

ISDA SIMM 개시증거금 모형과 구조화 금리 스왑

이 상 현*, 기 호 삼**

국문초록

본 연구의 목적은 2021년부터 시행 예정인 비청산 장외파생상품의 개시증거금 제도에 대비하여 ISDA의 SIMM(Standard Initial Margin Model) 방법론을 설명하고 주요 금리 구조화 스왑의 개시증거금 산출에 적용함으로써 1) 개시증거금에 대한 정량적 분석과 2) 개시증거금 제도의 연착륙을 위한 실무적 제언을 제시하는 것이다. 국제적인 표준으로 인정받고 있는 내부모형인 SIMM 방법론을 적용하여 발행자 콜옵션이 포함된 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 스왑을 대상으로 Hull-White 모형을 이용하여 민감도 모수를 계산한 후 개시증거금을 산출하였다. 2014년부터 2019년까지 총 6개 년도의 말일 자료를 이용하여 계산한 명목금액 대비 개시증거금의 비율은 분석대상 상품 순서대로 평균적으로 대략 2.6%, 2.8%, 5.2% 수준이었다. 이때 계약의 수익구조 및 주요 특성을 반영한 만기가 포함되지 않을 경우 다소 적정하지 않은 개시증거금이 산출될 수 있음을 보여주었다. 특히 Hull-White 2요인 모형을 이용한 SIMM 개시증거금은 경우에 따라 거래 당사자 간 조정이 쉽지 않을 수 있는 수준을 나타내기도 하였다. 이와 같이 이론과 실무 또는 실무적 관행이 교차하여 조정이 필요한 영역에서 금융감독 당국의 역할이 높아질 것으로 보인다. 따라서 개시증거금 제도의 조정 이슈를 완화하기 위해 모형 선택, 모수 추정 방식, 민감도 산출 방법 등에 관한 금융감독 당국의 상세한 가이드라인이 필요할 것으로 판단된다.

□ 주제어: SIMM, 개시증거금, Hull-White, Range Accrual 스왑, Spread Range Accrual 스왑

□ JEL : E43, G12, G17

투고일: 2020. 1. 31.

수정일: 2020. 4. 2.

게재확정일: 2020. 4. 22.

* (주저자) KIS채권평가

** (교신저자) KB국민은행 자본시장부(E-mail:hosamki@gmail.com, Tel: 02-2073-8960, Fax: 02-2073-8948)

우편주소: 07328 서울시 영등포구 여의나루로 50 한국교직원공제회관 4층

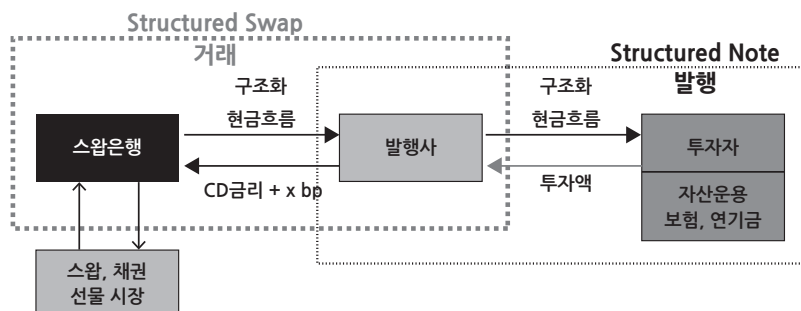
논문에 대하여 유익한 조언을 해주신 DB금융투자 장석진 리스크관리팀장님께 감사드립니다. 더 발전된 논문이 될 수 있도록 조언해주신 익명의 심사자님께도 감사드립니다.

I. 서론

2008년 글로벌 금융위기로부터 부도 위험의 연쇄적 파급효과를 경험한 국제 사회는 장외파생상품의 위험관리에 대한 새로운 인식이 필요하다는 공감대를 형성하였다. 그 결과 G-20은 약한 규제와 시장의 불투명성이 글로벌 금융위기를 확대시킨 요인이라는 인식 하에 장외파생상품시장의 안정성과 투명성을 높이기 위한 방안을 마련하였다. 그 방안은 첫째, 채무불이행 시 손실을 상쇄할 수 있는 담보자산의 확보를 통해 금융시스템 리스크를 방지하는 것이고 둘째, 비청산 장외파생거래에 증거금 교환을 의무화하는 것이다. 우리나라는 G20 회원국으로서 이와 같은 국제적 합의에 따른 장외파생상품시장의 제도개선 사항을 적극적으로 이행하고 있으며 구체적으로 변동증거금 제도는 이미 시행중이고 개시증거금 제도는 2021년부터 시행될 예정이다.¹⁾

개시증거금의 도입은 장외파생상품을 취급하는 금융기관에 적지 않은 영향을 줄 것으로 예상된다. [그림 1]은 금융기관이 구조화 증권(structured note)을 발행하고 이에 따른 위험을 관리하기 위해 구조화 스왑(structured swap)을 체결하는 과정을 발행자 입장에서 보여주고 있다. 장외파생거래인 구조화 스왑 부분의 거래 당사자인 스왑은행과 발행사는 이 거래에 대한 개시증거금 규제를 받게 된다. 따라서 금융기관 입장에서 볼 때 상품 개발 및 위험 관리 측면에서 향후 수취하고 지급해야할 개시증거금의 수준을 사전에 파악하는 것이 중요할 것으로 예상된다.

[그림 1] 금융기관의 구조화 증권 발행과 구조화 스왑 거래의 예



출처 : 저자 작성

1) 우리나라의 개시증거금 제도는 2020년부터 시행될 예정이었으나 코로나19(COVID-19)의 여파로 인하여 2021년으로 연기되었다. (BIS, 2020)

이와 같은 규제 환경의 변화 속에서 금융감독 당국은 개시증거금 계량 모형 승인 기준과 절차를 제도화하고 있다. 금융감독원은 국제적인 합의를 반영하여²⁾ ‘비청산 장외파생상품 거래 증거금 교환 제도에 대한 가이드라인’을 행정지도 형식으로 발효하였고 국내 금융시장 상황에 적합하도록 수정 및 보완하고 있다. 본 가이드라인에 따르면 증거금은 개시증거금과 변동증거금의 두 가지로 구분되며 각각 개별적으로 취급된다. 개시증거금은 장외파생상품 거래를 시작할 때 교환하는 것으로써 거래상대방 위험을 담보하기 위한 증거금이며 변동증거금은 시장상황에 따라 상품가격의 변동을 반영해 주고받는 증거금이다.³⁾ 개시증거금 교환 제도는 중앙청산소(CCP, 한국거래소)에서 청산되지 않는 비청산 장외파생거래의 잔액이 70조원 이상인 금융회사에 대하여 2021년부터 시행될 예정이다.⁴⁾

개시증거금이 필요한 이유는 변동증거금이 적용되지 않는 기간에 계약 불이행 위험이 노출되는 것을 방지하기 위해서이다. 개시증거금과 변동증거금은 계약불이행 위험을 담보한다는 점에서 동일하지만 그 적용기간에 차이가 있다. 변동증거금은 매일 계산되는 시가평가에 기반을 두어 손익을 정산한다. 그러나 거래상대방의 결제불이행 사건이 발생하면 일반적으로 거래 포지션 종료시점(close-out)까지 변동증거금이 적용되지 않으므로 일종의 위험 공백상태가 발생하며 이 기간을 Margin Period of Risk (MPOR)라고 한다. 따라서 MPOR 기간에 발생할 위험을 대비하기 위하여 교환하는 담보가 개시증거금이고 거래 시작시점에 서로 교환한 후 시간이 지남에 따른 위험의 변동을 반영하여 정기적으로 재계산되어 교환된다.

개시증거금 산출에 관한 표준적인 방법으로 인정받는 모형은 ISDA (International Swaps and Derivatives Association)의 SIMM (Standard Initial Margin Model) 모형이다. BIS (2015)에 따르면 개시증거금은 상계군(netting set)⁵⁾의 잠재 미래 익스포저(potential future exposure)의 10일 99% VaR(Value at Risk)로 계산된다. 이때 10일을 사용하는 이유는 BIS (2015)에서 가정한 MPOR 기간이 10일이기 때문이다. VaR 모형을 이용한 개시증거금 산출 방법이 정확성 측면에서는 장점을 가지지만 모형 종속적이고 다소 복

2) 바젤은행감독위원회와 국제증권감독위원회는 ‘비청산(uncleared) 장외파생상품거래에 대한 증거금 규제’(IOSCO 규제안)를 G-20 합의에 따라 2015년 3월 확정 발표했다.

3) 변동증거금(variation margin)은 시장상황 변화에 따른 비청산 장외파생상품거래의 시가 변동 리스크로부터 보호받기 위해 교환하는 담보를 의미하며, 개시증거금(initial margin)은 거래상대방의 계약불이행시 비청산 장외파생상품거래의 포지션을 청산하고, 대체하기 위해 필요한 기간 동안 발생할 수 있는 미래의 시가 변동 리스크(잠재된 리스크)로부터 보호받기 위해 교환하는 담보를 의미한다.(이현영:2017)

4) 비청산 장외파생거래의 잔액이 10조원 이상 70조원 미만인 금융회사는 향후 거래 규모에 따라 단계별로 시행될 예정이다.

