

## 國立高雄大學研究成果專利申請表

研究發展處

## National University of Kaohsiung Invention Disclosure Form

表號 Docket Number : \_\_\_\_\_

由研究發展處填寫 (To be filled by R&amp;D Office)

申請日期：2021 年 4 月 30 日

Application Date

修正日期：\_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

Revision Date

簽章 (如經審查須修正者請修正後填本欄)

Signature (Fill this column only after a revision)

## 一、專利申請名稱 Title of Invention

中文 Chinese	應用 LSTM 於伺服器計算資源使用量之分散式預測
英文 English	Apply LSTM to the distributed prediction of server resource usage

## 二、專利申請人 Applicant

姓名：張保榮 Name	所屬單位：國立高雄大學資訊工程學系 Affiliation
職稱：教授 A professional title	聯絡電話：07-5919797 Tel

## 三、本發明之經費來源 Funding Sources (若無經費來源此欄免填寫 Keep blank if No Funding Source)

計劃名稱 Title of Research Project	中文 Chinese		
	英文 English		
計畫編號 Project Number		計畫期間 Duration of research	
資助單位 Funding Agency	中文 Chinese		
	英文 English		
是否已申請其他專利 Has this patent applied for patent	<input type="checkbox"/> 本計畫已申請其它專利 Yes (未申請者不必勾選 No need to check if No) <input type="checkbox"/> 申請日期 Application Date _____ 年 (Year) _____ 月 (Month) _____ 日 (Day) 申請案名稱 Title of Invention :		
研究成果權利歸屬 Research result rights attribution	<input checked="" type="checkbox"/> 本校 <input type="checkbox"/> 科技部 <input type="checkbox"/> 農委會 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 共有單位 _____ (持有比例 __%) (若從未約定比例者, 免填比例)		

\*如研究成果與其他單位共有者, 請檢具該單位委託執行計畫之合約書或具法律效益之相關文件。

## 四、專利類別 Patent Type

<input checked="" type="checkbox"/> 發明 Invention	<input type="checkbox"/> 新型 utility model	<input type="checkbox"/> 設計 design
--	---	------------------------------------

## 五、申請國家 Countries to Apply for Patent (如欲申請國外專利, 請加填本校研究成果國際專利申請表)

<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 Taiwan R.O.C	理由 Reason: 洽談廠商等待技轉, 需要先行申請發明專利, 保護該作品智慧財產權。
<input type="checkbox"/> 美國 U.S.A.	理由 Reason:
<input type="checkbox"/> 其他地區: Other Area	理由 Reason:
<input type="checkbox"/> 其他地區: Other Area	理由 Reason:
發明人(或創作人)建議優先順序: List of priority	

## 六、發明人(或創作人)Inventors (請先確認創作人成員, 本案向智財局提出申請後請勿再變更或新增人員 Please confirm the creators list, do not change or add creators after submitting application to IPO)

1. 姓名 Name 發明人(或創作人)		中 文 張保榮	國籍 Citizenship 中華民國	
		English Bao Rong Chang	職稱 Job title 教授	
貢獻比率 Contribution Percentage	50%	身份證字號 ID No. E121521081	服務機關 Affiliation	國立高雄大學資訊工程學系
電子信箱 E-mail		brchang@nuk.edu.tw	電話及傳真 Tel.& Fax	(T) 07-5919797
				(F) 07-5919514
永久地址 Permanent Address		中 文 81148 高雄市楠梓區高雄大學路 700 號		
		English 700, Kaohsiung University Rd., Nanzih District, Kaohsiung, Taiwan 811		

1. 姓名 Name 發明人(或創作人)		中 文 陳冠儒	國籍 Citizenship 中華民國	
		English Guan Ru Chen	職稱 Job title 碩士生	
貢獻比率 Contribution Percentage	50%	身份證字號 ID No.T124364777	服務機關 Affiliation	國立高雄大學資訊工程學系
電子信箱 E-mail		g0930421313@gmail.com	電話及傳真 Tel.& Fax	(T) 0906537566
				(F) 08-7552542
永久地址 Permanent Address		中 文 屏東市大武里武士街 72 巷 33 號		
		English No. 33, Ln. 72, Wushi St., Pingtung City, Pingtung County 900054, Taiwan		

(2 位以上者, 請自行複製表格 Please extend this form if more than two inventors.)

