

보도자료

2023년 5월 8일 공보 2023-5-15호

이 자료는 5월 9일 조간부터 취급하여
주십시오. 단, 통신/방송/인터넷 매체는
5월 8일 12:00 이후부터 취급 가능

제목 : 「CBDC 모의시스템 금융기관 연계실험」 결과

(자세한 내용은 <붙임> 참조)

문의처 : 금융결제국 디지털화폐기술1팀 팀장 유희준, 과장 이기태

Tel : (02) 750-6542, 6656 Fax : 750-6519 E-mail : bokcbdc@bok.or.kr

공보관 : Tel : (02) 759-4023, 4022

"한국은행 보도자료는 인터넷(<http://www.bok.or.kr>)에 수록되어 있습니다."



한국은행
BANK OF KOREA

<붙임>

「CBDC 모의시스템 금융기관 연계실험」 결과

2023. 5

※ 한국은행은 현재까지 CBDC 도입 여부를 결정한 바 없으며, 동 모의시스템은 분산원장 기반의 CBDC 활용성에 대한 다양한 기술 실험을 진행하기 위해 개발된 것으로 최종 모델 선정과는 무관함

한 국 은 행
금 용 결 제 국



< 요약 >

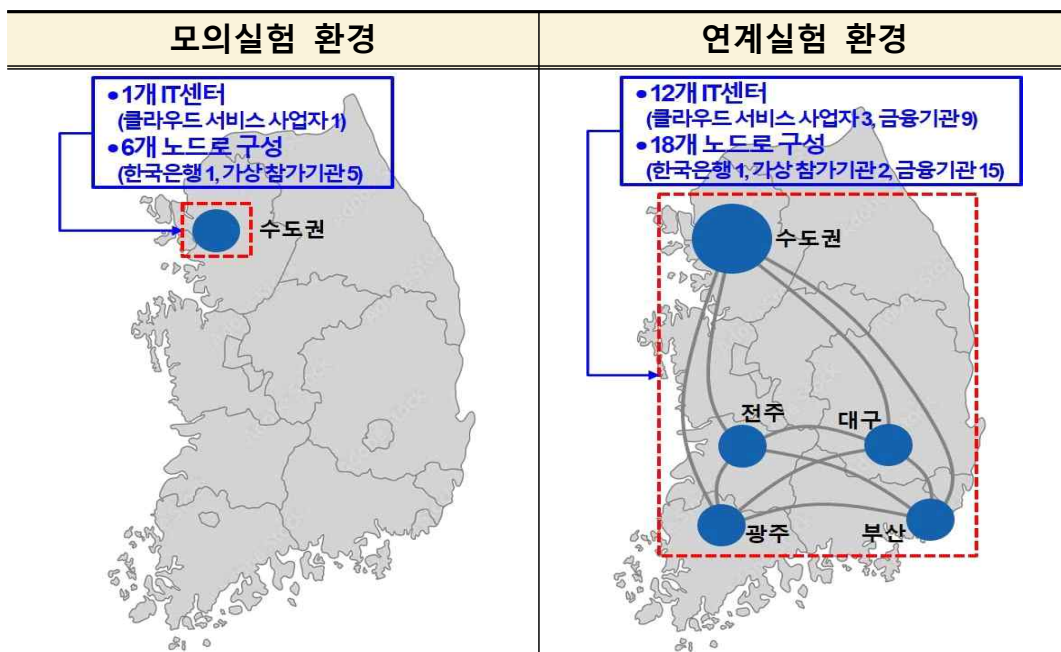
I. 사업 개요	1
II. 연계실험 수행 결과	3
III. 평가 및 향후 계획	11

〈 요약 〉

I 사업 개요

- (목적 및 기간) 연계실험은 기존 단일 클라우드 환경에 구축되었던 CBDC 모의시스템을 보다 실제적인 IT시스템 운영환경에서 점검하기 위한 연구 목적의 사업으로 총 5개월간 수행
- (수행업체 및 사업비) 크러스트社가 주사업자로 참여하여 총 6개 업체*와의 협업으로 사업이 수행되었으며, 총 사업비는 12.1억원
 - * KPMG, 카카오뱅크, 카카오페이, 카카오엔터프라이즈, 엔글
- (참가기관) 자발적으로 참여 의사를 표명한 15개 금융기관 등으로 선정하였으며, 선정된 기관은 실험 기간동안 IT시스템과 수행 인력을 투입
 - * 14개 은행(국민, 신한, 우리, 하나, 농협, 부산, 대구, 경남, 광주, 전북, 수협, 기업, 카카오, 케이) 및 금융결제원
- (사업내용) 동 실험은 ① 실험 착수 준비(참가기관별 IT시스템 준비 수준 및 일정 확인, 참가기관 직원 교육 등), ② 실험 환경 구성 및 운영(CBDC 모의시스템과 참가기관간 IT시스템 연계 등), ③ 성능 및 기능 실험 順으로 진행