5) 상계군(netting set)이란 두 거래 상대방 사이의 모든 거래를 상계하여 하나의 거래로 나타낸 것을 의미한다.

잡하며 계산 소요시간이 많다는 단점이 있다. 특히 금융기관마다 서로 다른 개시증거금이 산출될 경우 이와 같은 불일치 조정에는 많은 시간과 과다한 비용이 발생할 것이다. ISDA는 이 같은 단점을 개선하기 위해 민감도 기반(sensitivity-based)의 SIMM 모형을 제시하였다. SIMM은 델타(delta), 베가(vega)와 같은 민감도를 입력값으로 하여 단계별 계산 과정을 거쳐 개시증거금을 산출하는 모형이다. 이때 중간 단계마다 위험 요인간 상관관계, 만기별 비중, 집중 위험 등이 반영된다.

개시증거금 관련 연구 동향을 살펴보면 국내의 경우 주로 CCP 위주의 증거금 제도 및 비청산 개시증거금제도의 정착 등에 관한 제도적인 측면의 연구가 주를 이룬다. 윤성관·이효섭(2014)는 CCP의 개시증거금 수준의 적정성 분석을 통해 CCP의 리스크 관리제도에 대한 개선방향을 제안하였다. 이현영(2017)은 비청산 장외파생상품거래 증거금 교환제도에 대한 가이드라인을 분석하고 규제 공백을 보완하기 위한 법적인 관점의 개선방안을 제시하였다. 그러나 ISDA SIMM 개시증거금과 관련된 직접적인 연구는 아직 국내의 경우 현재 없는 것으로 보인다. 해외 연구는 SIMM 모형뿐만 아니라 SIMM 예측(forward SIMM)으로 확장되고 있다. 앞으로는 CVA (credit valuation adjustment) 등을 계산할 경우 미래 증거금(개시+변동)의 예측치를 미래 익스포저에서 차감해주어야 한다. 평가 시점이 아닌 미래 시점의 증거금을 계산하기 위해서는 모든 시나리오마다 증거금을 계산한 후 기댓값을 계산해야 하므로 소위 중첩 시뮬레이션이 수반되어 그 계산시간과 비용이 크게 증가한다. 따라서 기존 방법으로 증거금을 예측하는 것은 매우 비효율적이라는 인식하에서 회귀분석(Caspers, Giltinan, Lichters, and Nowaczyk; 2017, Caspers and Lichters; 2018), 분위회귀분석(McWalter, Kienitz, Nowaczyk, Rudd, and Acar; 2018), 수치 근사법(Lee and Wilkens; 2016, Zeron and Ruiz; 2018), 머신러닝(Vierkoetter; 2019), 딥러닝(Ma, Spinner, Venditti, Li, and Tang; 2019) 등 보다 효율적인 방법을 도입하는 연구가 주를 이루고 있다.

개시증거금과 관련된 중요한 이슈는 바로 산출된 증거금에 대한 거래 당사자 간 조정(reconciliation) 문제이다. 거래 당사자가 서로 계산한 증거금이 다른 경우가 일반적이지만 제 3의 공신력 있는 기관에서 산출한 증거금에도 양 당사자가 이의를 제기할 수 있다. SIMM 개시증거금은 민감도로부터 계산되므로 평가 모형에 따라 차이가 발생할 수 있다. 따

라서 개시증거금 제도의 시행과 관련하여 실무적으로 분쟁의 소지가 있는 부분은 적용 모형과 모수 추정 방식, 시장자료 동일 것이다. 금융기간이 사용하는 평가 모형이 같더라도 모수 추정 방법과 모수 추정에 필요한 자료 (예를 들어 수익률 곡선 보간, 적용 만기 등) 등이 금융기관마다 동일하지 않을 가능성이 높기 때문이다. 그래서 SIMM이라는 동일한 방법론을 사용함에도 불구하고 최종적으로 교환할 개시증거금을 확정하기 위해서는 조정 과정이 필수적이다.

이와 같은 개시증거금 제도 정착과 관련된 문제의식에서 본 연구는 SIMM 모형의 적용 단계를 상세히 설명한 후 금리 구조화 스왑에 대한 실증분석 결과를 바탕으로 실무적인 시사점을 도출하였다. 분석 대상은 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 스왑이다. 이때 복잡한 조건부 수익 구조를 반영하기 위하여 Hull-White 1요인 및 2요인 모형을 이용하였다. 분석 자료는 IRS 금리 기간구조와 스왑선 변동성이며 2014년부터 2019년까지 총 6개년도의 말일 자료이다. 실증분석 결과 발행자 콜 조항이 포함된 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 스왑 순서대로 명목금액 대비 개시증거금의 비율은 평균적으로 약 2.6%, 2.8%, 5.2% 정도로 추정되었다. 이때 SIMM 모형의 만기 구조가 장외파생상품의 특징이 현저하게 나타나는 만기를 포함하지 않은 경우 다소 적정하지 않은 수준의 개시증거금이 산출되었다. 따라서 중요한 사전 단계는 SIMM의 입력값인 만기별 민감도가 장외파생상품의 위험을 제대로 반영하는지 파악하는 것이다. 특히 실무적 모수 추정 방식(일부 모수를 고정하고 나머지 모수만 추정)을 이용한 Hull-White 2요인 모형으로 산출된 SIMM 개시증거금은 경우에 따라 거래 당사자 간 조정이 쉽지 않은 수준을 나타내기도 하였다.

이후 본 연구의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장은 SIMM 방법론을 설명한다. Ⅲ장은 실증분석으로써 금리 모형의 모수를 추정한 후 분석 대상 스왑의 민감도를 계산한 후 SIMM 개시증거금을 산출한다. Ⅳ장은 시사점을 정리하였고 Ⅴ장은 결론이다.

Ⅱ. 방법론

1. ISDA SIMM 모형

(1) SIMM 관련 용어 정의

[표 1]은 SIMM 모형의 단계별 수식에 나타나는 주요 기호를 정리한 것이다.⁶⁾

[표 1] SIMM관련 기호와 그 의미

기호	의미
X	CRIF 파일의 위험군(Risk Class), x 와 다른 의미를 가짐
x	위험요인(risk factor) – 위험 구분별로 벡터 또는 스칼라 위험 구분별 위험요인 및 델타 산출식은 [표 3] 참고
$V(x)$	위험요인이 x 인 파생상품의 가치
s	델타 민감도(Delta Sensitivity), 위험구분별 델타 산출 식은 [표 3] 참고
$\frac{\partial V}{\partial \sigma}$	베가 민감도(Vega Sensitivity), σ 는 ATM 내재 변동성(12개 만기) 베가 산출 식은 [표 3] 참고
WS	델타 가중 민감도(Delta Weighted Sensitivity)
VR	베가 가중 민감도(Vega Weighed Sensitivity)
CVR	곡도 가중 민감도(Curvature Weighted Sensitivity)
CR VCR	델타 집중위험(Delta Concentration Risk), 베가 집중위험(Vega Concentration Risk)
RW	위험가중치(Risk Weight)
T	집중위험 임계값 (Concentration Threshold)
K	Bucket 내 가중 합산한 WS
S	WS 와 K 의 함수로써 위험감소효과를 반영

6) [표 1]의 기호는 k 나 b 와 같은 하첨자를 포함하기도 한다. 이와 같이 하첨자가 포함된 기호에 대한 설명은 본문에서 다루도록 한다.

$DM, VM,$ CM, BM	Bucket 간 가중 합산한 K Delta Margin, Vega Margin, Curvature Margin, BaseCorr Margin
IM	Risk Class의 Initial Margin, $IM = DM + VM + CM + BM$

출처 : ISDA (2019) 재구성

함수 V 는 위험요인이 x 인 파생상품의 가치 함수를 의미하며 일반적인 형태로 나타내면 다음과 같다.

$$V = V(x \subset \{r_t(\tau), cs_t(\tau), P_t^{eq}, P_t^{cm}, r_t^{FX}\}, \sigma(\tau), t, r, \dots) \quad (1)$$

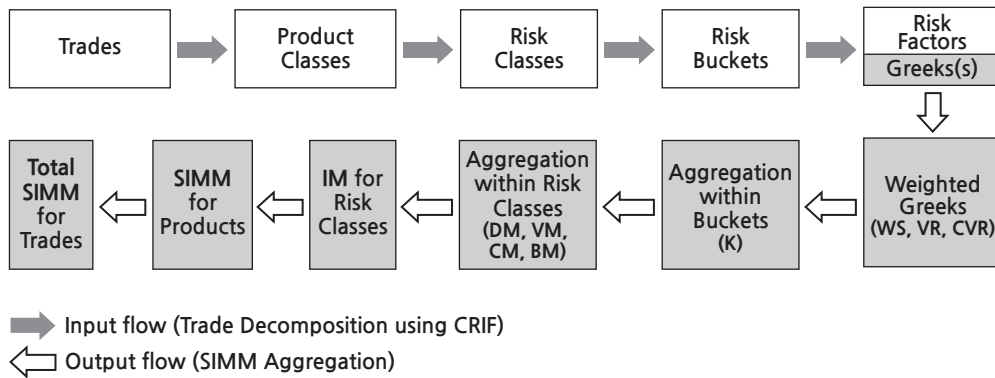
민감도는 위험요인 x 에 대하여 계산되며 x 는 상품의 특성에 따라 금리($r_t(\tau)$), 신용스프레드($cs_t(\tau)$), 주가(P_t^{eq}), 원자재 가격(P_t^{cm}), 환율(r_t^{FX}) 등으로 구분된다. 또한 금리와 유가의 움직임에 따라 가치가 결정되는 파생상품의 경우에서 볼 수 있듯이 x 는 위험 요인의 결합(부분 집합)으로도 나타낼 수 있다. 여기에서 민감도 계산 시 고정되는 값을 제외한 후 델타 계산을 위한 가치함수는 $V(x)$ 로, 베가 계산을 위한 가치함수는 $V(\sigma)$ 로 나타낸다. SIMM의 입력 값 즉 민감도는 델타와 베가이며 각각 s 와 $\frac{\partial V}{\partial \sigma}$ 로 나타낸다.

