상기 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측하는 제2

프로파일링 단계; 및 상기 특정 이벤트의 최적화 전략을 생성하는 최적화 전략

15    생성단계를 포함한다.

### 【발명의 효과】

개시된 기술은 다음의 효과를 가질 수 있다. 다만, 특정 실시예가 다음의 효과를 전부 포함하여야 한다거나 다음의 효과만을 포함하여야 한다는 의미는

20    아니므로, 개시된 기술의 권리범위는 이에 의하여 제한되는 것으로 이해되어서는 아니 될 것이다.



본 발명의 일 실시예에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치 및 방법은 블록 샘플 기반의 애플리케이션 샘플링을 수행하여 통합된 온-CPU 및 오프-CPU 이벤트에 대한 가상성능향상을 수행할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치  
5    및 방법은 오프-CPU 이벤트를 가상성능향상하기 위한 지연을 오프-CPU 이벤트가 완료된 직후 처리하도록 하여 의존성 처리에 의해 스레드가 올바르게 지연을 면제받을 수 있다.

따라서, 본 발명은 가상성능향상 대상에 오프-CPU 이벤트가 포함될 수 있으며, 의존성 처리에 의해 스레드가 올바르게 지연을 면제받을 수 있고, 애플리케이션의  
10    성능 최적화가 애플리케이션 코드 최적화뿐만 아니라 애플리케이션 실행과 연관된 시스템 코드 혹은 실행에 활용되는 디바이스(저장장치, 가속기 등)의 성능 최적화를 통해 이뤄질 수 있다.

#### 【도면의 간단한 설명】

15       도 1은 컴퓨터 시스템의 구성을 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 애플리케이션 성능 개선 장치를 설명하는 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법을 설명하는 순서도이다.

도 4는 본 발명에 따른 블록 샘플 생성 과정의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

20       도 5는 본 발명에 따른 제1 프로파일링 결과의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 제2 프로파일링 수행의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 제2 프로파일링 결과의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

5           도 8 및 도 9는 본 발명에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법에 관한 실험 결과를 설명하는 도면이다.

#### 【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

본 발명에 관한 설명은 구조적 내지 기능적 설명을 위한 실시예에 불과하므로,  
10   본 발명의 권리범위는 본문에 설명된 실시예에 의하여 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 된다. 즉, 실시예는 다양한 변경이 가능하고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 본 발명의 권리범위는 기술적 사상을 실현할 수 있는 균등물들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 발명에서 제시된 목적 또는 효과는 특정 실시예가 이를 전부 포함하여야 한다거나 그러한 효과만을 포함하여야 한다는 의미는 아니므로, 본  
15   발명의 권리범위는 이에 의하여 제한되는 것으로 이해되어서는 아니 될 것이다.

한편, 본 출원에서 서술되는 용어의 의미는 다음과 같이 이해되어야 할 것이다.

"제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어,  
20   제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어"있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결될 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어"있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로  
5 이해되어야 할 것이다. 한편, 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함하다"또는 "가지다" 등의 용어는 실시된  
10 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c 등)는 설명의 편의를 위하여  
15 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

본 발명은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는  
20 코드로서 구현될 수 있고, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다.

컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

5           여기서 사용되는 모든 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미를 지니는 것으로 해석될 수 없다.

10

도 1은 컴퓨터 시스템의 구성을 설명하는 도면이다.

도 1을 참조하면, 컴퓨터 시스템(100)은 구성 요소의 급속한 발전으로 인해 CPU 외부 즉, 가속기, 저장장치, 네트워크 장치 등의 오프-CPU에서 실행되는 이벤트가 더욱 다양해졌다. 온-CPU 이벤트는 CPU 내부에서 수행되는 명령을 의미한다. 오프-

15 CPU 이벤트는 CPU에서 명령이 수행되는 동안 대기하게 된다.

이러한 컴퓨팅 환경은 애플리케이션의 동작을 더욱 복잡하게 만들어 병목 현상이 다양화되고 있다.

본 발명은 CPU 내부 및 외부 이벤트를 동시에 프로파일링하여 성능 병목 현상을 식별할 수 있도록, 블록 샘플(Blocked samples) 이라는 샘플링 기법을 통해  
20   두 이벤트를 동시에 샘플링하고 통계 기반의 프로파일러 및 인과관계 기반의 프로파일러를 통해 통합적으로 분석하여 성능 병목을 식별하고 최적화 성능 개선을

예측할 수 있는 기법을 제안한다.

도 2는 본 발명에 따른 애플리케이션 성능 개선 장치를 설명하는 도면이다.

도 2를 참조하면, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 애플리케이션 성능  
5 최적화 전략을 생성하기 위한 본 발명에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능  
개선 방법을 수행할 수 있다. 이를 위하여, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는  
컴퓨터 시스템(100)의 내부에 복수의 기능적 구성들을 포함하여 구현될 수 있다.  
구체적으로, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 블록 샘플 생성부(210), 제1  
프로파일러(230), 제2 프로파일러(250), 최적화 전략 생성부(270) 및 제어부(290)를  
10 포함할 수 있다.

이때, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 상기의 기능적 구성들을 동시에  
모두 포함해야 하는 것은 아니며, 각각의 실시예에 따라 상기의 구성들 중 일부를  
생략하거나, 상기의 구성들 중 일부 또는 전부를 선택적으로 포함하여 구현될 수도  
있다. 이하, 각 기능적 구성들의 동작을 구체적으로 설명한다.

15 블록 샘플 생성부(210)는 스레드(thread)가 CPU 실행 상태에 있든 또는  
블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked  
samples)을 생성할 수 있다. 여기에서, 블로킹 상태는 스레드가 CPU에서 실행되지  
못하고 대기하는 상태를 의미한다. 블록 샘플 생성부(210)는 블로킹 상태인 경우로서  
I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기로 인해 스레드가 CPU에서 실행되지 못하는  
20 상태에서도 이벤트를 샘플링할 수 있다. I/O 대기는 파일 읽기/쓰기, 네트워크 통신  
등과 같은 I/O 작업이 완료되기를 기다리는 상태이다. 동기화 대기는 여러 스레드가

공유 자원을 사용할 때, 자원을 안전하게 사용하기 위해 동기화가 필요한데, 이때 자원이 잠겨 있는 동안 다른 스레드는 대기하는 것을 말한다. 스케줄링 대기는 운영체제의 스케줄러가 스레드를 실행하기 위해 CPU 자원을 할당하지 않았을 때 발생하는 대기 상태로, CPU에서 실행 가능한 다른 스레드들이 먼저 실행되고 있으면

5 대기해야 한다.

블록 샘플 생성부(210)는 스레드가 스케줄 아웃 및 스케줄 인 시점에서 타이머를 통해 스레드의 상태를 확인하여 블록 샘플들을 샘플링하여 블로킹 이벤트를 기록할 수 있다. 스케줄 아웃은 스레드가 현재 CPU에서 실행되고 있다가 더 이상 실행되지 않고 대기 상태로 넘어가는 과정으로, 운영체제의 스케줄러가 해당 스레드를

10 CPU에서 내리고 다른 스레드를 실행할 때 발생한다. 스케줄 인은 대기 중이던 스레드가 다시 CPU에서 실행되도록 선택되는 과정으로, 스레드는 대기 상태에서 벗어나 CPU에서 작업을 처리하게 된다. 블록 샘플 생성부(210)는 스케줄 인 시점에 스레드의 상태를 체크하여 스레드가 CPU에서 실행 중인지 아니면 블로킹 상태인지를 확인하여 블로킹 상태일 때 해당 상태를 샘플링하여 블로킹 이벤트로서, 스레드가 왜

15 블로킹 상태에 있는지(예: I/O 대기, 동기화 대기, 스케줄링 대기 등), 그리고 이 상태가 얼마나 지속되었는지를 기록할 수 있다.