## 七、擬提出之申請專利範圍 Suggested Claims (Optional)

領域別 (複選) Field Type (Multiple Selections)	<input type="checkbox"/> 電子工程 Electronic Engineering <input type="checkbox"/> 電機工程 Electrical Engineering <input type="checkbox"/> 電信工程 Telecommunication Engineering <input type="checkbox"/> 光電工程 Photonics Engineering <input checked="" type="checkbox"/> 資訊工程 Information Engineering <input type="checkbox"/> 機械工程 Mechanical Engineering <input type="checkbox"/> 控制工程 Control Engineering <input type="checkbox"/> 運輸工程 Transportation Engineering <input type="checkbox"/> 航太工程 Aerospace Engineering <input type="checkbox"/> 化學工程 Chemical Engineering <input type="checkbox"/> 材料工程 Materials Engineering <input type="checkbox"/> 環境工程 Environmental Engineering <input type="checkbox"/> 土木工程 Civil Engineering <input type="checkbox"/> 醫學工程 Biomedical Engineering <input type="checkbox"/> 醫藥衛生 Pharmacy and Hygiene <input type="checkbox"/> 農業技術 Agricultural Technology <input type="checkbox"/> 生物技術 Biological Technology <input type="checkbox"/> 食品科技 Food Technology <input type="checkbox"/> 數學 Mathematics <input type="checkbox"/> 物理 Physics <input type="checkbox"/> 化學 Chemistry <input type="checkbox"/> 地球科學 Earth Science <input type="checkbox"/> 人文科學 Humanities and Applied Science <input type="checkbox"/> 社會科學 Social Science <input type="checkbox"/> 教育科學 Educational Science <input type="checkbox"/> 其他 Others _____
產業別 (複選) Industry Type (Multiple Selections)	<input type="checkbox"/> 積體電路產業 Semiconductor <input type="checkbox"/> 通訊產業 Telecommunications <input checked="" type="checkbox"/> 電腦及週邊產業 Computers and Peripherals <input type="checkbox"/> 光電產業 Photonics <input type="checkbox"/> 精密機械產業 Precision Machinery <input type="checkbox"/> 運輸工具產業 Transportation <input type="checkbox"/> 機械設備製造業 Machinery Equipment <input type="checkbox"/> 製藥工業 Pharmacy <input type="checkbox"/> 農藥工業 Agriculture <input type="checkbox"/> 生物技術產業 Biological Technology <input type="checkbox"/> 食品製造業 Food Manufacturing <input type="checkbox"/> 電子產業 Electronics <input type="checkbox"/> 紡織業 Textile <input type="checkbox"/> 化學材料製造業 Chemical Materials Manufacturing <input type="checkbox"/> 出版業 Publishing <input type="checkbox"/> 石油及煤製品製造業 Petroleum and Coal Manufacturing <input type="checkbox"/> 金屬製品製造業 Metal Manufacturing <input type="checkbox"/> 非金屬製品製造業 Non-Metal Manufacturing <input type="checkbox"/> 顧問諮詢業 Consulting <input type="checkbox"/> 營建業 Construction <input type="checkbox"/> 其他 Others _____
技術成熟度 Technology Readiness Level	<input type="checkbox"/> 基礎研究成果 (TRL1、2) <input type="checkbox"/> 雛形系統技術 (TRL3、4) <input checked="" type="checkbox"/> 轉譯階段 (TRL5~7) <input type="checkbox"/> 大量生產技術 (TRL8、9) *成熟度說明如附表 (最後一頁)
技術移轉狀況 Status of Technology Transfer	<input type="checkbox"/> 目前尚無 None <input checked="" type="checkbox"/> 洽談中廠商 In contact: <u>台灣恩智浦半導體股份有限公司</u> <input type="checkbox"/> 已簽訂技術轉合約廠商 Contracted: _____

八、中文摘要 Chinese Abstract (載明本發明創作背景、目的及可能的應用，若有必要時，請以圖表示。Please indicate the background, purpose, and enumerate at least one potential application, with graphical aids if necessary, of this invention.)

雲端運算透過網際網路共享運算資源，最適化的分配計算資源給使用者。隨著用戶數量增加以及龐大的工作負載，導致伺服器崩潰和停機，也迫使各項服務被終止或暫停。Zabbix Server 監控資料中心伺服器的資源使用量，並在使用率高於 70% 時發出警告訊息，但此方案缺乏預判性。本論文模擬在 Spark 叢集下，使用 TensorflowOnSpark 將 RNN 模型布署在多機環境，透過接收 Zabbix Server 的時間序列監控資料，預測未來可能發生的異常狀態。它能在多機、多工的環境下執行快速的分散式預測，提早預測異常狀態發生，實施有效的預測性維護。

九、本發明之特色(Features of the Invention) 請具體指出本發明或創作方法、構造、形狀、成份、組成，具有創新、新穎性、進步性、產業上利用性等獨特之技術部分。(Please indicate the method, structure, shape, constitute, or component of this invention, and all unique technologies with invention, novelty, advancement, industrial applicability.)

近年來，雲端運算和虛擬化技術的興起，許多企業將應用程式布署在各自的資料中心，並由資料中心分配使用者部分資源為使用者提供服務。資源的集成在管理上大幅度的減少應用的維護成本，但資料中心結合了多台的伺服器運算，伺服器的崩潰或故障會是一項難題。現今產生的資料量龐大，以 Twitter 為例，該社群每天必須處理生成的 7TB 資料，處理對於資料庫管理與容錯性也是一項重要的課題。傳統的關聯式資料庫無法承受大量的寫入資料以及需快速回應的查詢，一般透過升級硬體資源的垂直擴充方式能提升的效率是有限的，也會發生單機運作時故障的問題，導致系統無法維持當前的服務。使用平行擴充的分散式資料庫在近年來快速發展，解決了資料的處理速度以及增加了容錯性，現今常見的分散式資料框架有 Hadoop、MongoDB。

伺服器的監控資料屬於長時間序列型資料，本論文模擬接收台灣恩智浦半導體股份有限公司之 Zabbix Server 資料。在分部式環境下布署時序性深度學習模型 LSTM，此模型用於監控記憶體使用量百分比資料，在異常狀態發生前提早輸出警告訊息，達到即時性的預測性維護功能。

## 研究方法

本章節將會敘述研究的概念與步驟，並且了解分散式預測的流程。

### 4.1. 研究概念

本文透過建立兩台虛擬機器模擬資料中心的多部主機下時間序列預測的情境，首先安裝 Hadoop、Spark 建立叢集式環境，並以 TensorflowOnSpark 布署預訓練 LSTM 模型。透過擷取 HDFS 裡的批次 Zabbix Server 資料預測未來的可能記憶體使用量，設定閾值判定異常。

### 4.2. 研究步驟

根據下列步驟將先以 Windows10 作業系統下建立預訓練模型，再以虛擬 Ubuntu 18.04 系統上建置 Hadoop、Spark 大數據處理框架，透過 TensorflowOnSpark 布署模型實現分散式預測。

(1) 在 Window10 環境安裝 Anaconda 深度學習環境，建立 Anaconda 虛擬環境並安裝深度學習相關套件，如 Table 1 所示。

Table 1. Packages version in Windows 10

Package	Version
Python	3.8
Cuda	11.1
Cudnn	8.05
Tensorflow	2.5 (tf-nightly)