(2) SIMM의 기본 구조

SIMM⁷⁾은 사용자가 계산한 민감도(Delta, Vega)와 ISDA (2019)에서 미리 추정해 놓은 파라미터(상관관계, 위험 가중치 등)를 이용하여 개시증거금을 산출하는 일련의 계산절차이다. 이 과정에서 델타 위험, 베가 위험, 곡도(curvature) 위험, 베이스스 간(inter-curve basis) 위험, 집중(concentration) 위험 등이 반영된다.

7) 본 연구에서는 ISDA (2019) 와 ISDA (2017)을 기반으로 하는 SIMM 방법론에 나타나는 주요 용어를 가급적 원어 그대로 사용하기로 하였다. 그 이유는 금융감독 당국의 우리말 번역 등이 아직 제시되지 않았으므로 불필요한 혼동을 방지하기 위해서이다.

[그림 2] SIMM의 입력과 산출의 흐름도



주) 괄호 안의 문자는 ISDA (2019)에서 사용하는 기호이다.

DM, VM, CM, BM은 각각 Delta, Vega, Curvature, Base Correlation Margin을 의미한다.

출처: 저자 재구성

[그림 2]에서 입력 흐름은 ISDA (2017)의 CRIF 파일 입력을 나타내고 산출 흐름은 ISDA (2019)의 SIMM 모형 적용을 의미한다. 먼저 SIMM 모형의 입력 흐름을 보면 거래상대방과의 거래(trades)는 4개의 Product Class 중 하나에 배정되며 Product Class는 6개의 Risk Class로 구분된다. 각각의 Risk Class는 위험 특성에 부합되는 Risk Bucket으로 구분되며 Risk Bucket의 하위 요소는 Risk Factor가 된다. Delta와 Vega는 이 Risk Factor별로 입력된다.

SIMM 모형의 산출 흐름을 보면 Risk Factor 별 민감도(s)에 가중치와 집중위험을 반영하기 위한 임계값이 적용되어 가중민감도(WS)가 계산된다. 이후 Risk Bucket별로 주어진 가중치와 상관관계가 반영되어 Risk Bucket Margin (K)이 계산된다. Risk Class의 민감도 별 Margin (Delta, Vega, Curvature, BaseCorr)은 Risk Bucket Margin의 가중치 및 상관관계가 고려되어 결정된다. 이들을 합하면 Risk Class 별 IM이 되며 최종적으로 이들 사이의 상관관계를 고려하여 합산한 결과가 이 Product의 SIMM이다. 총 개시증거금(Total SIMM)은 Product 별 SIMM의 단순 합산이다.

Product Class는 Interest Rate, Credit(Qualifying), Credit(Non-Qualifying), Equity, Commodity, FX의 6개의 Risk Class의 부분집합으로 분해된다. 특히 Credit(Qualifying)은 국가나 회사가 발행한 투자등급 또는 고수익 신용파생상품을 의미하고 Credit(Non-Qualifying)은 ABS, MBS 등을 의미한다.

SIMM 모형은 CRIF 파일로부터 6개의 Risk Class⁸⁾의 민감도별 마진(Delta Margin, Vega Margin, Curvature Margin)까지 계산한 후 이 값들을 이용하여 총 개시증거금을 계산한다. 먼저 6개의 Risk Class에 대한 IM을 각각 Delta Margin, Vega Margin, Curvature Margin의 합으로 나타낸다. 단, Credit (Qualifying)의 경우 BaseCorr Margin이 추가된다. 따라서 X 라는 Risk Class의 IM_X 는 다음과 같다.

$$IM_X = DeltaMargin_X + VegaMargin_X + CurvatureMargin_X + BaseCorrMargin_X \quad (2)$$

Product Class는 RateFX, Credit, Equity, Commodity로 총 4개이며 모든 거래는 각각 하나의 Product Class에 속한다. p 를 product, r 또는 s 를 Risk Class로 나타내면 특정 Product Class의 개시증거금($SIMM_p$)은 다음과 같이 Risk Class간 상관관계(ψ_{rs})를 적용하여 산출된다.

$$SIMM_p = \sqrt{\sum_r (IM_r^p)^2 + \sum_r \sum_{s \neq r} \psi_{rs} IM_r^p IM_s^p} \quad (3)$$

여기에서 ψ_{rs} 는 Product Class 내의 Risk Class 간 6×6 상관관계 행렬의 원소이다.⁹⁾

총 개시증거금은 Product Class 별 개시증거금을 모두 단순 합산한 것이다.

$$SIMM = SIMM_{RatesFX} + SIMM_{Credit} + SIMM_{Equity} + SIMM_{Commodity} \quad (4)$$

결국 SIMM 계산에 필요한 값은 6개의 Risk Class의 민감도별 마진이다. 그런데 민감도별 마진의 계산 과정은 위험 종류에 따라 서로 다른 기준이 적용된다. SIMM 모형은 입력 단계의 일관성이 유지되고 그룹별 합산 등이 용이하도록 ISDA (2017)의 CRIF (Common Risk Interchange Format) 파일 형식을 이용한다.

(3) SIMM의 입력 형식 : CRIF 파일

CRIF파일은 SIMM 산출에 적합한 자료의 입력 형식으로 Risk Class의 종류, Bucket 구조 및 추가적인 설명(Label1, Label2) 그리고 민감도로 구성된다. SIMM의 세부적인 수

8) 표기법의 단순화를 위하여 6개의 Risk Class인 Interest Rate, Credit(Qualifying), Credit(Non-Qualifying), Equity, Commodity, FX를 순서대로 IR, CQ, CN, EQ, CM, FX로 나타내기로 한다.

9) ISDA (2019)의 88번 문단 참고

식은 CRIF 파일의 구성요소를 이용하여 전개된다. [표 2]는 CRIF 파일 형식과 내용을 요약한 것이다. ProductClass는 거래가 매핑되는 4개의 상품군을 의미한다. Amount, AmountCurrency, AmountUSD는 각각 민감도 수치, 통화 코드, 달러화로 환산된 민감도 수치이다. RiskType은 위험요인을 나타내는 구분자이며 총 16개이다. RiskType의 명칭에서 기초자산 정보를 알 수 있다. Amount와 AmountUSD는 RiskType이 “Vol”을 포함하면 Vega, 그렇지 않은 경우 Delta를 의미한다. Qualifier는 RiskType의 구체화이며 ISO (국제표준화기구) 통화 코드나 ISIN (국제표준증권번호) 코드 또는 문자열의 형태로 주어진다. 종목코드와 유사한 개념인 Qualifier는 그 개수가 매우 많으므로 특징적 유사도를 기준으로 Bucket으로 그룹화된다. CRIF 파일의 구성필드의 세부 내용은 ISDA (2017)을 참고하면 된다.

[표 2] CRIF 파일 형식

Product Class	RiskType	Qualifier	Bucket	Label1	Label2	(1)	(2)	(3)	
RatesFX Credit Equity Commodity	Risk_IRCurve	ISO currency name	currency vol 1:3	tenor 1:12	sub curve				
	Risk_IRVol								
	Risk_InflationVol								
	Risk_Inflation								
	Risk_XCcyBasis								
	Risk_BaseCorr	Index family name							
	Risk_CreditQ	ISIN	1:12,R	tenor 1:5					
	Risk_CreditVol								
	Risk_CreditNonQ	ISIN	1,2,R						
	Risk_CreditVolNonQ								
	Risk_Equity	ISIN or user-defined string	1:12,R						
	Risk_EquityVol		tenor 1:12						
	Risk_FX	ISO currency name							
	Risk_FXVol	ISO Currency pair for vega		tenor 1:12					
Risk_Commodity	String description (SIMM appendix)	1:17							
Risk_CommodityVol			tenor 1:12						

주 (1),(2),(3)은 순서대로 Amount, AmountCurrency, AmountUSD를 나타낸다.

Bucket 필드의 R은 Residual을 의미하고 1:N은 1부터 N까지의 총 N개의 번호를 나타낸다.