CBDC 모의시스템 실험 환경 비교



II 연계실험 수행 결과

- 연계실험을 통해 기 구축한 CBDC 모의시스템이 보다 실제적인 운영환경에서도 정상적으로 동작함을 확인
- 또한 원격지에 위치한 분산원장 노드간 통신 지연으로 인한 시스템 성능 저하는 10% 수준으로 수용 가능한 범위인 것으로 판단
 - 연계실험 환경에서 평균 1초당 거래 처리 건수(TPS)은 모의실험 결과값(2,100건 수준) 대비 10% 정도 하락한 1,900건 수준*
 - * 국내 주요 소액지급결제인프라인 전자금융공동망의 최대 피크일(월요일, 급여이체일 등)의 평균 TPS인 1,200건 보다 높은 수준
- 지속적인 대량 거래 입력시 발생하는 응답대기시간 지연 문제의 원인과 해결방안을 탐구하기 위해 거래 대기열 크기와 블록 구성의 비중이 성능에 미치는 영향을 측정
 - 동 값 조정 시 응답대기시간 지연 문제가 개선됨을 확인하였으며, 향후 분산원장 환경 구성시 최적의 값을 산출할 필요

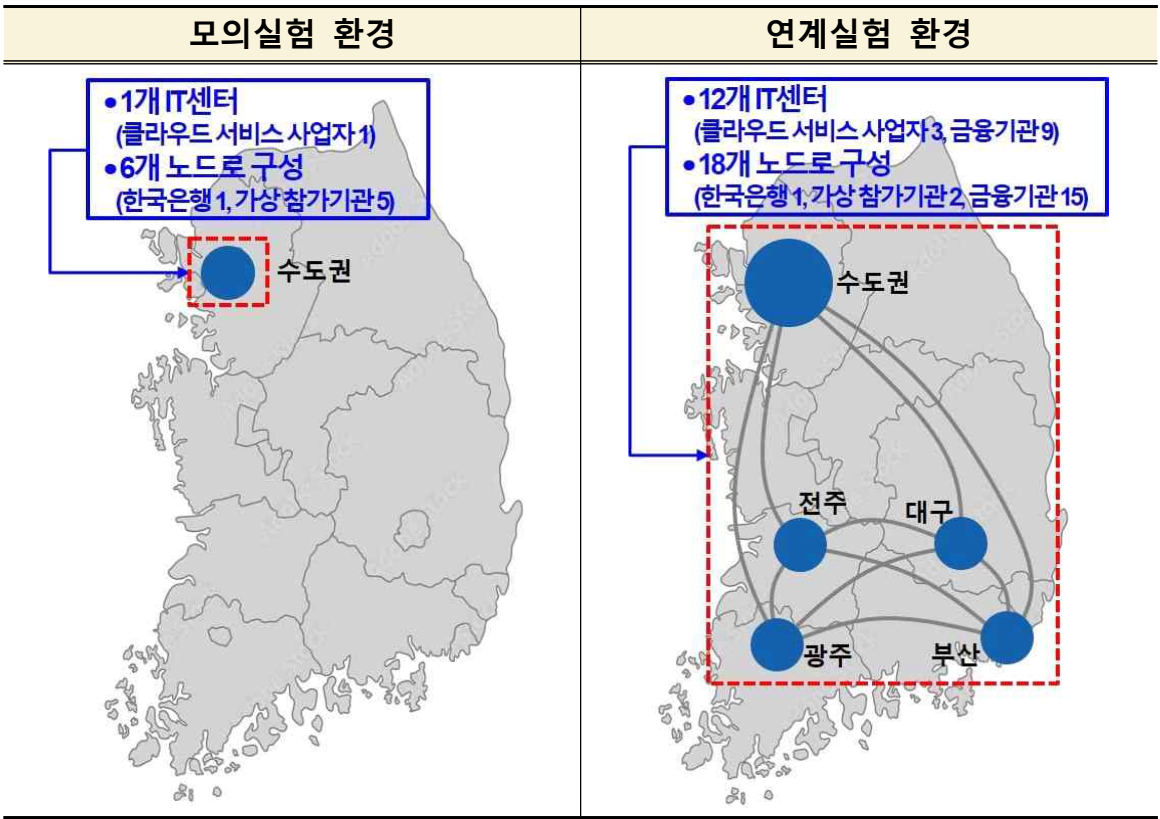
III 평가 및 향후 계획

- 연계실험을 통해 향후 금융기관과 분산원장 기반 CBDC 시스템 연계시 발생할 수 있는 문제점들을 선제적으로 파악하는 것이 가능하였음
- 기존 중앙집중식 IT시스템 대비 분산원장 시스템의 운영 복원력이 우수한 것으로 판단되었으나 시스템 담당자간 의사소통, 문제 해결 방식 등에 관리적 어려움이 상존한다는 점도 발견
- 한국은행은 2023년에도 참가기관 대상을 확대하여 연계실험을 지속적으로 수행할 계획이며,
참가기관들이 개발한 스마트계약을 'CBDC 모의시스템' 상에서 테스트할 수 있도록 지원할 예정