本文以 Jupyter Notebook 為主要開發環境建立預訓練的 LSTM 模型，使用 Zabbix Server 資料集作為訓練樣本如 Fig. 1 所示。對分配的記憶體與使用量數據前處理，計算出記憶體使用的百分率做為新的欄位，如 Fig. 2 所示。

Date	Allocate memory	Used
2021/2/23 15:55	1614066930	1245582936
2021/2/23 15:54	1614066870	1175337280
2021/2/23 15:53	1614066810	1267484624
2021/2/23 15:52	1614066750	1394843936
2021/2/23 15:51	1614066690	1157554888
2021/2/23 15:50	1614066630	1461960488
2021/2/23 15:49	1614066570	1667328864
2021/2/23 15:48	1614066510	1971732576
2021/2/23 15:47	1614066450	1398642808
2021/2/23 15:46	1614066390	1348844224
2021/2/23 15:45	1614066330	1273518456
2021/2/23 15:44	1614066270	1619646712
2021/2/23 15:43	1614066210	1888977976
2021/2/23 15:42	1614066150	1748618152
2021/2/23 15:41	1614066090	1815134960
2021/2/23 15:40	1614066030	1242713968

Fig. 1. Dataset in Traditional Zabbix server

Date	Allocate memory	Used	%used
2021/2/23 15:55	1614066930	1245582936	77.17046
2021/2/23 15:54	1614066870	1175337280	72.81838
2021/2/23 15:53	1614066810	1267484624	78.5274
2021/2/23 15:52	1614066750	1394843936	86.41798
2021/2/23 15:51	1614066690	1157554888	71.71667
2021/2/23 15:50	1614066630	1461960488	90.57622
2021/2/23 15:49	1614066570	1667328864	103.2999
2021/2/23 15:48	1614066510	1971732576	122.1593
2021/2/23 15:47	1614066450	1398642808	86.65336
2021/2/23 15:46	1614066390	1348844224	83.56808
2021/2/23 15:45	1614066330	1273518456	78.90125
2021/2/23 15:44	1614066270	1619646712	100.3457
2021/2/23 15:43	1614066210	1888977976	117.0322
2021/2/23 15:42	1614066150	1748618152	108.3362
2021/2/23 15:41	1614066090	1815134960	112.4573
2021/2/23 15:40	1614066030	1242713968	76.99276
2021/2/23 15:39	1614065970	1740030160	107.8042
2021/2/23 15:38	1614065910	1615727912	100.103
2021/2/23 15:37	1614065850	1468381848	90.9741

Fig. 2. Add a column showing usage percentage

本文將 10 月的資料及作為訓練集以及 11 月資料做為測試集。擷取出記憶體使用率欄位作為訓練資料，以 RobustScaler 對資料進行歸一化。使用一個長度為 60 的滑動窗口掃描資料作為輸入，並將第 61 的時間點資料作為預測值，如 Fig. 3 所示。

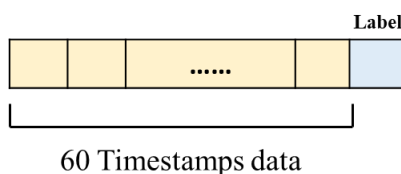


Fig. 3. Training data and its label

(2) 使用 Tensorflow.keras 建立 LSTM 網路，超參數設置，如 Table 2 所示。

Table 2 . Hyper parameter settings.

Hyper parameter	Value
Optimizer	Adam
Learning rate	0.0001
Epoch	50
Batch size	32

(3) 使用 Mean Square Error (MAE)和 Root Mean Square Error (RMSE)來評估模型表現，並將真實值與預測值以視覺化套件 matplotlib 做擬合度比對，如 Fig. 4 所示。評估出最佳表現模型後儲存預訓練模型。

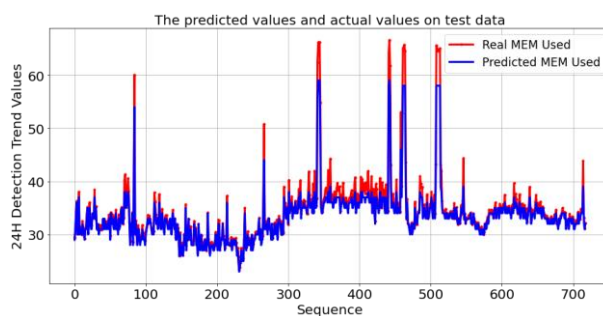


Fig. 4. Plot real and predicted data trend

- (4) 使用 VMWare Workstation Player 15 新建兩台虛擬機，安裝 Ubuntu18.04 作業系統。將虛擬機資源配置為 4 核心處理器與 8GB 記憶體，如 Fig. 5 所示。

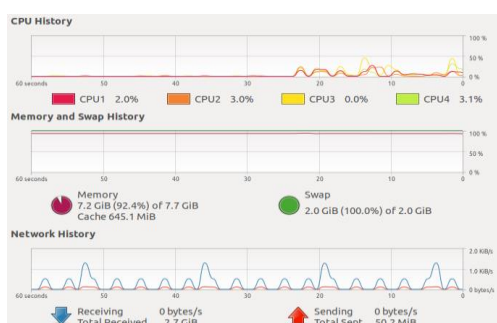


Fig. 5. Resource allocation of a virtual machine

- (5) 安裝 Hadoop、Spark 並配置網路通訊與主要節點(Master)及工作節點(Worker)並設置，如 Table 3 所示。

Table 3. Worker node configuration.