회색음영은 사용되지 않는 필드를 의미한다.

출처: 저자 재구성

Bucket은 ISDA (2019)에 제시되어 있으며 Qualifier의 차원을 축소시켜 상관관계가 적용되도록 하는 1부터 시작하는 숫자이다. Risk_IRCurve는 통화별 변동성을 기준으로 3개의 Bucket으로 구분된다.¹⁰⁾ RiskCreditQ는 issuer/seniority에 따라 1부터 12 그리고 Residual의 총 13개 Bucket으로 구분된다.¹¹⁾ Bucket 외에 추가적인 정보가 필요한 경우 Label1, Label2 필드가 이용된다. 금리 상품의 경우 통화 변동성 별로 Bucket이 구분되는데 이외에도 만기, 수익률 곡선의 종류 등도 중요한 요소이므로 각각 Label1과 Label2에 배정된다. 물론 경우에 따라 Label1, Label2 또는 Bucket 등이 없는 경우도 있다.

[표 3] 위험 요인과 민감도 산출 식

위험 구분	민감도 산출 식	위험 요인(x)
델타		
Interest Rate	$s = V(x + 1bp) - V(x)$	통화별 수익률 곡선의 12 개 만기 수익률 만기 : 2w, 1M, 3M, 6M, 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 10Y, 15Y, 20Y, 30Y 수익률곡선 : OIS, Libor1m, Libor3m, Libor6m, Libor12m (for USD only) Prime and Municipal
Credit Qualifying		지급통화로 구분된 issuer/seniority pair별 신용스프레드 : 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 10Y
Credit Non-Qualifying		Issuer/Tranche pair 별 신용스프레드 : 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 10Y
Equity	$s = V(x + 1\%x) - V(x)$	개별 가격(spot price)
Commodity		계산의 기준 통화와 다른 통화간 환율 (단, 계산의 기준통화는 제외)
FX		
베타		
ALL	$\frac{\partial V}{\partial \sigma} = V(\sigma + 1) - V(\sigma)$ 1의 단위는 σ 의 단위와 동일	12개 만기로 구성되는 위험 요인(x)의 ATM 내재 변동성(implied volatility) 2w, 1M, 3M, 6M, 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 10Y, 15Y, 20Y, 30Y

출처 : ISDA (2019) 재구성

10) ISDA (2019)의 33번 문단 참고

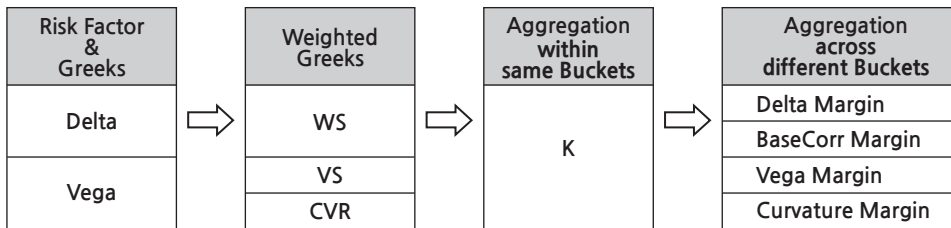
11) ISDA (2019)의 39번 문단 참고

[표 3]은 민감도 산출을 위한 SIMM 모형의 RiskType별 Risk Factor 와 민감도 산출식을 나타낸다. SIMM 모형의 델타는 금리와 신용 위험의 경우 위험 요인의 1bp 변화에 따른 가치 변화로 측정된다. 그 외 위험의 델타는 현물 가격(spot price) 대비 1% 변화에 따른 상대적인 가치 변화로 측정된다. SIMM 모형의 베가는 변동성 측정 단위와 동일한 단위를 가지는 한 단위 ATM 내재 변동성(at-the-money implied volatility risk factor) 변화에 따른 가치 변화로 측정된다. 즉 변동성의 한 단위 변화 $\sigma+1$ 에서 1은 변동성 계산 단위가 %이면 1%이고, bp이면 1bp이다.

2. 민감도별 Margin 계산

Risk Class X 의 IM_X 가 주어지면 SIMM이 쉽게 계산되므로 6개의 Risk Class의 IM을 구성하는 민감도별 마진(DM, VM, CM, BM)을 계산할 차례이다.

[그림 3] 민감도별 Margin 계산 단계



출처 : 저자 재구성

[그림 3]의 민감도별 마진의 계산 단계는 [그림 2]의 SIMM의 입력과 산출 흐름에서 산출 방향에 해당한다. 즉 SIMM 모형의 큰 틀은 위험 요인별 민감도(델타와 베가)에 ISDA (2019)의 파라미터를 적용하여 1) 가중 민감도(WS, VR, CVR)를 산출하고 2) Bucket 또는 위험 그룹 별로 합산(K)한 후 3) Risk Class 별로 최종 합산하여 민감도별 마진을 계산하는 것이다. 이때 ρ_{kl} , T_b 와 같이 수식이 제시되지 않은 모든 파라미터는 ISDA (2019)의 부록에 수록되어 있다.

(1) Delta Margin

[표 4]의 Delta Margin의 가중 민감도(WS) 계산 과정은 먼저 금리 위험과 그 외의 위험으로 구분된다. 이때 금리 민감도는 수익률 곡선별, 만기별로 계산된다.

[표 4] WS (Bucket 내에서 계산한 민감도) 산출

	Interest-rate risk class	All other risk classes	
s	$s = V(x+1bp) - V(x)$	Credit Spread Risk	Equity, Commodity, FX Risk
		$s = V(x+1bp) - V(x)$	$s = V(x+1\%.x) - V(x)$
WS	$WS_{k,i} = RW_{k,i}CR_b$	$WS_k = RW_kS_kCR_k$	
CR	$CR_b = \max \left(1, \left(\frac{\left \sum_{k,i} s_{k,i} \right }{T_b} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$	$CR_k = \max \left(1, \left(\frac{\left \sum_j s_j \right }{T_b} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$	$CR_k = \max \left(1, \left(\frac{\left s_k \right }{T_b} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$

출처 : ISDA (2019)

가중치가 반영된 금리 민감도($WS_{k,i}$)는 만기 k , 수익률 곡선(sub yield curve)의 번호 i 에 해당하는 민감도 $s_{k,i}$ 로부터 계산된다. 이때 만기별 가중치 (RW_k)와 집중위험 요인(CR_b)을 계산하기 위한 임계값(T_b)을 이용한다. 가중 민감도는 위험가중치 $\times$ 민감도 $\times$ 집중위험 요인으로 계산되는데 이때 집중위험 요인은 민감도 합의 절대값과 델타 집중위험 임계값을 이용하여 계산된다.

[표 5]는 Delta Margin의 K 즉 Bucket 내에서 가중 민감도를 합산하는 과정을 보여준다. 이 경우에도 금리 위험과 그 외의 위험으로 구분된다. 합산 과정에서 상관관계(ρ_{kl})가 동일하게 적용되지만 그 수치는 Risk Class에 따라 다르다. 특히 금리 위험의 경우 수익률 곡선간 상관관계(ϕ_{ij})가, 그 외 위험의 경우 집중위험 요인에 따라 결정되는 상관관계수(f_{kl})가 추가로 적용된다. 계산 과정에 나타나는 $\sum_k \sum_{l \neq k}$ (이후에도 유사한 표현이 나타남)은 행(k)과 열(l)을 각각 1부터 증가시키며 개별 원소에 어떤 연산을 적용하는 이중 반복문(double loop)이며 이때 행과 열이 같은 주대각 원소를 해당 연산에서 제외한다는 의미를 가진다.

[표 5] K (Bucket 내 가중 합산한 WS) 산출

	Interest-rate risk class	All other risk classes
K	$K_c = \sqrt{\sum_{i,k} WS_{ki}^2 + \sum_{i,k} \sum_{(j,l) \neq (i,j)} \phi_{ij} \rho_{kl} WS_{ki} WS_{lj}}$	$K = \sqrt{\sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl} f_{kl} WS_k WS_l}$
ϕ_{ij} f_{kl}	$\phi_{ij} = 98.5\%$	$f_{kl} = \frac{\min(CR_k, CR_l)}{\max(CR_k, CR_l)}$

출처 : ISDA (2019)

K 는 개별 통화별로 구분된 bucket 기준으로 계산한다. 즉 서로 다른 bucket에 속하는 두 개의 통화가 있다면 각각 K 를 산출한다. 이때 계산 대상에 따라 bucket의 구성요소가 다르다. IR 위험의 Delta 마진(DM_{IR}) 계산에 적용되는 통화 bucket은 모든 개별 통화이다. 이 경우 각각의 통화가 하나의 bucket이다. 이에 반해 부록의 [표 A.1]과 [표 A.2]에서 알 수 있듯이 집중위험 요인(CR_b)은 4개의 통화 그룹으로 구분되며 수익률 곡선별-만기별 가중치(RW_k)는 3개의 통화 그룹으로 구분된다. 그러므로 IR 위험의 Delta 마진(DM_{IR})을 계산할 경우 수익률 곡선별-만기별 민감도 수치인 $s_{k,i}$ 가 모든 통화에 대하여 각각 입력되어야 한다.