I 사업 개요

- 단일 클라우드 환경에서 기능 및 성능실험(이하 '모의실험')을 진행했던 CBDC 모의시스템을 보다 실제적인 IT시스템 운영 환경에서 점검하기 위해 금융기관과의 연계실험 사업(이하 '연계실험')을 추진
 - 금융기관은 클라우드 사업자가 운영하는 인프라 또는 자체 IT 테스트 서버*에 당행이 개발한 '참가기관 시스템'을 설치하고 이를 'CBDC 모의시스템'과 연결
 - * 금융기관들이 자사 서비스를 출시하기 전에 실험을 수행하는 IT시스템
 - 동 실험을 통해 연계된 환경에서의 'CBDC 모의시스템' 주요 기능 정상 동작 여부를 확인하고, 거래 처리 성능 면에서 모의실험 결과와 비교

CBDC 모의시스템 실험 환경 비교



- 동 사업은 ‘CBDC 모의시스템’ 구축 사업의 수행사인 크리스트社가 참가기관 시스템 개발 관련 업무에 참여했던 일부 업체*와 협업하여 수행

* KPMG, 카카오뱅크, 카카오페이, 카카오엔터프라이즈, 엔글

- 사업 기간은 약 5개월(22.7.20 ~ 22.12.22)이며, 사업비는 총 12.1억원

- 연계실험 참가기관은 2022.6월 진행된 금융기관 대상 설명회를 통해 자발적으로 참여 의사를 표명한 15개 금융기관 등*으로 선정

* 14개 은행(국민, 신한, 우리, 하나, 농협, 부산, 대구, 경남, 광주, 전북, 수협, 기업, 카카오, 케이) 및 금융결제원

- 한국은행은 참가 금융기관 등에게 실험 참여를 위한 최소 IT시스템 구비 요건, 필요 수행 인력 규모(최소 2명) 등을 안내

성능·기능 실험별 최소 IT시스템 구비 요건

시스템명	CPU		메모리		필요 수량	
	성능실험 (고성능)	기능실험 (저성능)	성능실험 (고성능)	기능실험 (저성능)		
부산원장	합의노드	32 vCPU ¹⁾	4 vCPU	256GB	32GB	1대
	프록시노드	16 vCPU	4 vCPU	128GB	32GB	2대
	기타시스템	4 vCPU		32GB		5대
참가기관 시스템		2~8 vCPU		8~32GB		12대

주: 1) virtual CPU : 가상 머신(Virtual Machine)에 할당된 물리적 CPU

- 연계실험은 ① 실험 착수 준비(참가기관별 IT시스템 준비 수준 및 일정 확인, 참가기관 직원 교육 등), ② 실험 환경 구성 및 운영(CBDC 모의시스템과 참가기관간 IT시스템 연계 등), ③ 성능 및 기능실험 順으로 진행

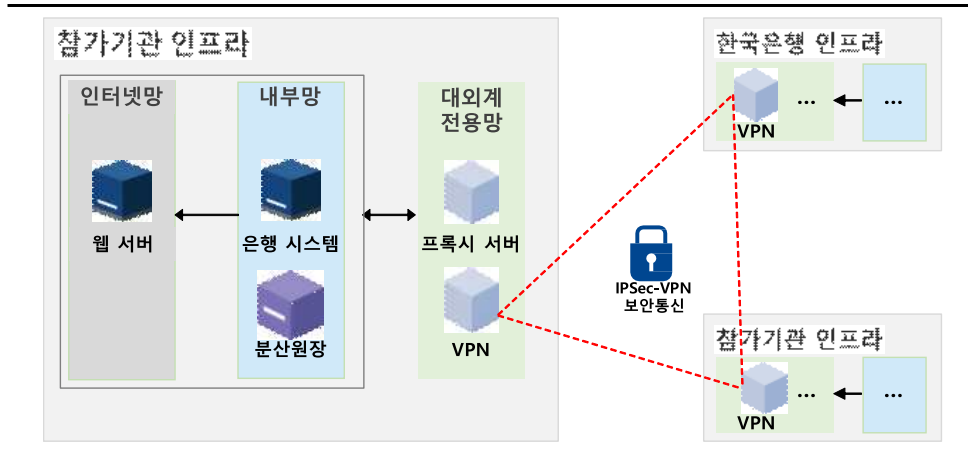
- 성능 및 기능실험은 모의실험에서 수행하였던 시험 항목 외에도 동 실험 결과를 기반으로 추가 도출한 성능실험 항목을 포함하여 수행