Node	Role	Core	Memory
Master	Master/Worker	4	4.0 GB
Slave1	Worker	4	4.0 GB

本文以 Master 節點及 Slave1 節點作為 Worker，啟動時每個節點各分配 4GB 記憶體及 4 個 CPU 核心，並透過瀏覽器搜尋 Master IP 觀察叢集啟動狀態，如 Fig. 6 所示。



Fig. 6. Browsing the status of resource allocation in Spark cluster

- (6) 將 Zabbix Server 資料集上傳至 HDFS，如 Fig. 7 所示。

Browse Directory

/usr/local/TensorFlowOnSpark/Zabbix\_24hr\_prediction/Tf05\_Server\_failure\_prediction/predictions

Show 25 entries

Permission	Owner	Group	Size	Last Modified	Replication	Block Size	Name
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 16:54	0	0 B	20210225165454-prediction
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 16:56	0	0 B	20210225165623-prediction
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 17:07	0	0 B	20210225170739-prediction
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 17:09	0	0 B	20210225170907-prediction
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 17:17	0	0 B	20210225171719-prediction
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 17:23	0	0 B	20210225172332-prediction
drwxr-xr-x	master	supergroup	0 B	Feb 25 17:28	0	0 B	20210225172802-prediction

Fig. 7. Browsing the current HDFS file

- (7) 在各節點的 Ubuntu 18.04 虛擬機安裝 Tensorflow、TensorflowOnSpark 套件與相關函示庫，如 Table 4 所示。

Table 4. Related packages

Package	Version
Python	3.7.9
Spark	2.4.7
Pyspark	2.4.3
Tensorflow	2.4.0
TensorflowOnSpark	2.2.2
h5py	2.10.0

設定 Spark-submit 運作參數，如 Table 5 所示。

Table 5. Environment-related variables

Item	Value
MASTER	spark://master:7077
SPARK_WORKER_INSTANCES	2
CORES_PER_WORKER	4
TOTAL_CORES	8

- (8) 開啟 Hadoop、Spark 叢集，使用 Spark submit 指令提交 TensorflowOnSpark 預測任務至 Worker 節點執行。程式啟動 SparkSession，以 Spark Dataframe 形式讀取 HDFS 的 Zabbix Server 資料集，如 Fig. 8 所示。

Date	time	Allocate memory	%used
2020/10/31	23:57:45	1604159865	28.9751
2020/10/31	23:54:45	1604159685	29.1521
2020/10/31	23:51:46	1604159506	29.1743
2020/10/31	23:48:45	1604159325	29.1402
2020/10/31	23:45:45	1604159145	29.2647
2020/10/31	23:42:45	1604158965	32.4504
2020/10/31	23:39:45	1604158785	32.0434
2020/10/31	23:36:45	1604158605	28.6646
2020/10/31	23:33:45	1604158425	28.6526
2020/10/31	23:30:45	1604158245	28.69
2020/10/31	23:27:45	1604158065	28.7397
2020/10/31	23:24:45	1604157885	29.4536
2020/10/31	23:21:45	1604157705	36.4365
2020/10/31	23:18:45	1604157525	28.4255
2020/10/31	23:15:45	1604157345	28.4397
2020/10/31	23:12:45	1604157165	47.2841
2020/10/31	23:09:45	1604156985	42.4009
2020/10/31	23:06:46	1604156806	28.5816
2020/10/31	23:03:45	1604156625	37.2331
2020/10/31	23:00:45	1604156445	28.5331
2020/10/31	22:57:46	1604156266	28.7349
2020/10/31	22:54:46	1604156086	28.7761
2020/10/31	22:51:45	1604155905	28.7051
2020/10/31	22:48:46	1604155726	30.8753
2020/10/31	22:45:45	1604155545	30.6947
2020/10/31	22:42:46	1604155366	31.1014
2020/10/31	22:39:45	1604155185	31.1166
2020/10/31	22:36:45	1604155005	31.1586
2020/10/31	22:33:45	1604154825	31.2616
2020/10/31	22:30:45	1604154645	31.1283

Fig. 8. Dataframe as the test sample

TensorflowOnSpark 透過 Pipeline 選取資料集中的「%used」欄位，由 Tensorflowonspark.pipeline.TFModel Transformer 轉換成含預測資料的 Dataframe，如 Fig. 9 所示。

```

model = TFModel(args) \
    .setInputMapping({'%used': 'lstm_16_input'}) \
    .setOutputMapping({'dense_6': 'prediction'}) \
    .setSignatureDefKey('serving_default') \
    .setExportDir(args.export_dir) \
    .setBatchSize(args.batch_size)

preds = model.transform(mem_data)

```

Fig. 9. Transform input column to predicted output column

整合輸出的 Dataframe 資料以 Json 形式儲存至 HDFS，如 Fig. 10 所示。

```

{"Datetime": ["2020/10/31-21:00:45"], "prediction": [28.98306818528387]}
{"Datetime": ["2020/10/31-19:03:45"], "prediction": [28.37502020769]}
{"Datetime": ["2020/10/31-17:21:45"], "prediction": [30.538711022187634]}
{"Datetime": ["2020/10/31-11:06:46"], "prediction": [30.289518472663445]}
{"Datetime": ["2020/10/30-20:48:45"], "prediction": [30.8664822379639]}
{"Datetime": ["2020/10/30-14:09:45"], "prediction": [27.027726794554468]}
{"Datetime": ["2020/10/30-12:45:45"], "prediction": [29.96630113476114]}
{"Datetime": ["2020/10/30-03:00:45"], "prediction": [30.65801230520617]}
{"Datetime": ["2020/10/29-19:48:45"], "prediction": [29.592936919485325]}
{"Datetime": ["2020/10/29-13:18:45"], "prediction": [28.283109637408685]}

```

Fig. 10. Write a JSON file and save it to HDFS.