[표 6] Delta Margin (Bucket간 가중 합산한 K) 산출

	Interest-rate risk class	All other risk classes
DM	$DM_{IR} = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} g_{bc} S_b S_c}$	$DM_X = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} g_{bc} S_b S_c} + K_{res}$
S_b	$S_b = \max \left(\min \left(\sum_{i,k} WS_{ki}, K_b \right), -K_b \right)$	$S_b = \max \left(\min \left(\sum_{k=1}^K WS_k, K_b \right), -K_b \right)$

출처 : ISDA (2019)

[표 6]은 K 가 주어진 경우 Delta Margin 즉 Bucket간 K 를 합산하는 과정을 보여준다. 이 경우에도 금리위험과 그 외의 위험으로 구분된다. 합산과정에서 상관관계(γ_{bc})가 동일하게 적용되지만 그 수치는 Risk Class에 따라 다르다. 또한 집중위험 요인에 따라 결정되는 상관계수인 $g_{bc} = \frac{\min(CR_b, CR_c)}{\max(CR_b, CR_c)}$ 가 추가로 적용된다. 특이한 점은 수식에서 상관관계가 적용되는 대상은 K_b 가 아니라 S_b 이다. S_b 는 포트폴리오 분산효과를 측정하기 장치이다. 만일 WS 의 단순 합이 K_b 보다 작거나 음(-)의 값을 가지는 것은 K_b 의 계산과정에서 WS 간 위

험감소효과가 제대로 반영되지 못한 것으로 해석된다. 이 경우 항상 양의 값을 가지는 K_b 대신 S_b 를 통해 음의 값을 가질 수 있도록 하되 $-K$ 보다는 작지 않게 하한선을 설정하는 것으로 이해할 수 있다. Residual Bucket이 없는 금리와 FX를 제외한 나머지 위험의 Delta Margin은 Residual Bucket (K_R)을 따로 구분하여 합산된다.

(2) Vega Margin

[표 7]은 Vega Margin의 가중 민감도(VR_k)를 계산하는 과정을 보여준다. 이 경우에는 Delta Margin과 달리 금리 · 신용 위험과 그 외의 위험으로 구분된다.

[표 7] VR_k (Bucket 내에서 계산한 민감도) 산출

	Interest Rate & Credit		Equity, Commodity, & FX
$\frac{\partial V_i}{\partial \sigma}$	$\frac{\partial V_i}{\partial \sigma} = V(\sigma+1) - V(\sigma)$		
σ_{kj}	ATM 스왑션의 내재변동성 (k : risk factor (vol tenor), j : swap maturity)		$\sigma_{kj} = \frac{RW_k \sqrt{365/14}}{\Phi^{-1}(99\%)}$
VR_{ik}	$VR_{ik} = \sum_j \sigma_{kj} \frac{\partial V_i}{\partial \sigma}$		$VR_{ik} = HVR_c \sum_j \sigma_{kj} \frac{\partial V_i}{\partial \sigma}$
VR_k	Interest Rate	Credit	$VR_k = VRW(\sum_i VR_{ik})VCR_k$
	$VR_k = VRW(\sum_i VR_{ik})VCR_b$	$VR_k = VRW(\sum_i VR_{ik})VCR_k$	
VCR	Interest Rate	Credit	$VCR_k = \max \left(1, \left(\frac{ \sum_i VR_{ik} }{VT_b} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$
	$VCR_b = \max \left(1, \left(\frac{ \sum_{ik} VR_{ik} }{VT_b} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$	$VCR_k = \max \left(1, \left(\frac{ \sum_{ij} VR_{ij} }{VT_b} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$	

출처 : ISDA (2019)

베가($\frac{\partial V_i}{\partial \sigma}$)는 ATM 내재변동성의 1% 또는 1bp (내재변동성 측정단위에서 1) 변동에 따른 가치 변화를 의미한다. 베가 리스크(VR_{ik})는 변동성 만기(volatility tenor)로 주어지는 Risk Factor별로 베가를 합산(netting)한 값과 σ_{kj} 즉 변동성과의 곱으로 계산된다. 이때 금리 · 신용 이외의 경우 역사적 변동성 비율(historical volatility ratio)인 HVR 을 곱하여 베가 측

정 시 발생 가능한 부정확성이 교정되도록 한다 VR_{ik} 이 주어지면 베가 위험 가중치(VRW)를 적용하여 VR_k 즉 위험요인별 가중 민감도(베가)가 계산된다. 베가 집중위험 요인(VCR)은 VR_{ik} 와 베가 집중위험 임계값 VT_b 를 이용하여 계산된다.

[표 8]은 VR_k 이 주어진 경우 Vega Margin의 K 즉 Bucket 내에서 가중 민감도를 합산하는 과정을 보여준다. 이때 f_{kl} 즉 집중위험 요인에 따라 결정되는 상관계수가 금리 위험의 경우 $f_{kl}=1$ 이고 그 외의 위험의 경우 $f_{kl} = \frac{\min(VCR_b, VCR_l)}{\max(VCR_b, VCR_l)}$ 이다.

[표 8] K (Bucket 내 가중 합산한 VR_k) 산출

	All risk classes
K	$K_b = \sqrt{\sum_k VR_k^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl} f_{kl} VR_k VR_l}$

출처 : ISDA (2019)

[표 9]는 K 가 주어진 경우 Vega Margin 즉 Bucket간 K 를 합산하는 과정을 보여준다. 집중위험 요인에 의해 결정되는 상관계수가 금리위험의 경우 $g_{bc} = \frac{\min(VCR_b, VCR_c)}{\max(VCR_b, VCR_c)}$ 이지만 그 외 위험의 경우 $g_{bc}=1$ 이라는 것이다.

[표 9] Vega Margin (Bucket간 가중 합산한 K) 산출

	All risk classes
VM_{S_b}	$VM_X = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} g_{bc} S_b S_c} + K_{res}, \quad S_b = \max \left(\min \left(\sum_{k=1}^K VR_k, K_b \right), -K_b \right)$

출처 : ISDA (2019)

(3) Curvature Margin

[표 10]은 Curvature Margin의 가중 민감도(CVR_{ik})를 계산하는 과정을 보여준다. 곡도 리스크 익스포저 계산에 필요한 베가와 변동성은 베가 리스크 익스포저 VR_{ik} 를 계산하는 경우와 동일하다. 물론 추가적으로 $SF(t)$ 가 도입되었지만 별도의 위험 가중치나 집중위험 요인은 없다. $SF(t)$ 는 잔존만기의 함수이며 베가와 감마 사이에 관계로부터 도출된 일종의 스케일 조정 역할을 한다. 이때 Equity Class의 13번 Bucket인 변동성 지수(volatility indexes)의 경우 $CVR_{ik}=0$ 으로 고정된다.

[표 10] CVR_{ik} (Bucket 내에서 계산한 민감도) 산출

	All risk classes
$CVR_{ik}, SF(t)$	$CVR_{ik} = \sum_j SF(t_{kj}) \sigma_{kj} \frac{\partial V_i}{\partial \sigma}, \quad SF(t) = \frac{1}{2} \min\left(1, \frac{14 \text{ days}}{t \text{ days}}\right)$

출처 : ISDA (2019)

[표 11]은 CVR_{ik} 가 주어진 경우 Curvature Margin의 K 즉 Bucket 내에서 가중 민감도를 합산하는 과정을 보여준다. CVR_{ik} 에는 ρ_{kl} 대신 ρ_{kl}^2 이 적용되며 집중위험 요인이 없으므로 상관관계 f_{kl} 는 없다.

[표 11] K (Bucket 내 가중 합산한 CVR_{ik}) 산출

	All risk classes
K	$K_b = \sqrt{\sum_k CVR_{b,k}^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl}^2 CVR_{b,k} CVR_{b,l}}$

출처 : ISDA (2019)

[표 12]는 K 가 주어진 경우 Curvature Margin 즉 Bucket간 K 를 합산하는 과정을 보여준다. Curvature Margin은 Residual Bucket (CM_{res})과 그 외의 Bucket ($CM_{non-res}$)으로 구분하여 산출한 후 합산된다. 합산 과정은 금리 위험과 그 외의 위험으로 구분되는데 금리 위험의 경우 최종적으로 산출된 수치에 역사적 변동성 비율을 HVR_{IR}^{-2} 의 형태로 곱해준다. 이때 $\Phi^{-1}(\cdot)$ 은 표준정규분포의 역함수이다.