블록 샘플 생성부(210)는 블로킹 이벤트의 중복을 줄이기 위해 반복횟수를 나타내는 가중치를 기록하여 동일한 속성의 블로킹 이벤트를 하나의 블로킹 이벤트로 묶어 처리할 수 있다. 블로킹 이벤트는 스레드가 CPU에서 실행되지 못하고 대기

20 상태에 있을 때 발생하는 이벤트로서, 스레드가 블로킹 된 길이는 짧을수도 길수도 있다. 블로킹 상태가 오래 유지되는 경우, 이를 각각의 개별 이벤트로 기록하면

중복된 데이터가 과도하게 생성될 수 있어 분석에 드는 리소스도 늘어나게 된다. 여기서, 동일한 속성은 블로킹 이벤트의 원인 및 상황이 같은 경우를 의미한다. 블록 샘플 생성부(210)는 블로킹 이벤트가 긴 경우 가중치를 기록하여 불필요한 중복을 방지하면서도 이벤트 발생 횟수에 대한 통계적 정보를 유지할 수 있다.

5 또한, 블록 샘플 생성부(210)는 스레드가 스케줄 아웃될 때 스레드가 블로킹되기 직전 실행된 명령어 주소(IP), 스레드가 호출된 함수들의 스택 트레이스를 나타내는 호출체인, 블로킹 이벤트의 유형을 기록하는 타입 및 스레드가 블로킹된 시점을 나타내는 블로킹 타임스탬프를 블로킹 이벤트에 저장할 수 있다. 블로킹 이벤트의 유형은 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기 중 하나에 해당할 수  
10 있다. 블록 샘플 생성부(210)는 스레드가 스케줄 아웃되는 시점에서 스레드가 CPU에서 실행되지 않게 되는 이유를 파악하고 그 상태를 기록할 수 있다. 이때 기록되는 정보는 스레드의 상태 변화를 분석하는 데 사용될 수 있다. 여기서, 명령어 주소는 스레드가 CPU에서 마지막으로 실행한 명령어의 메모리 주소이며, 스레드가 어느 부분에서 블로킹 상태로 전환되었는지를 추적하는 데 사용될 수 있고,  
15 특히 프로그램의 어떤 명령어가 실행 중에 스레드가 대기 상태로 전환되었는지 확인함으로써 성능 병목이 발생하는 위치를 파악할 수 있다. 호출체인은 스레드가 현재 실행 중인 함수가 호출된 경로(스택 트레이스)를 의미하며, 스택 트레이스를 통해 블로킹 이벤트가 발생했을 때 해당 이벤트가 어떤 함수의 호출 경로에서 일어났는지 파악할 수 있다. 예를 들어, 함수 A가 함수 B를 호출하고, B가 다시  
20 함수 C를 호출한 상황이라 가정하면, 스택 트레이스는 A→B→C 가 된다. 즉, 블로킹 이벤트에는 명령어 주소(블로킹되기 직전 실행된 명령어 위치), 호출체인(블로킹이

발생한 함수 호출 경로), 블로킹 유형(I/O 대기, 동기화 대기, 스케줄링 대기 중 하나), 타임스탬프(블로킹이 발생한 시점)가 저장될 수 있다. 블로킹 이벤트에 저장된 정보들은 성능 분석에 활용될 수 있다.

블록 샘플 생성부(210)는 스레드가 웨이크-업될 때 스레드의 대기 시간과  
5 대기 이유를 추적하기 위해 웨이크-업 타임스탬프를 블로킹 이벤트에 저장할 수 있다.  
또한, 블록 샘플 생성부(210)는 스레드가 스케줄 인될 때 블로킹 이벤트의 전체 지속 시간(Tblocked)과 스케줄링 대기 시간(Tsched)을 계산하기 위해 스케줄-인 타임스탬프를 블로킹 이벤트에 저장할 수 있다.

제1 프로파일러(230)는 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를  
10 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을 식별할 수 있다. 제1  
프로파일러(230)는 블로킹 이벤트에서 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 결정하고  
각 이벤트가 애플리케이션 실행 중 차지하는 오버헤드 정보를 분석할 수 있다.  
애플리케이션 성능은 CPU에서 실행되는 시간과 대기 시간의 균형이 중요할 수 있다.  
예를 들어, CPU에서 너무 많은 시간을 사용하면 계산이 복잡하다는 의미일 수 있고,  
15 오프-CPU 이벤트가 너무 많으면 I/O 대기나 자원 대기가 성능 병목이 된다는 의미일  
수 있다. 제1 프로파일러(230)는 블로킹 이벤트 기록을 분석하여 애플리케이션에서  
발생하는 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 결정하고, 이벤트 각각이 애플리케이션  
실행 중 차지하는 오버헤드를 분석하여 성능 병목을 식별할 수 있다. 여기에서, 온-  
CPU 오버헤드는 스레드가 CPU에서 실행되는 동안 과도한 CPU 사용으로 인해 발생하는  
20 지연을 의미한다. 오프-CPU 오버헤드는 스레드가 블로킹 상태에 있는 동안 발생하는  
지연을 의미한다.



제1 프로파일러(230)는 오버헤드 정보의 분석을 통해 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기에 따른 서브클래스로 분류하고 서브클래스의 성능 병목을 결정하여 애플리케이션의 성능 병목을 식별할 수 있다. 제1 프로파일러(230)는 오버헤드 정보를 분석하여 애플리케이션 성능 저하에 영향을 미치는 블로킹 이벤트의  
5 유형을 식별하고 이들할 서브클래스로 분류할 수 있다. 제1 프로파일러(230)는 각 서브클래스에 속하는 대기 시간을 분석하여 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기 중 어느 것이 성능 병목의 원인인지를 확인할 수 있다.

제2 프로파일러(250)는 온-CPU와 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 최적화를 통한 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측할 수  
10 있다. 제2 프로파일러(250)는 온-CPU와 오프-CPU 이벤트 간의 인과관계 분석을 수행하고 가상 속도 향상 (Virtual Speedup) 기법을 통해 특정 이벤트를 가상으로 가속화하여 성능 향상을 예측할 수 있다. 제2 프로파일러(250)는 오프-CPU 이벤트뿐만 아니라 온-CPU 이벤트들의 상호작용을 분석함으로써, I/O 장치 업그레이드나 CPU 코어 추가와 같은 다양한 최적화 방안을 탐색할 수 있다. 또한,  
15 제2 프로파일러(250)는 특정 코드 라인뿐만 아니라 오프-CPU 서브클래스를 타겟으로 하여 가상 속도 향상을 예측함으로써 다양한 최적화 전략을 탐색할 수 있다. 가상 속도 향상 기법은 코드의 특정 라인을 최적화한 경우 성능이 어떻게 변할지를 가상으로 실험하는 방식이다. 제2 프로파일러(250)는 온-CPU 이벤트 뿐만 아니라 오프-CPU 이벤트에도 가상 속도 향상 기법을 적용하여 스레드 간의 의존성을 관리하고  
20 가상 속도 향상을 위한 지연 시간 주입을 처리함으로써 실제로 코드 라인이 최적화되었을 때와 유사한 성능 변화를 예측할 수 있다.

애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 제1 프로파일러(230) 및 제2 프로파일러(250)를 통해 복잡한 애플리케이션의 성능 병목 현상을 정확하고 효율적으로 식별하고 최적화할 수 있다.

최적화 전략 생성부(270)는 특정 이벤트의 최적화 전략을 생성할 수 있다.

- 5    최적화 전략 생성부(270)는 특정 이벤트에서 병목을 일으키는 코드의 최적화 전략을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 최적화 전략 생성부(270)는 제2 프로파일러(250)의 분석 결과를 통해 애플리케이션의 성능 병목 지점과 해당 병목을 최적화했을 때의 성능 향상을 예측하여 성능 개선 최적화 전략을 수립할 수 있다.