若 HDFS 預測輸出大於閾值即發出警報。警報訊息包含時間與預測流量，如 Fig. 11 所示。

```

21/03/17 03:43:01 INFO TaskSetManager: Finished task 4.0 in stage 9.0 (TID 28) in 83 ms on
21/03/17 03:43:01 INFO TaskSetManager: Finished task 7.0 in stage 9.0 (TID 31) in 30 ms on
21/03/17 03:43:01 INFO TaskSchedulerImpl: Removed TaskSet 9.0, whose tasks have all comple
21/03/17 03:43:01 INFO DAGScheduler: ResultStage 9 (collect at /usr/local/TensorFlowOnSpar
ediction/NXP_inference.py:105) finished in 0.286 s
21/03/17 03:43:01 INFO DAGScheduler: Job 9 finished: collect at /usr/local/TensorFlowOnSpar
ediction/NXP_inference.py:105, took 0.297305 s

Warning! Anomaly memory usage rate is predicted : 2020/10/26-21:42:45 : 56.17158749845129

21/03/17 03:43:02 INFO SparkContext: Invoking stop() from shutdown hook
21/03/17 03:43:02 INFO SparkUI: Stopped Spark web UI at http://master:4048
21/03/17 03:43:02 INFO StandaloneSchedulerBackend: Shutting down all executors
21/03/17 03:43:02 INFO CoarseGrainedSchedulerBackend$DriverEndpoint: Asking each executor
21/03/17 03:43:02 INFO MapOutputTrackerMasterEndpoint: MapOutputTrackerMasterEndpoint stop

```

Fig. 11. Send a warning message



## 實驗結果與討論

本文將討論時間序列模型 LSTM 訓練成果分析以及在叢集運算環境即時在線預測的成效。

### 5.1. LSTM 模型訓練結果討論

本論文使用 NXP 雲端應用 Oplus 兩個月的記憶體使用率作為訓練資料，Oplus 為使用度較高的應用，故波動較大，如 Fig. 12 所示。

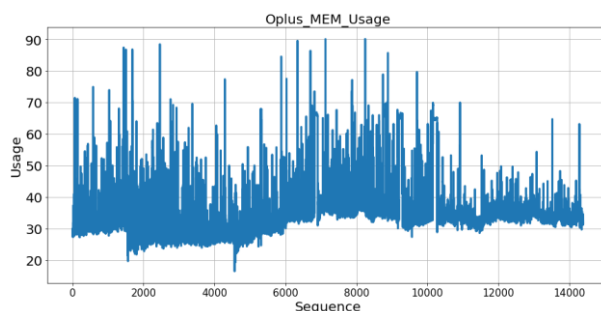


Fig. 12. Oplus application memory usage trend

由於資料在高頻率的蒐集下產生了複雜波動的資料，容易導致網路學習效果不佳，因此對資料集重新採樣。使用採樣頻率為每小時資料的平均做為樣本重新訓練如 Fig. 13 所示。

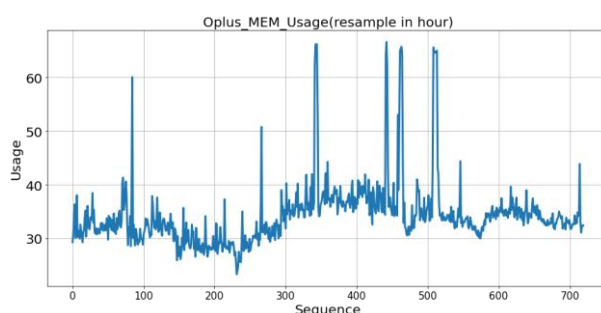


Fig. 13. Oplus data resamples in hours

本文分別使用 LSTM、BLSTM、Deep LSTM、Deep BLSTM 下訓練，網路參數設置如 Table 6 所示。

Table 6. LSTM hyperparameter settings

Model	Layer type	Layer	Units
LSTM	LSTM	1	64
BLSTM	Bidirectional LSTM	1	64
Deep LSTM	LSTM	3	64
Deep BLSTM	Bidirectional LSTM	3	64

使用 50 Epoch 和 32 Batch 超參數下訓練，最後計算真實資料與預測資料的 MAE、RMSE，實驗結果如 Table 7 所示。

Table 7. Model performance evaluation

Model	MAE	RMSE
LSTM	2.34	4.41
BLSTM	1.64	3.35
Deep LSTM	1.20	3.48
<b>Deep BLSTM</b>	<b>0.86</b>	<b>1.56</b>

由實驗結果發現當 LSTM 加入雙向回饋機制後，資料的擬合度皆有上升，同時適當加深網路層數能更準確的預測未來資源使用量。以視覺化圖表觀察擬合情形，發現當資料預測出高使用量時，並未確實的擬合到真實的資料，實務上會因為預測出的高峰值不足以觸發警報而造成損失。

## 5.2. 分散式異常狀態預測

本文對於分布式預測框架 TensorflowOnSpark 做測試，每次執行以批次資料傳輸至 Worker 預測資源使用量，統計 30 次執行時間的平均，如 Fig. 14 所示。

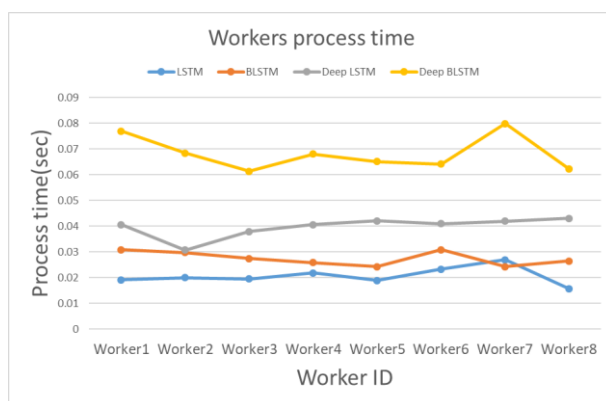


Fig. 14. Workers average processing time

實驗結果顯示，分布式預測運算時間平均值隨著模型的加深和複雜化，預測的時間加長了約 0.06 秒，而加入了雙向的 LSTM 網路使得模型的預測時間加長約 70%，但每個 Worker 的計算時間約在 0.1 秒以內，對於在線預測的使用情境上能有足夠的反應時間。

十、本發明是否已公開？ Has the invention ever been described in any publications, posters, reports or oral presentation?