[표 12] Curvature Margin (Bucket간 가중 합산한 K) 산출

	Interest-rate risk class	All other risk classes
CM	$CM_{IR} = HVR_{IR}^{-2}(CM_{non-res} + CM_{res})$	$CM_X = CM_{non-res} + CM_{res}$
$CM_{non-res}$	$CM_{NR} = \max\left(\sum_{b,k} CVR_{b,k} + \lambda \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc}^2 S_b S_c}, 0\right)$	
	$\theta = \min\left(\frac{\sum_{b,k} CVR_{b,k}}{\sum_{b,k} CVR_{b,k} }, 0\right), \quad \lambda = (\Phi^{-1}(99.5\%)^2 - 1)(1 + \theta) - \theta$ $S_b = \max\left(\min\left(\sum_k CVR_{b,k}, K_b\right), -K_b\right)$	
CM_{res}	$CM_{Res} = \max\left(\sum_k CVR_{res,k} + \lambda_{res} K_{res}, 0\right)$	
	$\theta_{res} = \min\left(\frac{\sum_k CVR_{res,k}}{\sum_k CVR_{res,k} }, 0\right), \quad \lambda_{res} = (\Phi^{-1}(99.5\%)^2 - 1)(1 + \theta_{res}) - \theta_{res}$	

출처 : ISDA (2019)

(4) Base Correlation 위험

Risk Class 중 Credit Qualifying의 경우 CDX IG나 iTraxx Main 같은 신용지수(base correlation risk factor)의 상관관계(BC_k)에 대한 민감도로부터 계산한 margin이 IM_{CQ} 의 합산식에 추가된다.

[표 13] Base Correlation Margin 계산 상세

	Credit Qualifying Only	All other risk classes
BM	$BM_{CQ} = \sqrt{\sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl} WS_k WS_l}$	$BM_X = 0$
s, WS	$s_{ik} = V_i(BC_k + 1\%) - V_i(BC_k), \quad WS_k = RW_k s_k$	

출처 : ISDA (2019)

3. 금리모형

하나의 금리 또는 장단기 금리 스프레드에 의해 복잡한 형태의 수익구조가 결정되는 구조화 금리 스왑을 평가하기 위해서는 금리 시뮬레이션 모형이 필요하다.¹²⁾ 본 연구는 금리모형으로 Hull and White (1990)의 Hull-White 1 요인 모형과 Brigo and Mercurio (2006), Overhaus *et al.* (2007) 등의 Hull-White 2 요인 모형을 사용하였다. 이 모형은 시간 가변 파라미터를 도입하여 주어진 수익률 곡선에 정확히 적합되는 특성을 가지므로 금리 파생상품 평가 목적에 부합된다. 또한 Hull-White 모형은 평균회귀 성향을 반영하고 금리캡, 금리플로어, 스왑선에 대한 단힌 해를 제공하므로 실무에서 사용하는 대표적인 모형에 속한다. 본 연구는 발행자 콜옵션을 반영하기 위해 Longstaff and Schwartz (2001)의 LSMC (least square Monte-Carlo) 기법이 Hull-White 모형 안에서 구현된 모형을 사용하였다.¹³⁾

(1) Hull-White 1요인 모형

단기금융계정(money market account) $B(t)$ 가 기준재(numeraire)인 위험중립측도(risk-neutral measure) Q 하에서 순간금리 $r(t)$ 의 확률과정을 다음과 같이 가정한다.

$$dr(t) = [\theta(t) - a(t)r(t)]dt + \sigma(t)dW(t) \quad (5)$$

여기에서 $\theta(t)$ 는 순간 금리 시뮬레이션 결과가 주어진 수익률 곡선(initial yield curve)에 적합되도록 조정하는 결정론적(deterministic) 함수이며, $a(t)$ 와 $\sigma(t)$ 는 각각 평균회귀(mean-reversion), 변동성(volatility)을 나타내는 모수이다. $W(t)$ 는 표준 위너(Weiner) 확률과정을 의미한다.

12) 금리 파생상품을 평가하는 모형은 Ho and Lee (1986), Black, Derman, and Toy (1990), Hull and White (1990), Black and Karasinski (1991) 등 다양하다. 그런데 최근과 같은 금리 하락추세에서는 로그노말 모형은 거의 사용되지 않으므로 본 연구도 별도로 BDT 같은 모형을 고려하지는 않았다.

13) 지면 제약으로 인하여 Hull-White 모형의 구체적인 내용은 본문에서 다루어지지 않았다. 관심이 있는 독자는 저자들의 블로그 <https://kiandlee.blogspot.com> 에서 Hull-White 모형을 상세히 설명한 자료를 참고할 수 있다.

(2) Hull-White 2 요인 모형

단기금융계정 $B(t)$ 가 기준재인 위험중립측도 Q 하에서 순간금리 $r(t)$ 의 확률과정을 다음과 같이 가정한다.

$$\begin{aligned} r(t) &= x(t) + y(t) + \varphi(t) \\ dx(t) &= -a(t)x(t)dt + \sigma(t)dW_1(t), \quad x(0) = 0 \\ dy(t) &= -b(t)y(t)dt + \eta(t)dW_2(t), \quad y(0) = 0 \\ dW_1(t)dW_2(t) &= \rho dt, \quad -1 \leq \rho \leq 1 \end{aligned} \quad (6)$$

여기에서 $a(t)$, $b(t)$ 는 평균회귀 함수, $\sigma(t)$, $\eta(t)$ 는 변동성 모수이며 ρ 는 상관관계이다. $W_1(t)$, $W_2(t)$ 는 표준 위너 과정, $\varphi(t)$ 는 결정론적 함수이다.

Ⅲ. 실증분석

1. 분석 대상 구조화 스왑

본 연구의 분석 대상인 장외파생 금리상품은 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 형태를 가진 구조화 스왑 (structured swap)이며 구조화 채권 (structured note)을 발행한 금융기관이 헤지 거래 목적의 스왑을 체결한다는 가정에 기초한다. 특히 구조화 쿠폰 수익률을 높이기 위하여 실제 시장에서 거래되는 구조화 스왑은 발행자 콜(issuer call) 조항이 포함된 것이 대부분이다. 분석과 관련된 공통 가정은 액면금액은 100억 원, 만기는 10년, 발행자 콜 행사는 1년이 지난 시점부터 가능하다는 것이다. 금융기관은 구조화 금리를 지급하고 변동 금리를 수취하므로 구조화 스왑의 가치는 변동(floating leg) 부분에서 고정 부분(structured leg)을 차감한 가치 즉 발행자(금융기관) 입장에서 계산된다.

Vanilla 금리 스왑의 변동 금리는 CD 91일 금리이며 고정금리는 2%이고 현금흐름 교환주기는 3개월로 가정하였다. Range Accrual 스왑은 이자 결정구간(전기 이자지급일의 다음 영업일에서 다음 이자 지급일까지)에서 지표금리가 일정 범위(하한과 상한)에 있는 일수(day count)만큼의 일일이자가 누적되어 해당 이자지급일에 지급되는 구조화 금리(structured leg)를 변동 금리(floating leg)와 교환하는 스왑이다. 변동 금리와 구조화 금리를 결정하는 지표 금리로서 CD 91일 금리를 사용하였고 현금흐름 교환주기는 주로 거래되는 계약형태를 고려하여 3개월로 가정하였다. Range Accrual Swap의 구조화 금리의 수익구조(payoff)은 다음과 같다.

$$2\% \times n/N \quad (n: 0\% < CD91 < 5\%), \quad \text{Act}/365, \quad \text{Following} \quad (7)$$

위 구조는 이자결정기간(3M)동안 CD91일 금리가 0%와 5% 사이에 위치하는 날의 일수(n)를 이자결정구간의 전체일수(N)로 나눈 비율에 고정금리(2%)를 곱하여 구조화 지급 금리를 결정한다는 것이다. Spread Range Accrual 스왑은 지표 금리가 장단기 스프레드(10Y-5Y)이고 현금흐름 교환주기는 6개월인 것 외에는 Range Accrual 스왑과 동일하며 수익 구조는 다음과 같다.

$$3\% \times n/N \quad (n: 0\% < 10Y-5Y), \quad \text{Act}/365, \quad \text{Following} \quad (8)$$

위 구조는 이자결정기간(6M)동안 10년 만기 금리와 5년 만기 금리의 차이(spread)가 0%보다 큰 날의 일수(n)를 이자결정구간의 전체일수(N)로 나눈 비율에 고정금리(3%)를 곱하여 구조화 지급 금리를 결정한다는 것이다.

2. 자료

Hull-White 모형의 모수 추정에 필요한 자료는 IRS 금리 기간구조([표 14])와 스왑선 변동성 행렬([표 15]) 특정 표본이 모수 추정에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 2014년부터 2019년까지의 6개 연도 말 자료를 사용하였다.

[표 14] 만기별 KRW IRS 금리

이 표는 2014~2019년 말일의 KRW IRS 금리 기간구조를 나타낸다. 열은 만기(year)이며 단위는 %이다.

	1	2	3	5	7	10	15	20
2014	1.6060	1.6080	1.6425	1.7360	1.8200	1.9330	2.0060	2.0325
2015	1.6060	1.6080	1.6425	1.7360	1.8200	1.9330	2.0060	2.0325
2016	1.4970	1.5170	1.5630	1.6730	1.7330	1.8330	1.8500	1.7400
2017	1.8274	1.9942	2.0624	2.1266	2.1550	2.1992	2.2477	2.2483
2018	1.8758	1.8174	1.7850	1.7717	1.7850	1.8300	1.8630	1.8225
2019	1.4048	1.3271	1.3197	1.3327	1.3404	1.3823	1.3809	1.2814

출처: Bloomberg

[표 15] KRW 스왑선 변동성

이 표는 2014~2019년 말일의 KRW 스왑선 변동성(단위 %)을 나타낸다. 열과 행은 각각 스왑과 옵션 만기이다.