- 제어부(290)는 애플리케이션 성능 개선 장치(200)의 전체적인 동작을  
10    제어하고, 블록 샘플 생성부(210), 제1 프로파일러(230), 제2 프로파일러(250) 및 최적화 전략 생성부(270) 간의 제어 흐름 또는 데이터 흐름을 관리할 수 있다.

도 3은 본 발명에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법을 설명하는 순서도이다.

- 15    도 3을 참조하면, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법을 수행하기 위한 일련의 동작 단계들을 처리할 수 있다. 구체적으로, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 블록 샘플 생성부(210)를 통해 스레드가 CPU 실행 상태에 있든 또는 블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을 생성할 수 있다(단계 S310).  
20    애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 제1 프로파일러(230)를 통해 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을

식별할 수 있다(단계 S330).

또한, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 제2 프로파일러(250)를 통해 온-CPU와 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 최적화를 통한 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측할 수 있다(단계 S350). 애플리케이션 성능 개선  
5 장치(200)는 최적화 전략 생성부(270)를 통해 특정 이벤트의 최적화 전략을 생성할 수 있다(단계 S370).

도 4는 본 발명에 따른 블록 샘플 생성 과정의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

도 4를 참조하면, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 스레드가 CPU 실행  
10 상태에 있든 또는 블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을 생성하는 동작을 수행할 수 있다. 블록 샘플은 I/O 완료 대기, 동기화 대기(예: 뮤텍스, 조건 변수 등), CPU 스케줄링 대기 등과 같은 스레드의 블로킹 이벤트에 대한 정보를 캡처한다. 기존의 CPU 이벤트 샘플링은 스레드  
15 지향적이며(예: 리눅스 perf 서브시스템의 task-clock), 스레드가 CPU에서 명령어를 실행할 때 이벤트 기반 샘플링은 주기적으로 스레드 컨텍스트(IP와 호출체인 등)의 샘플을 수집한다. 도 4에 보여진 바와 같이, 스레드가 블로킹되면 스레드가 웨이크-업(wake-up) 되서 실행을 재개할 때까지 샘플링이 중단된다. 기존의 CPU 이벤트  
20 샘플링과 달리, 블록 샘플은 스레드가 블로킹된 동안 누락된 샘플을 보완하여 블로킹 기간 동안의 실행 컨텍스트를 제공한다.

각 블록 샘플은 오프-CPU 이벤트를 추적하기 위해 스레드가 블로킹되기 직전  
실행된 명령어 주소(IP), 호출체인, 가중치 및 유형의 네가지 속성을 포함한다. IP는

실제로 CPU 스케줄러를 호출한 반환 주소(예: Linux의 `schedule` 또는 `io_schedule`)이다. 호출체인은 스레드가 호출한 함수들의 스택 트레이스이다. 블로킹 이벤트에는 동일한 속성(예: 동일한 IP, 호출체인 등)을 가진 여러 개의 블록 샘플을 포함할 수 있다. 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 가중치 필드에 반복횟수를 인코딩하여

5    블록 샘플을 처리할 때 공간과 시간을 절약할 수 있다.

애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 스레드가 스케줄 아웃되면 오프-CPU 간격의 시작을 나타내는 타임스탬프(블로킹 타임스탬프)와 함께 스레드 블로킹의 서브클래스를 기록하고, 스레드가 웨이크-업되면 오프-CPU 간격의 끝을 나타내는 타임스탬프(웨이크-업 타임스탬프)를 기록한다. 스레드가 스케줄 인되면

10   애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 스케줄 인 타임스탬프를 기록하고 도 4와 같이, 블로킹시간( $T_{blocked}$ )과 CPU 스케줄링 대기 시간( $T_{sched}$ )을 계산한다. CPU 경합으로 인해 실행 가능하지만 실행 대기열에 남아 있는 스레드의 경우, 오프-CPU 간격은 웨이크-업 타임스탬프가 없으므로 블록 샘플들의 스케줄링 서브클래스에 속한다. 스케줄 인 함수에서 블로킹 간격이 시간상 하나 이상의 샘플링 지점과 겹치면 새

15   샘플이 생성된다. 이 샘플에는 IP, 호출체인, 가중치 및 유형의 속성이 포함된다.

도 4의 경우, 두개의 오프-CPU 이벤트인 블로킹 이벤트의 전체 지속 시간( $T_{blocked}$ )과 스케줄링 대기 시간( $T_{sched}$ )은 두개의 샘플링 지점을 포함하고 있다. 따라서, 두개의 샘플링 지점 중 하나는 블로킹을 위한, 다른 하나는 스케줄링을 위한 두개의 블록 샘플이 수집된다. 만약, 오프-CPU 간격이 어떤 샘플링 지점과도

20   겹치지 않는다면, 블록 샘플은 수집되지 않는다. 이는 세개의 훅(hook) 지점이 타임스탬프 작업만 수행하므로, 오프-CPU 이벤트가 자주 발생하더라도 블록 샘플

수집의 오버헤드를 최소화할 수 있다.

도 5는 본 발명에 따른 제1 프로파일링 결과의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

5           도 5를 참조하면, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 제1 프로파일링을 수행할 수 있다. 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 제1 프로파일러(230)를 통해 샘플링 기반 프로파일링을 사용하여 애플리케이션을 프로파일링하고 샘플링 결과에 대한 통계를 제공할 수 있다. 제1 프로파일러(230)는  
10   블록 샘플을 지원하기 위해 리눅스 perf 도구를 확장한 버전으로, 설명의 편의를 위해 이하에서는 bperf로 지칭하겠다. perf와 유사하게 bperf는 프로그램이 실행되는 동안 샘플링 기반 프로파일링을 언제든지 연결 및 분리할 수 있다. 기본적으로 블록 샘플을 처리하는 방식은 기존 온-CPU 샘플을 처리하는 방식과 큰 차이가 없다. 샘플은 IP와 호출체인을 기준으로 분류되고, 이 정보를 사용하여 오버헤드 부분, 함수 심볼  
15   및 객체 파일과 같은 통계가 도 7의 (b)와 같이 보고된다. 도 7의 (b)는 bperf를 사용하여 도 7의 (a)의 케이스 1에 대한 프로파일링 결과를 보여준다. bperf는 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하여, 다양한 이벤트의 오버헤드를 보다 정확하게 이해하도록 할 수 있다.

          도 7의 (b)의 경우, 각 스레드(T1, T2)는 명령어(Command)와 관련된 공유  
20   객체(Shared Object) 및 함수 심볼과 연결되어 있다. 스레드 1(T1)에서는 pread가 가장 큰 오버헤드를 발생시키며, 그 다음으로 pwrite가 뒤따르고,

pthread\_cond\_wait가 세번째로 큰 오버헤드를 차지한다. 스레드 2(T2)에서는 compute\_heavy가 해당 스레드의 실행 시간을 전부 차지한다. 즉, bperf는 온-CPU와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하여 각 스레드에서 어떤 작업이 성능 병목을 일으키는지 명확하게 파악할 수 있다. bperf는 각 스레드에서 발생한 오버헤드, 함수 호출 및 관련 파일의 통계를 제공하여 애플리케이션 성능 분석에 도움을 줄 수 있다. bperf를 사용하면, 운영 체제 커널 내에서 블로킹 이벤트와 상호작용을 심층적으로 분석할 수 있고, 프로파일링 결과를 토대로 성능 최적화 지침을 제공할 수 있다.

도 6은 본 발명에 따른 제2 프로파일링 수행의 일 실시예를 설명하는 도면이고, 도 7은 본 발명에 따른 제2 프로파일링 결과의 일 실시예를 설명하는 도면이다.