II 연계실험 수행 결과

1 실험 환경 구성 및 운영

- 참가기관이 준비한 연계실험용 IT시스템에 CBDC 모의시스템 구축 사업에서 개발한 참가기관용 분산원장시스템과 은행시스템을 설치하여 'CBDC 모의시스템'과 연결
 - 참가기관은 여건에 따라 기관내 IT센터에서 운영하는 IT시스템을 이용하거나 클라우드 사업자의 인프라를 임차
- 또한 현행 지급결제 시스템에 준하는 정보보호 환경을 마련하기 위해 네트워크가 분리된 내부망에 CBDC 관련 IT시스템을 설치하고, 기관 간 통신에는 VPN을 활용하여 주고받는 데이터를 암호화

참가기관 IT시스템 인프라 구성도



2 연계실험 결과 및 시사점

기능 실험

- 모의실험에서 수행했던 CBDC 기본기능 관련 64개 주요 기능의 정상 동작 여부를 확인

- 중앙은행 시스템과의 연계(CBDC 발행·환수, 기관용 지급 생성 등), 이용자 지급 관리(CBDC 지급·수납, 이용자용 지급 생성 등), 이용자 간 CBDC 송금 등의 기능을 점검

□ 기능실험 결과, 전체 실험 항목이 모두 정상 동작함을 확인

성능 실험

□ 한국은행과 12개 참가기관이 총 15개 노드의 분산원장 네트워크를 구성*하고 4개 시나리오 기반으로 성능실험을 수행

* 분산원장 기반 CBDC 모의시스템의 거래 처리 절차는 <참고 1>를 참조

- 한국은행은 중앙은행 노드 1개와 참가기관(가상) 노드 2개를 보유하고, 참가기관들은 각각 1개씩 참가기관 노드를 보유
- 모의실험과 동일한 시나리오 2개에 거래 급증시 응답대기시간 지연 등 기존 실험에서 발견된 문제점에 대한 원인과 해결방안을 탐구하기 위해 신규 시나리오 2개를 추가해 총 4개로 구성

성능실험 시나리오 목록 및 구성 목적

시나리오	구성 목적
① 초당 거래 입력 건수 증가	거래량 증가가 성능에 미치는 영향
② 동시 활성 이용자 수 확대	동시 활성 이용자 수* 확대가 성능에 미치는 영향
③ 거래 대기열 크기 축소	거래 대기열 크기 축소가 성능에 미치는 영향
④ 블록 구성의 비중 조정	블록 생성 프로세스** 중 '블록 구성'의 비중 증가가 성능에 미치는 영향

* CBDC 모의시스템에 등록된 이용자 중 거래의 송금·수취인으로 참여하는 이용자 수

** 블록 생성 프로세스는 '블록 구성'과 '합의·대기'를 거쳐 이루어짐

- 시나리오별 결과는 해당 시나리오에 대한 실험을 5회 반복하며 측정된 값의 평균으로 산출

— 실험은 공통적으로 'CBDC 모의시스템'에 이용자 5,000만명을 등록한 상태에서 30분 동안 입력한 임의의 거래*에 대한 처리 성능을 측정하는 방식으로 진행

* 자동화 프로그램을 통해 해당 실험 조건에 부합하는 거래를 임의로 생성

<참고 1>

CBDC 모의시스템의 거래 처리 절차

□ CBDC 모의시스템에서 발생한 거래는 ①송금 처리 요청, ②주관 노드 선정, ③블록 구성, ④합의 순서로 처리됨

① (송금 처리 요청) 이용자가 참가기관에 CBDC 송금을 요청하면 참가기관은 거래를 생성한 후, CBDC 모의시스템 상의 거래 대기열에 임시로 보관

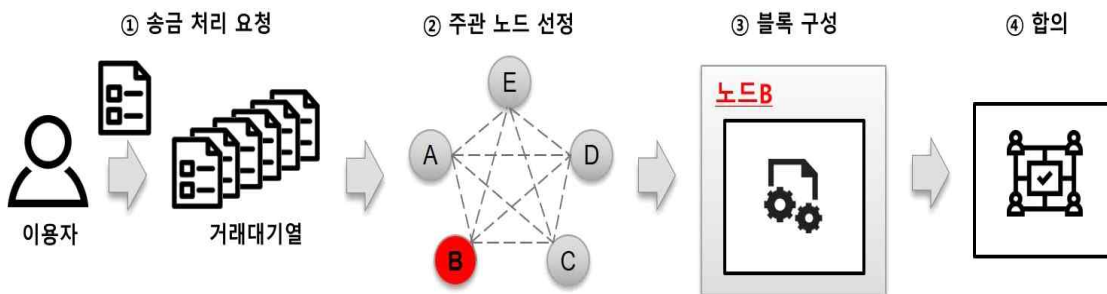
② (주관 노드 선정) 참가 노드들중 블록 구성을 주관할 노드를 선정*

* 모든 노드들은 사전에 정한 순서에 따라 주관 노드 역할을 수행#

블록을 구성할 노드에 문제 발생시 다음 차례인 노드가 해당 업무를 수행

③ (블록 구성) 정해진 시간(0.5초) 동안 블록 구성을 주관하는 노드는 거래 대기열에서 거래를 추출하여 블록을 구성

④ (합의) 구성된 블록을 정해진 시간(0.5초) 동안 다른 참가 노드들과 함께 검증·승인하여 거래를 확정



① 초당 거래 입력 건수 증가

□ 연계실험 환경에서의 시스템 성능을 모의실험 결과와 비교하기 위해 동일한 실험 조건하에 처리량과 응답대기시간을 측정

○ 등록된 이용자 중 10%(500만명)가 CBDC 거래에 참여한다고 가정하고 1초당 거래 입력 건수(RPS, Request Per Second)를 증가*