	1	2	3	5	7	10	1	2	3	5	7	10
	2014년						2017년					
1	21.70	20.85	20.10	18.90	18.05	17.30	18.50	18.99	19.64	20.39	20.62	21.14
2	21.10	20.15	19.20	17.60	17.20	17.00	20.20	20.80	19.80	19.90	19.90	19.60
3	21.75	20.30	19.15	17.25	16.90	16.80	20.80	21.20	20.10	19.70	19.30	18.90
5	21.40	20.35	19.80	18.80	18.30	17.50	21.60	21.80	20.10	19.00	18.40	18.10
7	19.95	19.45	19.00	18.80	19.00	18.80	21.40	20.60	19.30	17.70	17.40	17.40
10	20.00	19.35	19.20	18.80	18.80	18.60	18.80	18.10	16.90	16.80	17.10	17.10
	2015년						2018년					
1	24.55	24.10	23.80	23.30	23.10	22.90	17.29	19.29	21.44	25.37	25.34	25.00
2	24.40	24.05	23.75	23.10	22.40	21.70	21.97	22.79	23.45	24.70	24.10	24.49
3	25.00	23.90	22.95	21.85	21.20	20.70	23.29	23.30	22.60	22.70	22.70	22.80
5	23.80	22.25	21.80	20.60	20.00	20.00	25.24	24.20	23.59	21.80	21.80	22.00
7	22.15	21.05	20.30	19.70	19.60	19.40	24.05	22.10	21.10	20.60	21.00	21.50
10	20.50	19.85	19.80	20.40	20.10	19.20	22.91	21.72	21.39	21.23	22.32	23.56
	2016년						2019년					
1	36.30	34.80	33.50	31.50	31.00	30.30	27.50	29.15	31.50	36.30	36.95	36.65
2	33.60	30.20	29.20	27.30	26.60	26.40	30.60	31.10	32.25	34.50	33.90	34.10
3	29.50	27.20	26.50	25.00	24.10	24.20	32.30	32.90	33.45	33.35	32.80	33.30
5	25.70	24.80	23.90	22.90	22.50	22.80	34.00	33.85	33.20	31.00	31.10	32.80
7	23.50	22.50	21.90	21.80	22.20	23.20	32.70	32.15	31.30	29.80	31.00	34.30
10	22.50	22.70	22.80	23.00	24.10	26.30	30.80	31.55	33.30	32.60	36.00	39.80

출처: Bloomberg

3. 모수 추정

Hull-White 모형의 모수 추정(calibration)은 모형의 스왑선 가격과 시장의 스왑선 가격(시장에서 고시되는 스왑선에 대한 Black 변동성을 스왑선 가격으로 변환한 값)사이의 거리를 최소화하는 모수를 선택하는 것이다. [표 16]과 [표 17]은 각각 KRW IRS 금리 기간구조와 스왑선 변동성 자료를 이용하여 Hull-White 모형의 파라미터를 추정한 결과이다. 파라미터의 개수는 전자의 경우 7개, 후자의 경우 15개이다. 이때 실무적으로 Hull-White 모형의 평균회귀와 상관관계 모수는 추정이 쉽지 않으므로 고정하는 것이 일반적이다. 그래서 1요인 모형의 평균회귀 모수(α)는 0.05, 2요인 모형의 평균회귀 모수(a, b)와 상관관계(ρ)는 각각 0.1, 0.01, -0.8로 고정시켰다.¹⁴⁾

[표 16] Hull-White 1요인 모형 모수추정 결과

이 표는 2014-2019년 말일의 시장자료 (IRS 금리 기간구조, 스왑선 변동성)를 이용하여 Hull-White 1-요인 모형의 평균회귀 모수(α)와 변동성 모수(σ_t)를 추정한 결과이다. 평균회귀모수는 0.05로 고정하였다.

	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$\sigma(1)$	0.5274	0.5361	0.6828	0.5612	0.5433	0.5968
$\sigma(2)$	0.5494	0.5594	0.5690	0.5445	0.5563	0.5654
$\sigma(3)$	0.5972	0.5581	0.5496	0.5581	0.5080	0.5972
$\sigma(5)$	0.7355	0.5971	0.5842	0.5772	0.5806	0.6099
$\sigma(7)$	0.8442	0.6130	0.6190	0.5722	0.5725	0.6497
$\sigma(10)$	0.8771	0.6612	0.6687	0.6053	0.6900	0.7147

출처: 저자 추정

14) Hull-White 모형의 평균회귀 모수와 변동성 모수는 모두 변동성과 관련이 깊다. 따라서 유사한 정보를 설명하는 두 종류의 모수를 동시에 추정하는 것은 식별의 문제를 야기하여 수치적으로 다소 어려운 것으로 알려져 있다. 이 문제를 완화하기 위하여 일부 모수를 고정시키는 것이 실무적인 관행이다. 단 본 연구에서 설정한 고정 값의 대표성에 대한 의문이 있을 수 있다. 이에 Ⅲ장 6절에 모수 추정 방식에 따른 SIMM 산출값의 민감도를 분석하였다.

[표 17] Hull-White 2 요인 모형 모수추정 결과

이 표는 2014-2019년 말일의 시장자료 (IRS 금리 기간구조, 스왑선 변동성)를 이용하여 Hull-White 2요인 모형의 모수 $(a, b, \rho, \sigma, \eta)$ 를 추정한 결과이다. 2개의 평균회귀모수와 상관관계는 각각 0.1, 0.01, -0.8로 고정하였다.

	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
$a(1)$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
$b(2)$	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ρ	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
$\sigma(1)$	0.0971	0.4270	0.3101	0.4732	0.4518	0.4927
$\sigma(2)$	0.7596	0.7504	0.8823	0.8206	0.4569	0.4481
$\sigma(3)$	0.9494	0.9008	0.8868	0.9365	0.5424	0.7694
$\sigma(5)$	1.2567	0.9473	0.9036	0.9919	0.8744	0.7690
$\sigma(7)$	0.8204	0.9757	0.9397	0.9597	0.7575	0.7746
$\sigma(10)$	0.6112	1.0232	0.7994	0.8317	0.5994	0.7153
$\eta(1)$	0.5019	0.6590	0.7396	0.7001	0.6749	0.7389
$\eta(2)$	0.7359	0.7305	0.7248	0.7068	0.6531	0.6498
$\eta(3)$	0.7655	0.6707	0.6491	0.6637	0.5822	0.7270
$\eta(5)$	0.9076	0.7035	0.6818	0.6423	0.6569	0.6916
$\eta(7)$	0.9823	0.6237	0.6561	0.5699	0.6041	0.6773
$\eta(10)$	0.7961	0.6345	0.6755	0.6405	0.6782	0.6750

출처: 저자 추정

4. 민감도 계산과 CRIF 파일 작성

(1) 민감도 계산

델타(s)와 베가($\partial V_i / \partial \sigma$)는 SIMM 방법론에 따라 다음과 같이 계산한다.

$$s = \frac{V(x + 1bp) - V(x - 1bp)}{2}, \quad \frac{\partial V_i}{\partial \sigma} = \frac{V(\sigma + 1\%) - V(\sigma - 1\%)}{2} \quad (9)$$

델타는 만기별 IRS 금리의 1bp 상승/하락에 따른 가치 변화의 평균이며 베가는 스왑만기-옵션만기별 ATM 스왑선 변동성의 1% 상승/하락에 따른 가치 변화의 평균이다. 베가 위

험 익스포저는 옵션만기를 기준으로 한 ATM 스왑선의 변동성을 베가에 곱한 값을 합산한 것이다. [표 18]은 2014-2019년 말일 자료에 대하여 분석대상 스왑에 대한 민감도인 델타와 베가(정확히 베가 위험 익스포저)를 Hull-White 1 요인 및 2 요인 모형을 이용하여 계산한 결과이다.

[표 18] 구조화 스왑 종류별 델타와 베가

(단위 : 만원)

만기	Vanilla		Range Accrual		Spread Range Accrual		Vanilla		Range Accrual		Spread Range Accrual	
	델타	베가	델타	베가	델타	베가	델타	베가	델타	베가	델타	베가
2014년							2017년					
1	-19	6	-19	11	-24	370	-12	-10	-10	-3	-102	13
2	13	32	9	19	-45	121	47	63	48	70	-155	-52
3	17	29	26	21	-178	43	48	40	38	49	-363	534
5	141	126	74	237	300	395	120	85	74	106	1513	218
7	504	81	645	164	2559	175	290	37	306	64	3281	207
10	19	0	21	0	-993	0	10	0	14	0	-2267	0
20	0	0	0	0	-913	0	0	0	0	0	-1265	0
2015년							2018년					
1	-22	3	-16	-5	-155	-93	-4	25	-5	30	-42	489
2	20	52	18	41	-178	-135	41	59	35	60	-130	1384
3	45	53	27	47	-254	10	38	58	42	72	-294	188
5	143	132	112	160	2170	80	97	94	84	126	622	406
7	425	64	494	95	2102	52	294	38	370	76	3533	76
10	17	0	20	0	-1891	0	15	0	12	0	-1721	0
20	0	0	0	0	-1036	0	0	0	0	0	-1108	0
2016년							2019년					
1	-18	13	-13	26	-31	-122	16	34	8	47	-146	45
2	43	64	33	72	-84	-166	61	52	58	71	-209	-103
3	33	57	38	66	-250	-134	33	24	33	27	-330	692
5	113	95	90	141	406	189	70	67	68	91	2447	666
7	343	46	422	84	3233	108	145	22	172	52	2362	419
10	13	0	16	0	-1628	0	4	0	8	0	-2756	0
20	0	0	0	0	-970	0	0	0	0	0	-865	0

주 : 델타는 $s = [V(x+1bp) - V(x-1bp)]/2$ 형태의 민감도를 계산한 결과임.