<input type="checkbox"/> 是 Yes	若是，請註明發表之時間及場所：If yes, please indicate the date and location.
<input checked="" type="checkbox"/> 否 No	若否，預計公開之日期：If no, please indicate the anticipated disclosing date 2022.4.30

公開之目的 The purpose of disclosure	請在適當空格內勾選 Please check the appropriate box <input type="checkbox"/> 學術刊物發表 Publication (紙本或網路刊登，以最先發表的日期為公開日 Here indicates the first announcement date found either in hard copy or soft copy form) <input type="checkbox"/> 學術研討會發表 Symposium(研討會的第一天為公開日 Here indicates the first day of the seminar.) <input type="checkbox"/> 公開演講 Public speech (專利方法核心技術 Core technique of the patent.) <input type="checkbox"/> 展覽 Exhibition <input type="checkbox"/> 其他 Other_____
------------------------------------	--

★為維持申請專利內容之新穎性，請勿在申請前，發表相關內容之論文。若已先行發表，請檢附本計劃同意函，並註明其發表日期及與專利內容之相關程度。**(※註：依據中華民國專利法第二十二條第二項之規定，技術公開後需在六個月內提出申請，擬不喪失新穎性。)** For the purpose of patent application (to maintain the novelty of your findings), please do not publish any of your invention before application. If you have already revealed part(s) of the invention to the public, please write down the date and their relevance to your current invention disclosure. ※ In accordance with the Republic of China patent law of clause 2 of article 22, patent shall be proposed immediately after any forms of publication.

十一、相關先前技術調查情形 Prior Arts (Optional) 專利申請範圍直接相關技術或已發表之文獻，例如學位論文、期刊論文、會議論文、技術報告等 (The investigation scope shall directly relate to the any literatures, such as thesis, periodic, conference paper, and technique reports.)

(請詳細敘述已查詢之文獻資料與本次申請發明專利有何區別，請提供至少十篇)

- [1] D. Lunga, J. Gerrand, L. Yang, C. Layton and R. Stewart, "Apache Spark Accelerated Deep Learning Inference for Large Scale Satellite Image Analytics," in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 13, pp. 271-283, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2019.2959707.

本文使用 Apache Spark 集群加速大量遙感影像之語義分割任務，將 28 天的工作量減少至 21 小時。本專利將此概念應用在伺服器資源預測，透過集群分散處理以加速大量資料流的預測，匯總結果後做分析減少計算壓力。

- [2] L. Hussain, S. Banarjee, S. Kumar, A. Chaubey and M. Reza, "Forecasting Time Series Stock Data using Deep Learning Technique in a Distributed Computing Environment," 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), Greater Noida, India, 2018, pp. 489-493, doi: 10.1109/GUCON.2018.8675076.

本文使用集群分散式訓練 RNN，透過為節點分配不同的參數做 Data parallelize 訓練，本專利將 Data parallelize 概念應用於改善資源預測之工作流程，減少處理速度。

- [3] Aspri, Maria, Grigorios Tsagkatakis, and Panagiotis Tsakalides. "Distributed Training and Inference of Deep Learning Models for Multi-Modal Land Cover Classification." *Remote Sensing* 12.17 (2020): 2670.

本文使用 TensorflowOnSpark(TFoS)訓練和推論土地覆蓋分類任務，TFoS 大多以影像分

散學習居多。本專利將其改良為以資料為主的預測任務，使用分散式架構減少大量資料的預測延遲。

- [4] S. Gupta and D. A. Dinesh, "Online adaptation models for resource usage prediction in cloud network," 2017 Twenty-third National Conference on Communications (NCC), Chennai, India, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/NCC.2017.8077082.

本文對 CPU 使用量做多步預測，提前預測未來幾步的可能流量。本專利使用重新採樣方式，以每小時的平均流量作為預測結果，讓管理單位有更多準備時間。

S. Gupta and D. A. Dinesh, "Resource usage prediction of cloud workloads using deep bidirectional long short term memory networks," 2017 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS), Bhubaneswar, India, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ANTS.2017.8384098.

本文提出資源使用量具有對長時間未來和過去依賴性，提出了使用雙向的 RNN 預測。在資源預測的任務裡，神經網路不僅需要更有深度的學習，也需要考慮對於過去與未來資訊的依賴性。

- [5] S. N. Rao, G. Shobha, S. Prabhu and N. Deepamala, "Time Series Forecasting methods suitable for prediction of CPU usage," 2019 4th International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solution (CSITSS), Bengaluru, India, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/CSITSS47250.2019.9031015.

本文提出 ARIMA 和 LSTM 在 CPU 使用率預測上的適應度，實驗結果顯示 LSTM 更適合解決此問題的預測方法。

- [6] K. Thonglek, K. Ichikawa, K. Takahashi, H. Iida and C. Nakasan, "Improving Resource Utilization in Data Centers using an LSTM-based Prediction Model," 2019 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER), Albuquerque, NM, USA, 2019, pp. 1-8, doi: 10.1109/CLUSTER.2019.8891022.

本文改善了現今資料中心過度分配資源和資源使用率低的問題，但該文章推論時間長，無法因應瞬變的資源分配。本專利的分散式處理架構可以大程度改善推理時間。

- [7] J. Liu, X. Tan and Y. Wang, "CSSAP: Software Aging Prediction for Cloud Services Based on ARIMA-LSTM Hybrid Model," 2019 IEEE International Conference on Web Services (ICWS), 2019, pp. 283-290, doi: 10.1109/ICWS.2019.00055.