* 1,400건, 2,800건, 4,200건 총 3단계로 변경

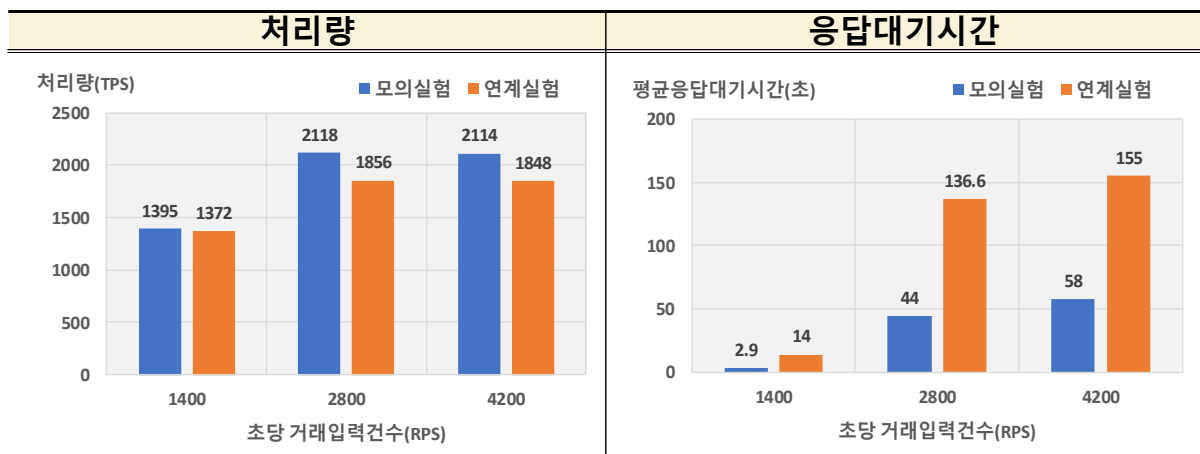
□ 실험 결과, 1초당 거래 처리 건수(TPS, Transaction Per Second)는 모의 실험 결과값(2,100건 수준) 대비 10% 정도 하락한 1,900건* 수준

* 국내 주요 소액지급결제인프라인 전자금융공동망의 최대 피크일(월말일, 급여이체일 등)의 평균 TPS인 1,200건보다 높은 수준

○ 다만, 응답대기시간이 최대 5배정도 증가하는 것으로 나타났으며, 동 배율은 거래량이 증가하면서 완만하게 감소*

* 1,400건(4.8배), 2,800건(3.1배), 4,200건(2.7배)

초당 거래입력건수별 처리량, 응답대기시간



□ 또한 참가기관별 성능 편차가 미미했던 모의실험 결과와 달리, IT 시스템 운영환경이 다양해짐에 따라 참가기관별 처리 성능 차이*가 발생

* 완결된 최종 거래에서 개별 참가기관이 처리한 거래 수를 조사

운영환경별 처리건수의 평균, 최대, 최소값

	최대값	최소값	평균값
전체	3,280	960	1,970
클라우드 서비스	3,280	960	2,050
자체 IT센터	2,870	1,120	1,880

○ 클라우드를 사업자에 따라 성능 차이가 나타났으며, 자체 IT서버를 이용하는 경우에는 메모리 용량이 같더라도 CPU의 성능에 따라 결과값이 크게 차이 나는 것을 확인

— 이는 높은 성능의 IT시스템을 보유한 참가기관이 거래 처리를 주관*할 때, 거래 대기열에서 더 많은 거래를 추출하여 처리가 가능**했던 것에 기인

* 분산원장 참여 노드들은 순환하며 거래 처리를 주관하는 역할을 수행

** 거래 처리 성능은 '블록 구성'(0.5초), '합의·대기'(0.5초)를 거쳐 1초 동안 처리된 전체 거래 수로 측정

⇒ 동 실험을 통해 기 구축한 CBDC 모의시스템이 보다 실제적인 운영환경에서도 정상적으로 동작함을 확인하였으며, 원격지에 위치한 분산원장 노드간 통신 지연으로 인한 시스템 성능 저하는 10% 수준으로 수용 가능한 범위인 것으로 판단

⇒ 또한 전체 참가기관이 IT시스템 최소 요구기준을 충족하였음에도 CPU 속도 등 세부 하드웨어 규격에 따라 성능 차이가 발생하여 현재 요구기준(코어 수, 메모리 크기)을 포함하여 보다 세분화된 요구기준을 마련할 필요