도 6 및 7을 참조하면, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 온-CPU와 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 최적화를 통한 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측하는 제2 프로파일링을 수행할 수 있다. 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 제2 프로파일러(250)를 통해 블록 샘플로부터 얻은 심볼 수준의 정보를 사용하여 온-CPU와 오프-CPU 이벤트 간의 상호 작용을 정확하게 식별하고 가상 속도 향상을 통해 성능 개선을 예측할 수 있다. 블록 샘플들은 블로킹 이벤트 즉, I/O 작업이 완료된 후에 처리되므로 블록 샘플들의 처리로 인해 블로킹 이벤트에 의존성이 존재하는 스레드에 지연 주입에 문제가 발생할 수 있다. 도 6에 도시한 바와 같이, 스레드 B의 블로킹 I/O 작업의 완료를 스레드 A가 대기하고 있고, 해당 I/O 작업이 가상 성능 향상 대상 작업인 경우, 의존성 처리(Dependency handling)는

대기중이었던 스레드 A가 웨이크 업될 때 처리된다. 이때, 오프-CPU 이벤트를 가상 성능 향상하기 위한 지연은 스레드 A가 웨이크 업 후 주입될 수 있어 이중 지연 문제가 발생할 수 있다. 애플리케이션 성능 개선 장치(200)의 제2 프로파일러(250)는 오프-CPU 이벤트를 가상 성능 향상하기 위한 지연을 오프-CPU 이벤트가 완료된 직후

5 처리하도록 한다. 즉, 도 6에서 스레드 B가 스레드 A를 웨이크 업 하기 전에 주입해야 되는 지연을 즉시 처리하도록 하여 의존성 처리에 의해 스레드 A가 올바르게 지연을 면제받을 수 있도록 한다.

제2 프로파일러(250)의 프로파일링 결과로서, 도 7의 (a) 및 (b)는 도 5의 (a)에 있는 케이스 1 및 2에 대한 가상 속도 향상 결과이다. 도 7의 (a) 및 (b)는

10 각각 케이스 1에서 `compute_heavy`를 최적화하고, 케이스 2에서 I/O 작업 특히, `pread`을 최적화하여 실제 성능 향상을 얻을 수 있음을 보여준다. 또한, 가상 속도 향상 결과는 실제 성능 향상이 중요 경로가 이동하는 지점에 의해 제한됨을 나타낸다.

도 8 및 도 9는 본 발명에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선

15 방법에 관한 실험 결과를 설명하는 도면이다.

도 8 및 도 9를 참조하면, 애플리케이션 성능 개선 장치(200)는 본 발명에 따른 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법을 수행할 수 있다. 구체적으로, 실험은 초당 최대 540K I/O 작업(IOPS)의 성능을 제공할 수 있는 Intel Xeon Gold 5218 CPU(2.30GHz, 16개의 물리적 코어), 375GB DDR4 DRAM, 플래시 기반 SSD(PM983)가

20 장착된 머신에서 수행되었다.

도 8의 경우, 페이스북 오픈소스 워크로드인 Prefix Dist의 읽기 전용 실행에

대한 기존 방법(COZ) 및 본 발명에서 제안한 방법을 이용한 가상성능향상 기반의 인과관계 프로파일링 결과를 보여준다. 도 8의 (a)는 프로그램 속도 향상과 라인 속도 향상 간의 관계를 보여주며, 기존 방법(점선)과 제안 방법(실선)을 사용하여 가상 속도 향상 결과를 도시하였다. 결과에서, 두가지 작업인

- 5 GetDataBlockFromCache와 ReadBlockContents가 병목 현상으로 식별되었다. 캐시 조회 작업은 작업자가 블록 캐시의 락을 두고 경쟁하기 때문에 실제 병목 지점이다. 도 8의 (a)에서 보듯이, 캐시 조회 작업이 최적화되면 제안 방법은 최대 60%의 속도 향상을 보여주고, 블록 읽기 I/O 작업이 최적화되면 최대 20%의 속도 향상을 보여주는 것을 확인할 수 있다. 두 작업 모두 오프-CPU 이벤트를 수반하지만, 기존 방법은
- 10 오프-CPU 이벤트를 프로파일링에 반영할 수 없기 때문에 두 작업에 대해 가상 속도 향상 결과를 전혀 보여주지 못하였다. 즉, 본 발명에서 제안한 인과관계 프로파일링 방법은 캐시 조회와 블록 읽기와 같은 오프-CPU 이벤트를 고려하여 성능 향상을 분석할 수 있다.

가상 속도 향상 결과를 검증하기 위해 두 작업에 대한 최적화를 수행하였다.

- 15 첫번째로, 플래시 기반 SSD를 최대 1,500K IOPS 성능을 제공하는 더 빠른 SSD로 교체하였다. 이 최적화는 SSD+로 표기한다. 도 8의 (b)에서 볼 수 있듯이, SSD+에서는 성능 향상이 없었다. 이는 락 경쟁이 주요 병목이기 때문이다. 두번째 최적화는 블록 캐시를 여러 샤드로 나누는 샤딩을 적용하였다. 이는 Shard-N(상기 N은 샤드의 수)로 표기한다. 도 8의 (b)에서 볼 수 있듯이, Shard-N은 성능이 개선되었다. 이는 샤드의
- 20 수가 많을수록 락 경쟁이 줄어들어 더 높은 처리량을 보여주는 것이다. 이 경향은 도 8의 (a)에서도 나타남을 알 수 있다.



도 9 (a)의 경우, CPU 코어 수를 하나로 제한했을 때 기존 방법(COZ)과 제안 방법(BCOZ)을 사용한 주요 연산 코드 라인의 프로파일링 결과로서, 기존 방법(COZ)은 성능 향상 가능성을 소폭 추정한 반면, 제안 방법(BCOZ)은 해당 코드 라인들이 최적화되면 잠재적인 성능 향상을 예측하였다. CPU 경쟁이 높은 상태(예: 32개의 스레드와 1개의 코어)에서는 스레드가 자주 스케줄 아웃되기 때문에 오프-CPU 이벤트가 자주 발생한다. 이 경우, 제안 방법(BCOZ)은 스케줄링 서브클래스의 오프-CPU 이벤트가 제거되면 성능이 향상될 수 있는 최적화 기회를 예측할 수 있다.

도 9 (b)의 경우, 코어 수가 1개에서 32개로 증가함에 따라 스케줄링 서브클래스 수준의 가상 속도 향상에 대한 프로파일링 결과로서, 가장 높은 CPU 경쟁 상태(코어 1개만 사용할 때)에서 예측되는 프로그램 속도 향상은 최대치에 도달하였다. 그러나 코어 수가 증가할수록 CPU 경쟁이 줄어들어 속도 향상 효과도 줄어드는 것을 확인하였다.

도 9의 (c)의 경우, 코어 수가 X에서 32로 변경됨에 따라 즉, CPU 경쟁이 높은 상태에서 없는 상태로 전환될 때의 가상 및 실제 프로그램 속도 향상을 보여준다. 실제 속도 향상은 제안 방법이 예측한 속도 향상과 일치함을 보여주었다. 이 결과는 고도로 병렬화된 작업 부하에서 오프-CPU 이벤트를 정확하게 프로파일링하는 것이 중요하며, 제안 방법은 블록 샘플을 활용하여 유용한 프로파일링 결과를 제공함을 확인해준다.

본 발명에서 제안한 블록 샘플 기반의 프로파일링 기법은 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합하여 애플리케이션의 병목 현상을 동일한 차원에서 식별할 수 있다. 또한, 본 발명은 블록 샘플을 활용하여 이벤트 실행 시간을 기반으로

애플리케이션 병목을 식별하는 프로파일러 및 오프-CPU 이벤트에 대한 가상 속도 향상을 제공하는 인과관계 프로파일러를 사용하여 기존 프로파일링에서 식별되지 않았던 I/O 및 동기화 작업과 관련된 병목 현상을 식별할 수 있으며, 이러한 작업들을 가상 속도 향상을 통해 최적화할 수 있다.