本文提出了一個適合預測雲端服務的 Hybrid Model，本專利的分散式處理架構具備分

散與結合運作，未來可部屬 Hybrid Model 的工作流程。

- [8] K. Aziz, D. Zaidouni and M. Bellafkih, "Real-time data analysis using Spark and Hadoop," 2018 4th International Conference on Optimization and Applications (ICOA), 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICOA.2018.8370593.

本文提出了以 Hadoop 和 Spark 的即時資料處理效能。本專利基於此架構使用 TensorflowOnSpark 加速深度學習模型推論效能。

- [9] Deborah Magalhães, Rodrigo N. Calheiros, Rajkumar Buyya, Danielo G. Gomes, Workload modeling for resource usage analysis and simulation in cloud computing, Computers & Electrical Engineering, Volume 47, 2015, Pages 69-81, ISSN 0045-7906,

本文提到了有效的資源預測能提高系統的服務品質(QoS)。

- [10] M. Duggan, K. Mason, J. Duggan, E. Howley and E. Barrett, "Predicting host CPU utilization in cloud computing using recurrent neural networks," 2017 12th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), 2017, pp. 67-72, doi: 10.23919/ICITST.2017.8356348.

本文提出 RNN 可以更準確的預測，減少數據中心總體能源消耗。本專利可以透過資源使用率預測發出訊息，通知管理人員關閉未充分使用資源的主機。

## 十二、發明人(或創作人)專利費用分攤協議(Inventor's patent expenses share in agreement)

經本研發成果所衍生之相關權益義務，將依「國立高雄大學研究發展成果及技術移轉管理辦法」辦理。請發明人(或創作人)自行決定專利申請費用分攤比率方案(共有 A、B、C 三種，請擇一)，日後有關發明人(或創作人)專利申請費用分攤及權益收入分配，將依此協議辦理。

The related rights and obligation from this invention shall follow Pertinent Regulation of the NUK. The inventor shall decide the patent expense, and the ratio of Royalty income from the one of the following choices (see table below). Inventor's patent expense and Royalty income will follow this agreement.

專利費用分攤比率方案 Selection of Patent Expenses and Royalty ratio	專利申請費用分攤 Patent Expenses (%)			權益收入分配比例 Royalty income(%)		
	校方 (University)	發明人 (或創作人) (Inventor)	院系所 (College, Department)	校方 (University)	發明人 (或創作人) (Inventor)	院系所 (College, Department)
<u>A</u>	<u>55%</u>	<u>40%</u>	<u>5%</u>	<u>30%</u>	<u>65%</u>	<u>5%</u>
<u>B</u>	<u>35%</u>	<u>60%</u>	<u>5%</u>	<u>20%</u>	<u>75%</u>	<u>5%</u>
<u>C</u>	<u>0%</u>	<u>95%</u>	<u>5%</u>	<u>10%</u>	<u>85%</u>	<u>5%</u>

本案經所有發明人(或創作人)一致同意選擇\_\_A\_\_案為專利費用分攤比率辦理。

All of the inventors agree with selection \_\_A\_\_ as patent share ratio.

專利申請人(Representative Inventor)：\_\_\_\_\_ (簽章 signature)

2021 年(year) 4 月(month) 30 日(day)

十三、曾申請本校專利者，請填寫下列資料，若無申請專利者此欄免填寫。(Full out the following blanks if the inventors had any patent at NUK.)

1. 專利申請案 (Patent Case):

申請日期 Application Date: 2019 年 4 月 17 日	核准日期 Approval Date: 2019 年 4 月 1 日
專利號 Patent NO.:	專利名稱 Patent Name: 雲空氣品質監測系統
專利所有權人 Patent owner: 張保榮、顏鈺祐、郭秀卿	
<input checked="" type="checkbox"/> 國立高雄大學 National University of Kaohsiung <input type="checkbox"/> 共有單位 Joint organization: _____	
<input type="checkbox"/> 其他 Other: _____	
技術移轉廠商 Owner whom the technology was transferred to:	
<input type="checkbox"/> 目前尚無 None <input checked="" type="checkbox"/> 洽談中廠商 In contact: <input type="checkbox"/> 已簽訂合約廠商 contracted:	
(預定)技術移轉日期 Expected date of technology transfer:	
(預定)技術移轉金額 Expected amount of technology transfer:	

申請日期 Application Date: 2018 年 9 月 25 日	核准日期 Approval Date: 2020 年 4 月 1 日
專利號 Patent NO.:	專利名稱 Patent Name: 大數據之資料擷取方法及系統
專利所有權人 Patent owner: 張保榮、李昀達	
<input checked="" type="checkbox"/> 國立高雄大學 National University of Kaohsiung <input type="checkbox"/> 共有單位 Joint organization: _____	
<input type="checkbox"/> 其他 Other: _____	
技術移轉廠商 Owner whom the technology was transferred to:	
<input type="checkbox"/> 目前尚無 None <input checked="" type="checkbox"/> 洽談中廠商 In contact: <input type="checkbox"/> 已簽訂合約廠商 contracted:	
(預定)技術移轉日期 Expected date of technology transfer:	
(預定)技術移轉金額 Expected amount of technology transfer:	

申請日期 Application Date: 2018 年 2 月 13 日	核准日期 Approval Date: 2018 年 8 月 21 日
專利號 Patent NO.: M565839	專利名稱 Patent Name: 雲端進銷存系統巨量資料之商業智慧分析
專利所有權人 Patent owner: 張保榮、林鈺倫	
<input checked="" type="checkbox"/> 國立高雄大學 National University of Kaohsiung <input type="checkbox"/> 共有單位 Joint organization: _____	
<input type="checkbox"/> 其他 Other: _____	
技術移轉廠商 Owner whom the technology was transferred to:	
<input type="checkbox"/> 目前尚無 None <input checked="" type="checkbox"/> 洽談中廠商 In contact: <input type="checkbox"/> 已簽訂合約廠商 contracted:	