② 동시 활성화 이용자 수 확대

□ 동시 활성화 이용자 수*에 따른 처리성능 차이를 모의실험 결과와 비교하기 위해 동일한 실험 조건하에 처리량을 측정

* CBDC 모의시스템에 등록된 이용자 중 거래의 송금·수취인으로 참여하는 이용자 수

○ 초당 거래입력건수를 2,000건으로 고정한 상태에서 동시 활성화 이용자 수를 50만명에서 1,000만명으로 점증적으로 증가*시키면서 처리 성능의 변화를 점검

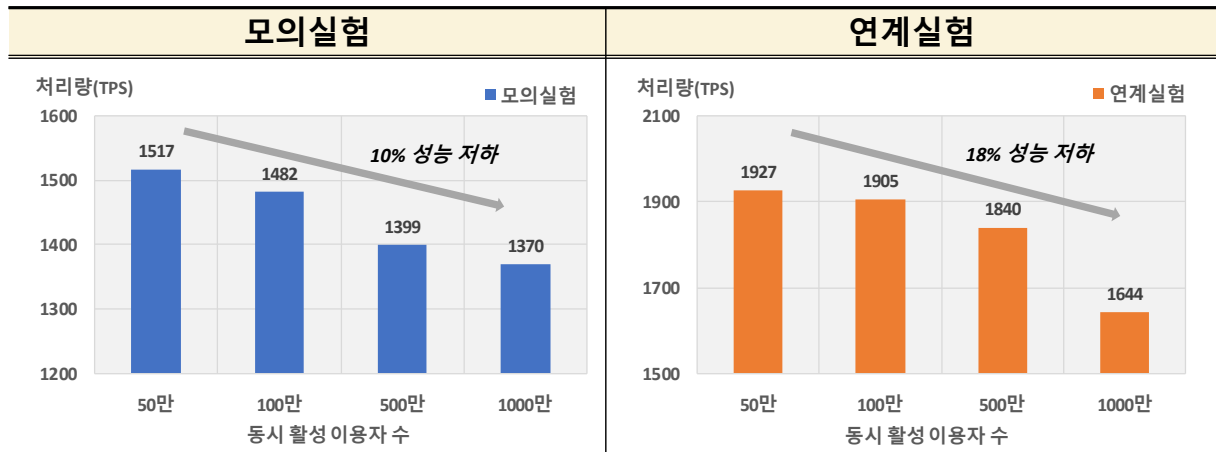
* 50만명, 100만명, 500만명, 1,000만명 총 4단계로 변경

□ 실험 결과, 동시 활성화 이용자 수가 50만명인 경우에는 입력된 거래 (2,000건)의 대부분이 처리(1,927건) 되었으나, 1,000만명인 경우에는 입력된 거래의 18% 정도가 즉시 처리되지 못하였음을 확인

- 모의실험 대비 동시 활성 이용자 증가에 따라 거래 처리 성능이 약 8%p 정도 더 저하되는 것을 확인*

* 다만 두 실험 환경의 IT시스템 성능이 상이하여 직접적인 처리량 비교가 불가

동시 활성 이용자 수별 처리량



⇒ 동 실험을 통해 연계실험 환경에서도 활성 이용자 수가 증가함에 따라 모의실험과 유사한 수준으로 성능 저하가 발생함을 확인

③ 거래 대기열 크기 축소

- 모의실험에서 확인된 지속적인 대량 거래 입력시 발생하는 응답 대기시간 지연문제 개선방안으로 거래 대기열* 크기가 시스템 성능에 미치는 영향을 점검

* 처리 성능을 제고할 목적으로 임시로 다량의 거래를 모았다가 일괄적으로 처리하는 정보 저장소

- 거래 대기열 크기를 축소하면 대기열에 적재된 거래의 처리시간이 단축되면서 응답대기시간이 짧아질 것으로 기대

— 다만 이를 과도하게 축소할 경우 처리 성능 저하* 및 거래 처리 요청 거부** 등의 부작용이 발생할 수 있다는 우려도 있어 동 실험을 통해 해당 부작용의 발생 여부를 확인

* 임시로 다량의 거래를 모았다가 일괄적으로 처리하여 거래 성능을 향상 시키려는 거래 대기열 기능의 본래 목적이 달성되지 못할 수 있음

** 대기열 크기 축소시 대기열이 더 빠르게 포화상태에 도달하여 포화상태에서 입력된 거래 처리 요청이 거부될 수 있음

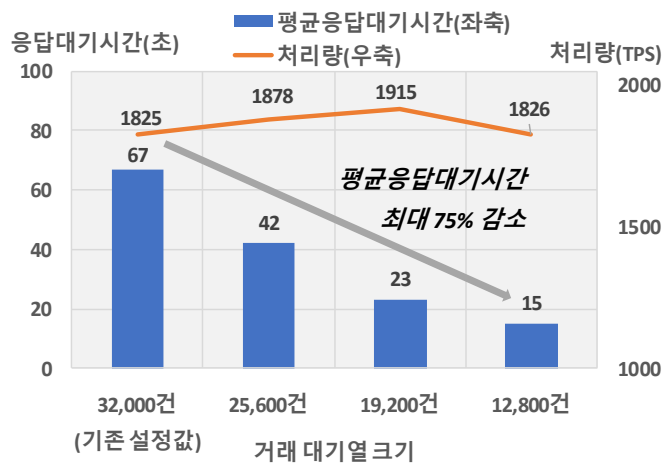
□ 거래 대기열 크기를 32,000건에서 12,800건으로 단계적*으로 축소해 가면서 실험한 결과,