5

상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

10

[이 발명을 지원한 국가연구개발사업]

[과제고유번호] 1711201093

[과제번호] 00321688

[부처명] 과학기술정보통신부

15 [과제관리(전문)기관명] 한국연구재단

[연구사업명] 초고성능컴퓨팅SW생태계조성

[연구과제명] 한국형 엑사스케일 응용 SW 개발 환경 (KEASE)

프레임워크 개발

[과제수행기관명] 숭실대학교산학협력단

20 [연구기간] 2023.11.01 ~ 2024.04.30

[이 발명을 지원한 국가연구개발사업]

[과제고유번호] 2710006677

[과제번호] RS-2020-II201361

[부처명] 과학기술정보통신부

[과제관리(전문)기관명] 정보통신기획평가원

5 [연구사업명] 정보통신방송혁신인재양성(R&D)

[연구과제명] 인공지능대학원지원(연세대학교)

[과제수행기관명] 연세대학교 산학협력단

[연구기간] 2024.01.01 ~ 2024.12.31

[이 발명을 지원한 국가연구개발사업]

10 [과제고유번호] 2710007311

[과제번호] 2021-0-00773

[부처명] 과학기술정보통신부

[과제관리(전문)기관명] 정보통신기획평가원

[연구사업명] 컴퓨팅핵심기술

15 [연구과제명] 엣지 마이크로데이터 센터를 위한 엣지-친화적 운영체제

[과제수행기관명] 성균관대학교 산학협력단

[연구기간] 2021.04.01 ~ 2024.12.31

#### 【부호의 설명】

20 100: 컴퓨터 시스템 200: 애플리케이션 성능 개선 장치

210: 블록 샘플 생성부 230: 제1 프로파일러

250: 제2 프로파일러

270: 최적화 전략 생성부

290: 제어부

## 【청구범위】

### 【청구항 1】

스레드가 CPU 실행 상태에 있든 또는 블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을 생성하는 블록 샘플 생성부;

5           상기 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 제1 프로파일러;

상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 가상 최적화를 통한 상기 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측하는 제2 프로파일러; 및

10           상기 특정 이벤트의 최적화 전략을 생성하는 최적화 전략 생성부를 포함하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

### 【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 블록 샘플 생성부는

15           상기 블로킹 상태인 경우로서 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기로 인해 상기 스레드가 CPU에서 실행되지 못하는 상태에서도 상기 이벤트를 샘플링하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

### 【청구항 3】

20           제2항에 있어서, 상기 블록 샘플 생성부는

상기 스레드가 스케줄 아웃 및 스케줄 인 시점에서 타이머를 통해 상기

스레드의 상태를 확인하여 상기 블록 샘플들을 샘플링하여 블로킹 이벤트를 기록하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

【청구항 4】

5 제3항에 있어서, 상기 블록 샘플 생성부는

상기 블로킹 이벤트의 중복을 줄이기 위해 반복횟수를 나타내는 가중치를 기록하여 동일한 속성의 블로킹 이벤트를 하나의 블로킹 이벤트로 묶어 처리하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

10 【청구항 5】

제3항에 있어서, 상기 블록 샘플 생성부는

상기 스레드가 스케줄 아웃될 때 상기 스레드가 블로킹되기 직전 실행된 명령어 주소(IP), 상기 스레드가 호출한 함수들의 스택 트레이스를 나타내는 호출체인, 블로킹 이벤트의 유형을 기록하는 타입 및 상기 스레드가 블로킹된 시점을 나타내는

15 블로킹 타임스탬프를 상기 블로킹 이벤트에 저장하고,

상기 블로킹 이벤트의 유형은 상기 I/O 대기, 상기 동기화 대기 또는 상기 스케줄링 대기 중 하나에 해당하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

20 【청구항 6】

제5항에 있어서, 상기 블록 샘플 생성부는

상기 스레드가 웨이크-업될 때 상기 스레드의 대기 시간과 대기 이유를 추적하기 위해 웨이크-업 타임스탬프를 상기 블로킹 이벤트에 저장하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

#### 5   【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 블록 샘플 생성부는

상기 스레드가 스케줄 인될 때 블로킹 이벤트의 전체 지속 시간(Tblocked)과 스케줄링 대기 시간(Tsched)을 계산하기 위해 스케줄-인 타임스탬프를 상기 블로킹 이벤트에 저장하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선  
10   장치.

#### 【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 제1 프로파일러는

블로킹 이벤트에서 상기 온-CPU 이벤트와 상기 오프-CPU 이벤트를 결정하고

15   각 이벤트가 애플리케이션 실행 중 차지하는 오버헤드 정보를 분석하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

#### 【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 제1 프로파일러는

20   상기 오버헤드 정보의 분석을 통해 I/O 대기, 동기화 대기 또는 스케줄링 대기에 따른 서브클래스로 분류하고 상기 서브클래스의 성능 병목을 결정하여 상기

애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

【청구항 10】

5 제1항에 있어서, 상기 제2 프로파일러는

상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 인과관계 분석을 수행하고 가상 속도 향상 (Virtual Speedup) 기법을 통해 특정 이벤트를 가상으로 가속화하여 상기 성능 향상을 예측하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

10

【청구항 11】

제1항에 있어서, 상기 최적화 전략 생성부는

상기 특정 이벤트에서 병목을 일으키는 코드의 최적화 전략을 생성하는 것을 특징으로 하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치.

15

【청구항 12】

블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치에서 수행되는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법에 있어서,

스레드가 CPU 실행 상태에 있든 또는 블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는

20 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을 생성하는 블록 샘플 생성단계;

상기 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하고



애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 제1 프로파일링 단계;

상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 가상 최적화를 통한 상기 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측하는 제2 프로파일링 단계; 및

- 5           상기 특정 이벤트의 최적화 전략을 생성하는 최적화 전략 생성단계를 포함하는 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 방법.

## ABSTRACT

본 발명은 블록 샘플 기반의 애플리케이션 성능 개선 장치 및 방법에 관한 것으로, 상기 장치는 스레드가 CPU 실행 상태에 있든 또는 블로킹 상태에 있든 관계없이 발생하는 이벤트를 샘플링하여 블록 샘플들(blocked samples)을 생성하는

5 블록 샘플 생성부; 상기 블록 샘플들의 온-CPU 이벤트와 오프-CPU 이벤트를 통합적으로 분석하고 애플리케이션의 성능 병목을 식별하는 제1 프로파일러; 상기 온-CPU와 상기 오프-CPU 이벤트 간의 상호 의존성을 분석하여 특정 이벤트의 가상 최적화를 통한 상기 성능 병목에 대한 성능 향상을 예측하는 제2 프로파일러; 및 상기 특정 이벤트의 최적화 전략을 생성하는 최적화 전략 생성부를 포함한다.