(預定)技術移轉日期 Expected date of technology transfer:
(預定)技術移轉金額 Expected amount of technology transfer:

申請日期 Application Date: 2017 年 12 月 8 日	核准日期 Approval Date: 2019 年 3 月 1 日
專利號 Patent NO.: I654573B	專利名稱 Patent Name: 結合物聯網與行動裝置之行動支付系統
專利所有權人 Patent owner: 張保榮、黃熙忠 <input checked="" type="checkbox"/> 國立高雄大學 National University of Kaohsiung <input type="checkbox"/> 共有單位 Joint organization: _____ <input type="checkbox"/> 其他 Other: _____	
技術移轉廠商 Owner whom the technology was transferred to: <input checked="" type="checkbox"/> 目前尚無 None <input type="checkbox"/> 洽談中廠商 In contact: <input type="checkbox"/> 已簽訂合約廠商 contracted:	
(預定)技術移轉日期 Expected date of technology transfer:	
(預定)技術移轉金額 Expected amount of technology transfer:	

(表格不敷使用請自行延伸; Add this table if required)

## 十四、附件 Appendix

準備資料 (Enclosed Document)	<input type="checkbox"/> 檢索資料 Information retrieved
	<input checked="" type="checkbox"/> 計畫經費核定清單影本(科技部計畫者) Copy of NSC approved research grants list
	<input type="checkbox"/> 研究計畫合約書影本(非科技部計畫者) Copy of non-NSC research project contracts
	<input type="checkbox"/> 相關學術論文報告 Related academic research reports (專利申請人得視需要自行斟酌檢送 Submit appropriate documents based on your own judgment)
	<input type="checkbox"/> 其他 Other _____

## 十五、同意條款

1. 同意以「國立高雄大學」列為上述發明在專利申請國家之所有權人。

(By signing, the inventors hereby agree to assign ownership in the above invention and it's patents to National University of Kaohsiung in the nations where the patents is applied)

2. 同意將來若有智財收益分配於發明人(或創作人)的部份，由專利申請人代為通知研究發展處其它發明人(或創作人)之分配比例。
3. 上述資料之技術內容確為發明人(或創作人)之創作研發，其智慧財產權非歸屬或涉及或包含第三人之智慧財產權屬，或如有相關情事，已如實充分揭露，若致生爭議或損害，同意由專利申請人代表出面解決並負擔相關責任。
4. 本技術取得專利後，同意校方協助推廣。
5. 同意國立高雄大學為專利申請、維護、核駁答辯、績效統計、推廣行銷之目的，蒐集、

處理、利用本申請表所提供之資料。

發明人(或創作人) Inventor : \_\_\_\_\_ (簽名或蓋章 signature) 日期 Date : \_\_\_\_\_

發明人(或創作人) Inventor : \_\_\_\_\_ (簽名或蓋章 signature) 日期 Date : \_\_\_\_\_

(2 位以上者，請自行複製欄位 Please extend this form if more than two inventors.)

★請將此表壹式貳份及附件壹式，送至研究發展處。

(Please send three hard copies of this application and one copy of related documents to Research & Development Office when finished.)

★專利申請人保證上述資料正確無誤，倘有不實，願受法律之懲罰。

(The undersigned certifies that the statements herein are true, complete and accurate. The undersigned is aware that any false, fictitious, or fraudulent statements or claims may subject them to criminal, civil, or administrative penalties.)

專利申請人簽名 Signature :

日期 Date : \_\_\_\_\_

## 附表：技術成熟度 (TRL)

本頁無須列印

TRL 之訂定，依計畫個別需求而略有差異。但將一項科技發展的進程，從基礎原理發現到系統實際商轉，劃分為九個階段，在概念上則大致相同。以下為 NEP-II 對其所管考之細部計畫訂定的 TRL 標準。

### TRL 1 – 基礎原理發現

此階段為TRL最初等級。科學探索開始轉換至研究開發 (R&D) 階段。著重與科技相關基本性質之研究與探討。目標在於驗證相關技術之基礎原理。

### TRL 2 – 技術概念成型

基礎原理被驗證後，相關應用導向之概念被提出。此階段所提出之概念為創新發明，但其可行性尚未有任何科學之驗證。

### TRL 3 – 關鍵功能可行性測試

進入積極研究開發階段，此階段包含解析及實驗研究。著重各元件與個別技術之開發。目的為以實驗方法證明解析法之預測。

### TRL 4 – 元件整合驗證

在實驗室環境下驗證由基本元件 (技術) 組成之小尺度模型。此模型僅包含少數重要元件，重點在於測試個別元件整合後是否可正常運作，並且評量模型與目標之差異性。

### TRL 5 – 準系統於相似環境測試

系統由基本技術元件整合。此為高真實度系統，各方面皆已近似於最終系統，唯獨在尺度上為縮小版之實驗室尺度。此階段研發著重於相似環境下測試準系統之可靠程度，分析相



似環境與真實環境對準系統所造成之差異，以及對最終系統有價值之重要實驗結果。

**TRL 6 – 原型於相似環境測試**

接近真實尺度之模型（原型）於相似環境下進行測試。此為技術展示階段。著重於測試並展示系統技術，並分析對最終系統有價值之重要實驗結果。

**TRL 7 – 全尺度模型於相似環境測試**

系統已近似最終設計，著重於全尺度模型之測試，唯測試環境仍為相似環境。

**TRL 8 – 真實系統展示**

全尺度真實系統通過真實環境之測試。處商業化前置階段。

**TRL 9 – 系統商業化**

系統成功通過試運轉並進入商業化階段。

（本資料來源：科技部能源國家型科技計畫「技術成熟方案之指導綱要」）