거래 대기열이 작아질수록 응답대기시간 지연 문제가 개선(67초→15초) 되었으며 우려했던 시스템 처리 성능 저하는 발생하지 않았음

* 32,000건(기존 설정값)#, 25,600건, 19,200건, 12,800건 총 4단계로 변경

분산원장 업계에서는 응답대기시간 지연을 크게 문제삼지 않아 동 설정값에 대한 논의가 깊게 이루어지지 않은 것으로 판단

거래 대기열 크기별 처리량과 평균응답대기시간



⇒ 동 실험을 통해 거래 대기열 크기 축소시 응답대기시간 지연 문제가 개선되었으며 시스템 처리 성능 저하도 발생하지 않았으나 축소 폭이 과도할 경우 처리 성능 측면에서 부작용이 있을 수 있다는 우려가 확인되어 향후 분산원장 환경 구성시 이를 고려하여 최적의 거래 대기열 크기를 산출할 필요

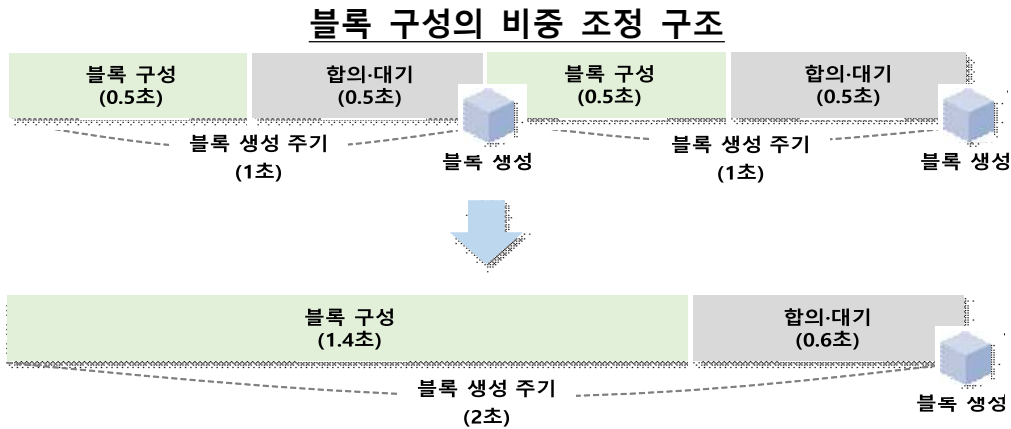
④ 블록 구성의 비중 조정

□ 모의실험에서 확인된 분산원장 처리 성능의 한계를 개선하기 위해 블록 생성시 더 많은 거래를 포함시킬 수 있는 방안을 모색

○ ‘블록 생성’을 구성하는 두가지 단계 중 블록에 포함되는 거래 수에 큰 영향을 미치는 ‘블록 구성’ 시간의 비중을 증가(50%→70%)시키고 ‘합의·대기’ 시간의 비중은 축소(50%→30%)

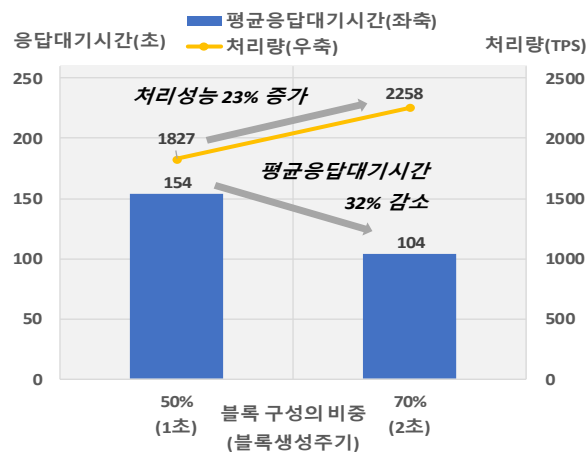
- 다만 '합의·대기'는 분산원장 노드간의 빈번한 통신을 위해 0.5 초 이하로는 줄일 수 없는 한계로 인해 '블록 생성' 주기를 1 초로 설정하는 경우 '블록 구성' 시간과 '합의·대기' 시간 간 비중 조절이 사실상 불가능함에 따라