FIG. 1

100

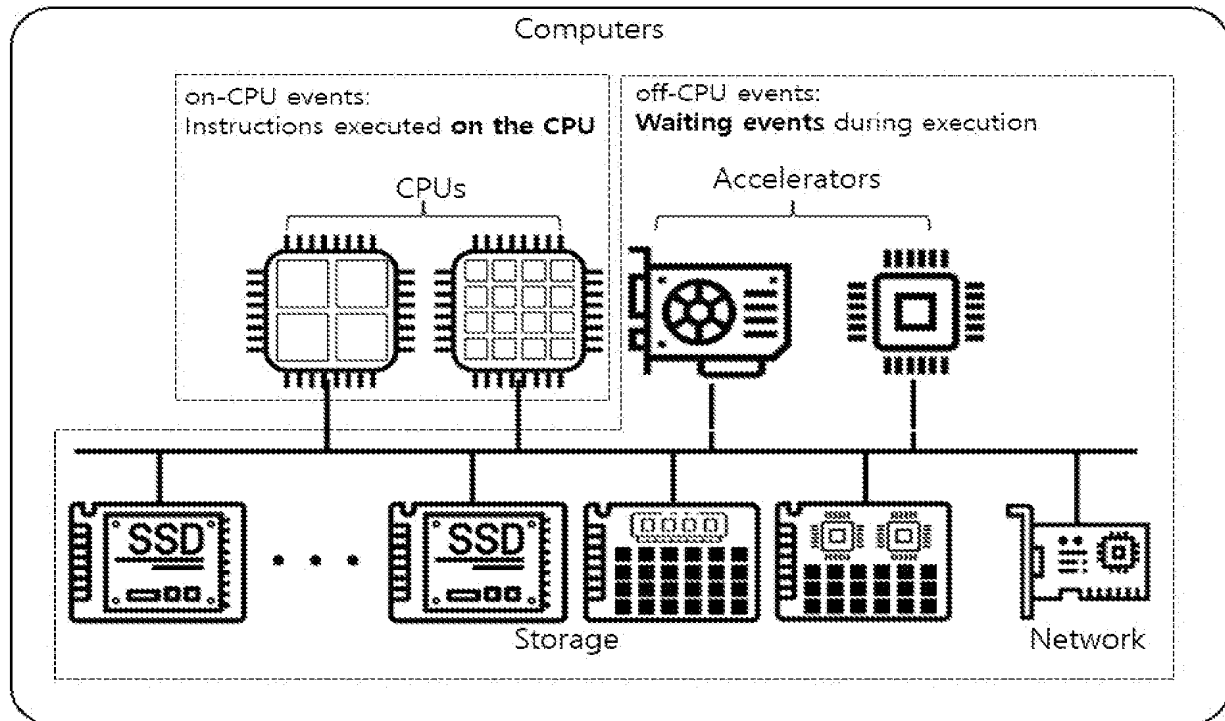


FIG. 2

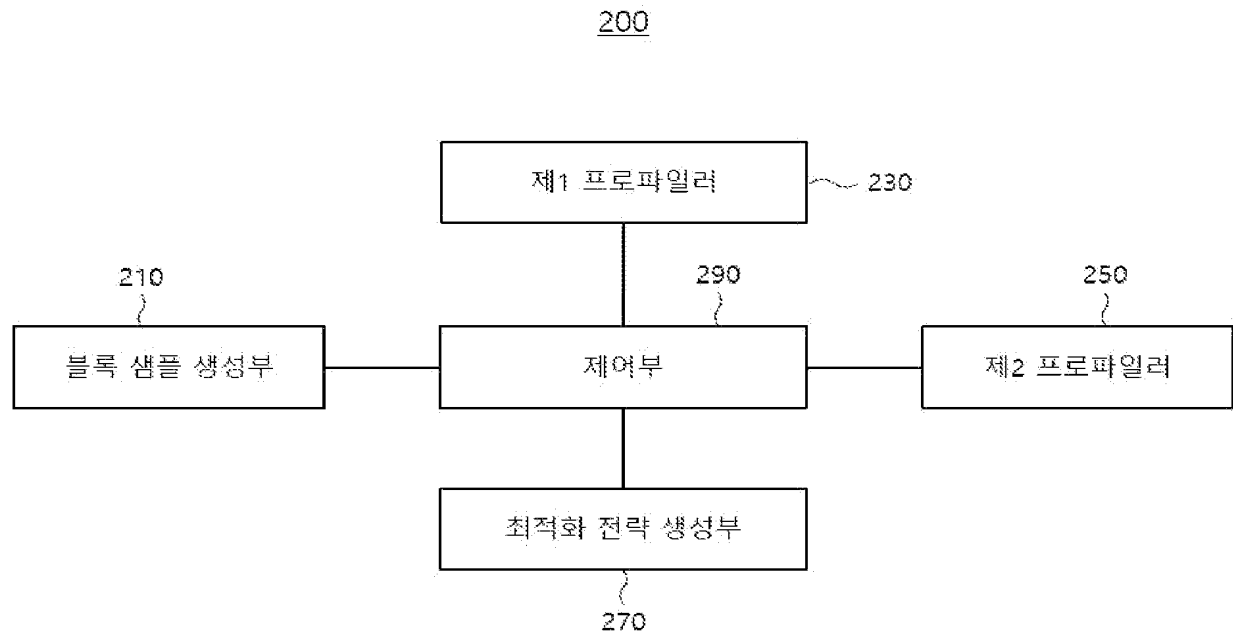


FIG. 3

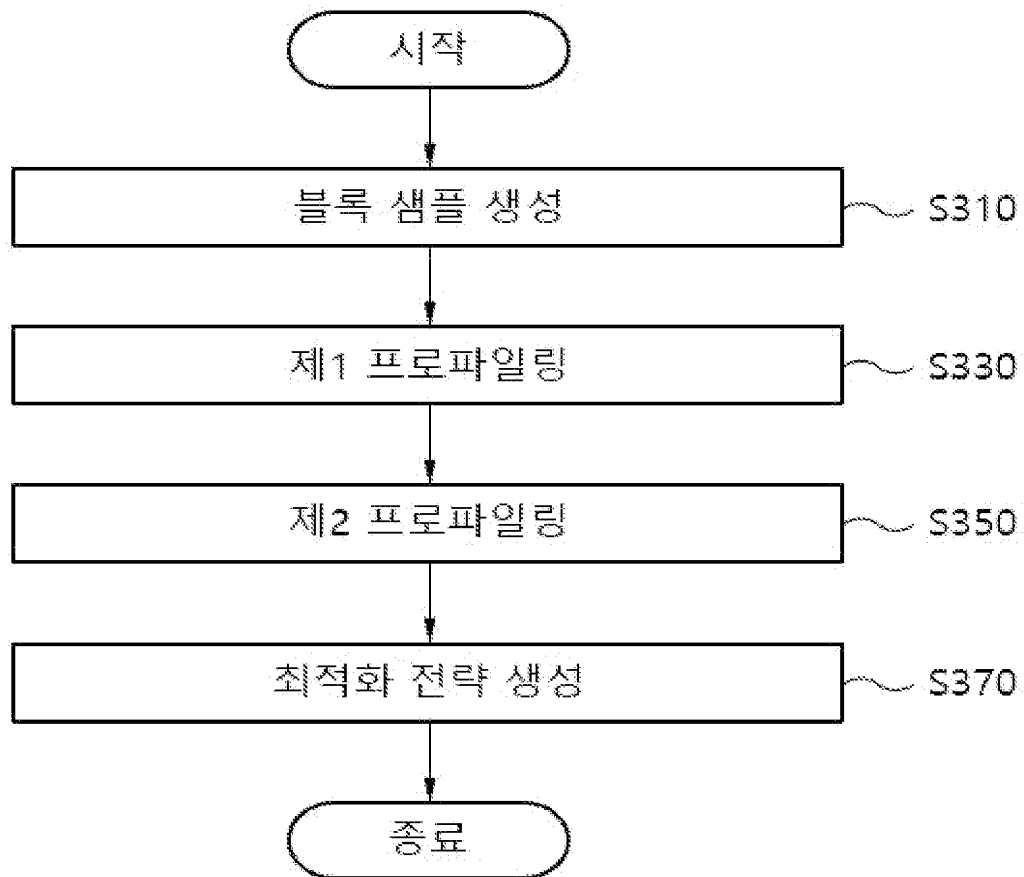


FIG. 4

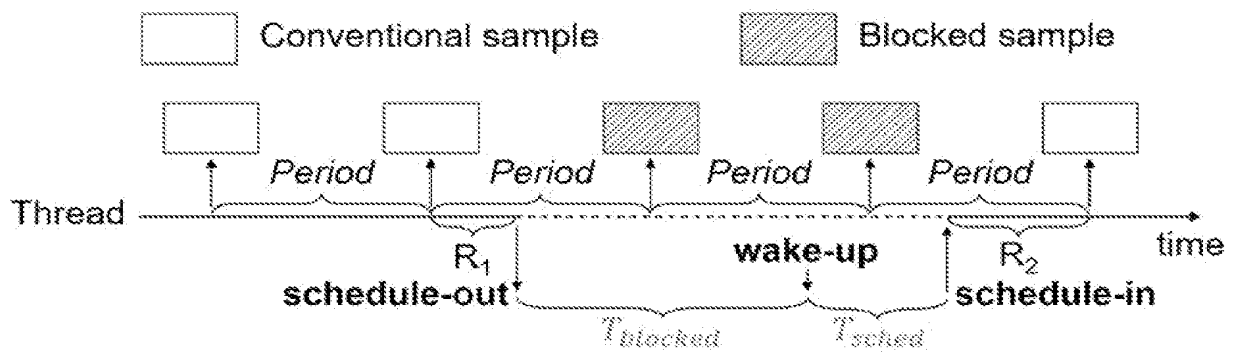
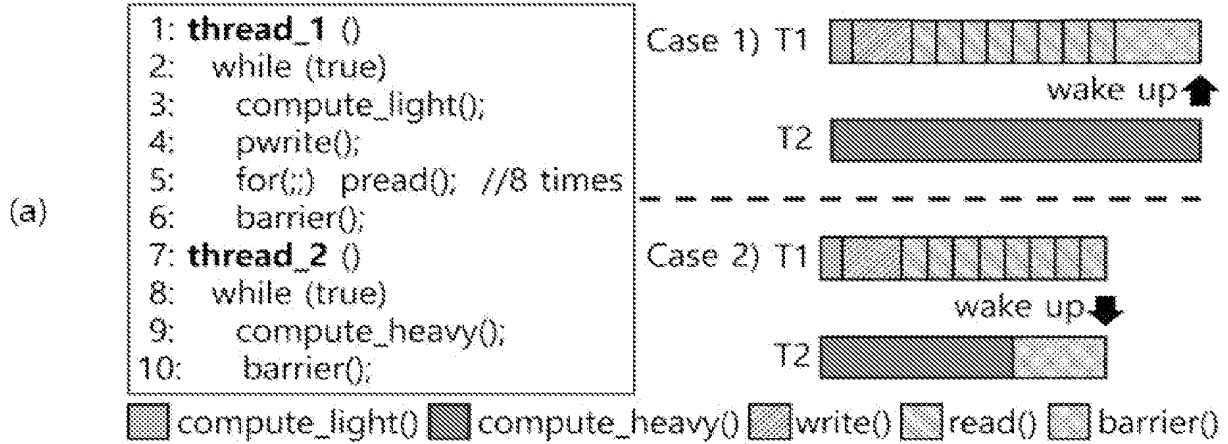


FIG. 5



(b)

	#	Overhead	Command	Shared Object	Symbol
T1		64.54%	a.out	libpthread	[I] __libc_pread64
		14.94%	a.out	[kernel.kallsyms]	[I] __libc_pwrite64
		5.50%	a.out	a.out	[L] pthread_cond_wait
		2.59%	a.out	a.out	[.] compute_light
				...	
T2		99.97%	a.out	a.out	[.] compute_heavy
		0.02%	a.out	libpthread	[L] pthread_cond_wait
				...	

FIG. 6

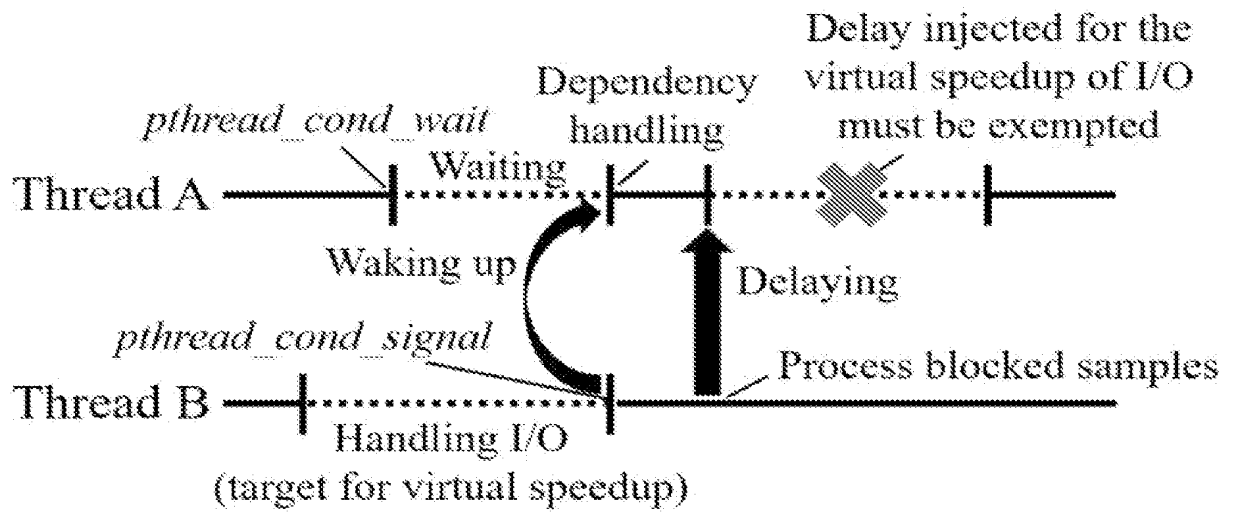




FIG. 7

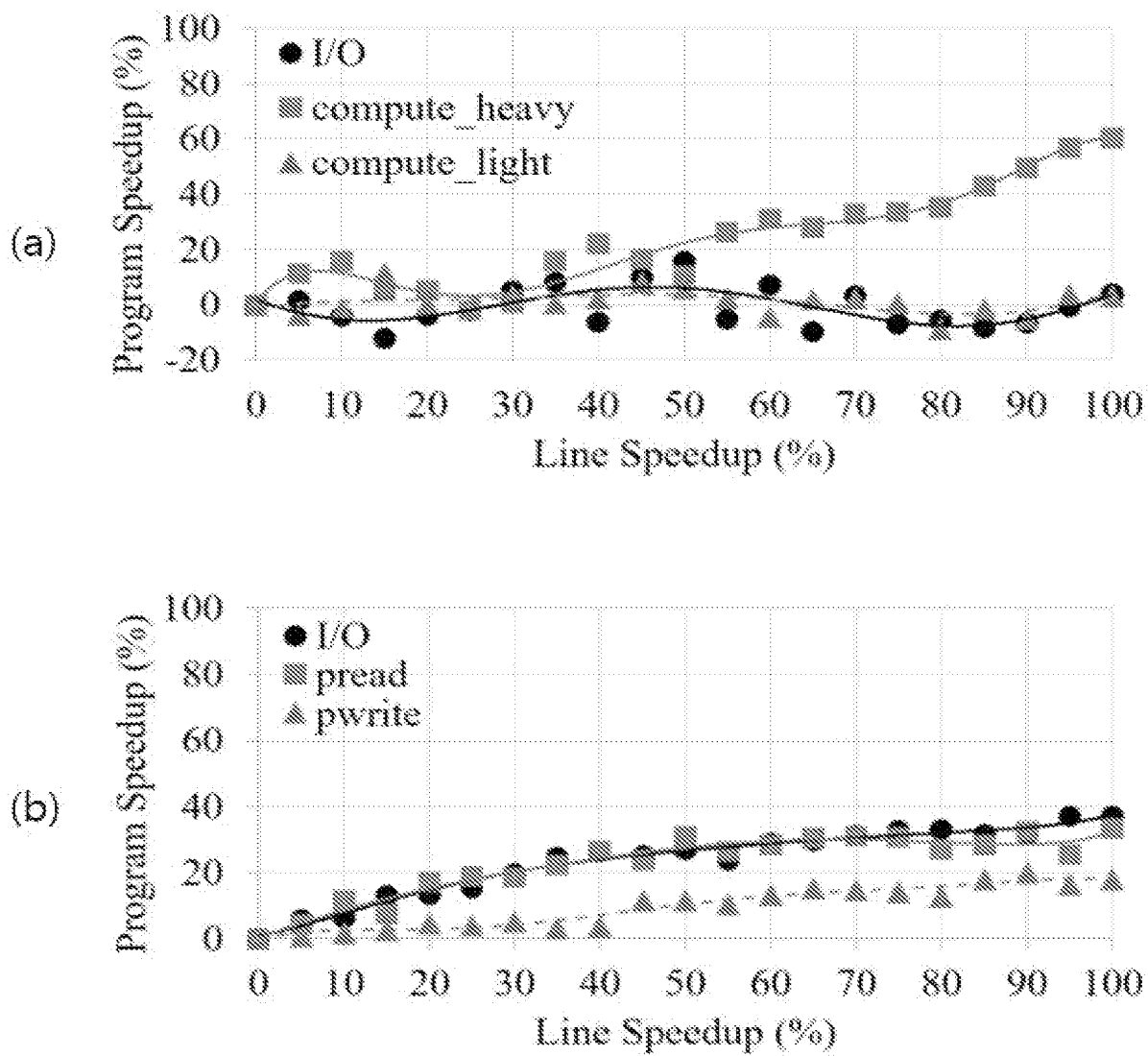
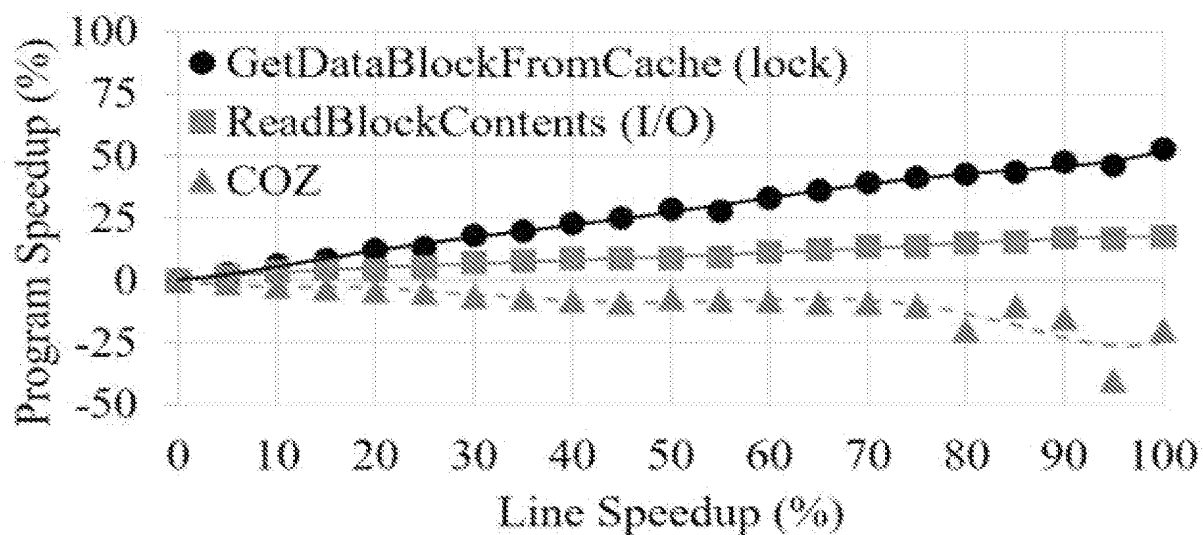
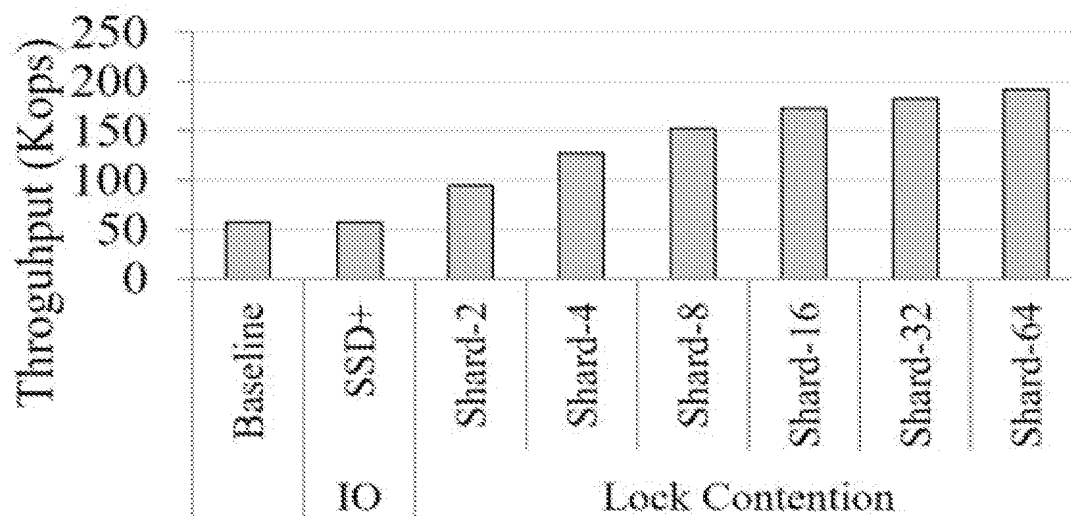


FIG. 8

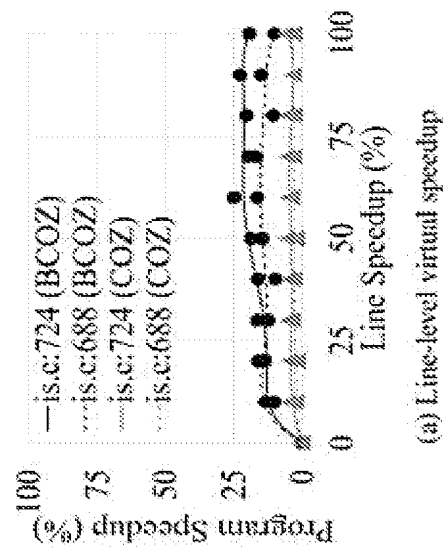