'블록 생성' 주기를 1초에서 2초로 변경 후 처리량과 응답대기 시간을 측정



- 실험 결과, '블록 구성' 비중이 증가하면서 초당 거래 처리량은 23% 증가(1,827→2,258TPS)하고 평균 응답대기시간은 32% 감소(154→104초)하는 등 시스템 성능이 개선

'블록 구성' 비중별 처리량과 응답대기시간



⇒ 동 실험을 통해 '블록 구성'의 비중을 늘리면 처리량과 평균응답시간이 개선됨을 확인

Ⅲ 평가 및 향후 계획

- 연계실험을 통해 ‘CBDC 모의시스템’을 보다 실제적인 운영환경에 설치·운영해봄으로써, 실제 도입될 경우 발생할 수 있는 문제점들을 선제적으로 파악하는 것이 가능하였음
- 주요 문제점들은 ‘실험 환경 구성 및 운영’, ‘기능 실험’ 및 ‘성능 실험’ 단계에서 고루 발생하였으며, 대부분의 경우 처리·조치가 가능

연계실험 진행단계별로 발생한 주요 문제점 현황

실험 환경 구성 및 운영		기능 실험		성능 실험			
1 블록생성지연	2 블록생성오류	3 중복 채번	4 시간 초과	5 디스크 부족	6 계정생성 지연	7 네트워크 성능저하	8 특정노드 성능저하

연계실험에서 발생한 주요 문제점의 원인 및 대응 방안

문제점	원인	대응 방안
① 블록 생성 지연	상호 연계되는 IT시스템간 표준 시간이 불일치하여 업무처리가 지연	운영 및 설치 매뉴얼에 신규 참여시 시간을 CBDC 모의시스템과 동기화한 후 노드로 참여하도록 명시
② 블록 생성 오류	특정 노드의 문제로 블록 생성 시 오류 발생	특정 클라우드 사업자 환경의 문제로 발생하는 것으로 관련 기능을 수정
③ 중복 채번	다수 참가기관이 대량 거래를 입력하면서 복수의 거래를 동시 처리 요청할 경우, 거래 처리 일련번호가 중복 발행되는 문제가 발생	참가기관이 거래를 순차적으로 처리하기 위해 부여하는 일련번호 생성시 경쟁 상황이 발생하지 않도록 참가기관 시스템의 거래번호 생성 모델을 수정
④ 시간 초과	이용자 앱은 요청한 거래에 대한 처리 결과를 10초 이내에 수신된다는 가정으로 설계되어있으나, 처리 결과가 10초 이상 지연되면 오류가 발생	대기시간을 30초로 수정하여 비정상적인 거래 처리 시간에 대비하였으며, 근본적인 해결을 위해서는 향후 이용자 앱이 거래 결과를 순차적으로 수신하지 않아도 처리할 수 있도록 비동기 처리 방식으로 수정할 필요

문제점	원인	대응 방안
⑤ 디스크 부족	테스트 데이터 누적으로 저장량이 증가하면서 대량 계정 생성 및 잔액 부여 단계에 부여된 저장 공간(100G)의 50% 이상이 소진	전체 참가기관의 디스크 용량을 300G 이상으로 증설
⑥ 계정 생성 지연	계정 생성 및 잔액 부여 과정에서 특정 참가기관의 시스템에서 거래 지연 현상이 발생	해당 참가기관의 부하기 CPU 할당량을 증설(4→6코어)
⑦ 네트워크 성능 저하	특정 기관의 통신 대역폭이 낮아 참가기관 간 데이터 교환이 지연	해당 기관의 통신 장비를 교체
⑧ 특정 노드 성능 저하	특정 기관의 시스템의 성능이 현저히 떨어지는 현상이 발생	시스템 재가동, CPU 설정 변경 등의 조치 후 정상가동 확인

□ 또한 특정 기관의 노드에서 거래 처리 관련 오류 발생시 잔여 참여기관들의 업무가 정상적으로 수행되는 것을 확인

- 이후 오류 발생 기관 노드가 자동으로 여타 참여기관들을 통해 과거 거래 내역을 복원하여 정상적으로 운영되었다는 점에서 기존 중앙집중식 IT시스템보다 운영 복원력이 우수함을 확인

□ 다만 참가기관 담당자를 대상으로 분산원장 기반의 CBDC 모의시스템 운영 경험에 대한 의견을 청취한 결과,

중앙집중식 시스템보다 문제 해결 방식, 담당자 간 의사소통 등에 어려움이 있었다고 답변

- 이에 실제 CBDC 시스템을 분산원장 기반으로 운영하기 위해서는 운영 상황을 파악할 수 있는 관제 시스템을 구축하고 관련 업무 프로세스를 수립할 필요가 있음을 확인

⇒ 금융결제국은 2023년에도 참가기관 대상을 확대하여 연계실험을 지속적으로 수행할 계획이며,

참가기관들이 개발한 스마트계약을 'CBDC 모의시스템' 상에서 테스트할 수 있도록 지원할 예정