(a) Causality analysis

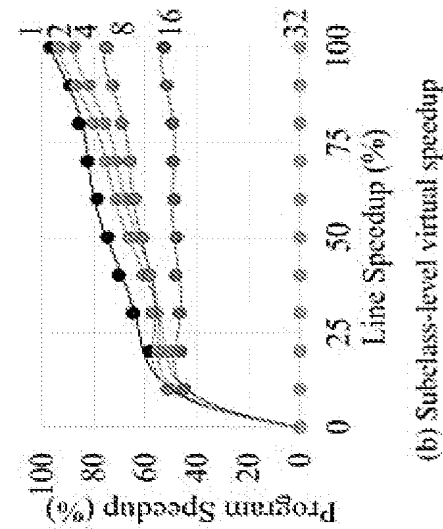


(b) Optimization results

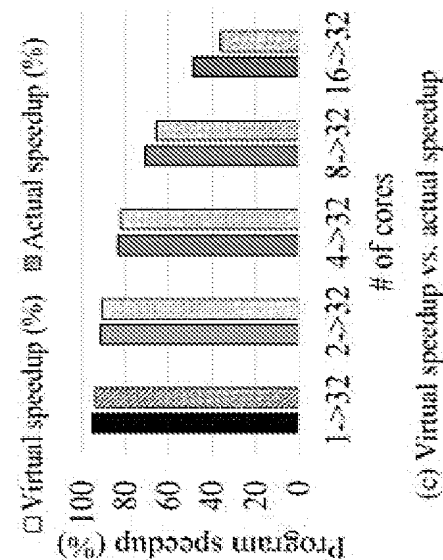
FIG. 9



(a) Line-level virtual speedup



(b) Sublass-level virtual speedup



(c) Virtual speedup vs. actual speedup