베가는 $\frac{\partial V_i}{\partial \sigma} = [V(\sigma+1\%) - V(\sigma-1\%)]/2$ 형태의 민감도를 계산한 후 $VR_{ik} = \sum_j \sigma_{kj} [\partial V_i / \partial \sigma]$ 형태

즉 ATM 스왑선 내재변동성을 곱한 후 옵션 만기별로 합산한 결과임 (ISDA; 2017, 2019)

출처: 저자 추정

다만 본 연구에서 사용하는 IRS 금리의 만기는 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 7Y, 10Y, 15Y, 20Y이므로 짧거나 매우 긴 만기의 SIMM 만기는 포함되어 있지 않다. 스왑선의 경우도 옵션/스왑만기가 모두 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 7Y, 10Y이므로 동일한 현상이 나타난다. 이 경우 시장 자료의 만기가 SIMM 만기 구조에 부합되도록 자료의 확장 또는 보간을 고려할 수 있다.

(2) CRIF 파일 작성

SIMM 방법론을 적용하기 위해 필요한 CRIF 파일은 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 스왑에 대한 델타와 베가를 이용하여 작성된다. [표 19]는 Vanilla 금리 스왑 거래의 CRIF 파일이다.

[표 19] Vanilla 스왑 CRIF 파일 (2019/12/31)

(단위 : 만원,\$)

Product Class	RiskType	Qualifier	Bucket	Label1	Label2	Amount	Amount Currency	Amount USD
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	1Y	Libor3m	163,646	KRW	142
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	2Y	Libor3m	607,695	KRW	526
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	3Y	Libor3m	331,848	KRW	287
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	5Y	Libor3m	699,495	KRW	605
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	10Y	Libor3m	1,446,117	KRW	1,251
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	15Y	Libor3m	44,500	KRW	38
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		1Y		335,328	KRW	290
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		2Y		522,970	KRW	452
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		3Y		241,510	KRW	209
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		5Y		671,882	KRW	581
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		10Y		219,207	KRW	190

출처 : 저자 구축

일반적인 Vanilla 스왑은 금리 상품이므로 RateFX에 속하며 델타만 존재하므로 RiskType으로 Risk_IRCurve를 지정한다. 그런데 본 연구의 분석 대상 스왑은 모두 발행자 콜 조항을 포함하므로 베가가 존재하여 Risk_IRVol도 사용된다. Risk_IRCurve의 입력항목을 보면 스왑의 지표금리는 KRW IRS 금리이므로 Qualifier는 KRW이며 부록의 [표 A.1]

에서 확인할 수 있듯이 KRW는 regular volatility currency에 속하므로 Bucket은 1이다. Label1과 Label2는 각각 만기와 수익률 곡선의 종류를 의미하는데 [표 3]과 같이 Label2의 수익률 곡선의 종류가 한정된 관계로 가장 유사한 Libor3m을 선택하였다. Risk_IRVol에는 Bucket과 Label2가 사용되지 않으므로 Label1의 옵션 만기만 입력된다.

Amount는 민감도 수치이므로 Risk_IRCurve의 경우 델타이며 Risk_IRVol의 경우 베가이다. AmountCurrency는 민감도의 계산단위인 KRW를 입력한다. 그런데 부록의 [표 A.2]와 같이 ISDA (2019)의 집중위험 임계값 등의 파라미터가 USD 기준이므로 평가일 환율로 환산한 USD 단위의 민감도를 AmountUSD에 입력한다. 따라서 최종 원화표시 개시증거금은 USD 기준으로 산출된 개시증거금에 다시 평가일의 환율을 적용하여 환산한 값이다.

[표 20] Range Accrual 스왑 CRIF 파일 (2019/12/31)

(단위 : 만원,\$)

Product Class	RiskType	Qualifier	Bucket	Label1	Label2	Amount	Amount Currency	Amount USD
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	1Y	Libor3m	77,851	KRW	67
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	2Y	Libor3m	580,828	KRW	502
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	3Y	Libor3m	326,638	KRW	283
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	5Y	Libor3m	683,242	KRW	591
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	10Y	Libor3m	1,719,566	KRW	1,488
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	15Y	Libor3m	83,431	KRW	72
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		1Y		469,460	KRW	406
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		2Y		706,052	KRW	611
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		3Y		268,833	KRW	233
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		5Y		909,706	KRW	787
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		10Y		520,228	KRW	450

출처 : 저자 구축

[표 21] Spread Range Accrual 스왑 CRIF 파일 (2019/12/31)

(단위 : 만원,\$)

Product Class	RiskType	Qualifier	Bucket	Label1	Label2	Amount	Amount Currency	Amount USD
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	1Y	Libor3m	-1,458,138	KRW	-1,261
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	2Y	Libor3m	-2,088,909	KRW	-1,807
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	3Y	Libor3m	-3,297,786	KRW	-2,853
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	5Y	Libor3m	24,465,062	KRW	21,164
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	10Y	Libor3m	23,618,257	KRW	20,431
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	15Y	Libor3m	-27,564,686	KRW	-23,845
RatesFX	Risk_IRCurve	KRW	1	20Y	Libor3m	-8,646,018	KRW	-7,479
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		1Y		454,955	KRW	394
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		2Y		-1,030,320	KRW	-891
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		3Y		6,920,756	KRW	5,987
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		5Y		6,658,589	KRW	5,760
RatesFX	Risk_IRVol	KRW		10Y		4,187,663	KRW	3,623

출처 : 저자 구축

[표 20]과 [표 21]은 Range Accrual과 Spread Range Accrual 스왑 거래의 CRIF 파일이다. 금리 상품이므로 RateFX에 속하며 민감도는 델타 외에 콜 조항과 조건부 수익구조에 따른 베가도 존재하므로 Risk_IRCurve과 Risk_IRVol이 사용되었다.

5. SIMM 개시증거금 산출 결과

SIMM 개시증거금은 CRIF 파일로부터 계산된다¹⁵⁾. [표 22]는 2014년부터 2019년까지의 6개 연도를 대상으로 산출한 세 가지 분석 대상 스왑의 개시증거금을 정리한 것이다.

[표 22] 구조화 스왑의 SIMM 산출 결과

(단위 : 만원)

연도	Margin	Vanilla		Range Accrual		Spread Range Accrual	
		Collect	Post	Collect	Post	Collect	Post
2	Delta	34,137	34,137	38,330	38,330	42,428	42,428
0	Vega	43	43	71	71	166	166
1	Curvature	28	0	39	0	230	0
4	SIMM	34,207	34,179	38,440	38,401	42,824	42,594
2	Delta	26,330	26,330	29,270	29,270	45,702	45,702
0	Vega	43	43	60	60	33	33
1	Curvature	38	0	51	0	21	93
5	SIMM	26,410	26,372	29,381	29,330	45,757	45,828
2	Delta	23,929	23,929	26,809	26,809	55,205	55,205
0	Vega	42	42	56	56	394	394
1	Curvature	41	0	49	0	579	0
6	SIMM	24,012	23,971	26,914	26,865	56,178	55,599
2	Delta	31,484	31,484	33,047	33,047	57,024	57,024
0	Vega	47	47	53	53	20	20
1	Curvature	34	0	32	2	12	62
7	SIMM	31,565	31,531	33,132	33,103	57,057	57,107
2	Delta	24,921	24,921	23,377	23,377	53,892	53,892
0	Vega	34	34	44	44	144	144
1	Curvature	25	4	33	1	101	12
8	SIMM	24,980	24,959	23,455	23,423	54,136	54,048
2	Delta	16,156	16,156	17,055	17,055	55,288	55,288
0	Vega	30	30	44	44	268	268
1	Curvature	35	0	48	0	173	23
9	SIMM	16,221	16,186	17,147	17,099	55,729	55,579
평 균	Delta	26,160	26,160	27,981	27,981	51,590	51,590
	Vega	40	40	55	55	171	171
	Curvature	34	1	42	1	186	32
	SIMM	26,233	26,200	28,078	28,037	51,947	51,793

출처: 저자 추정

15) 독자의 이해를 돕기 위한 SIMM 계산 과정에 대한 예제를 부록 A에 수록하였다.

2014년부터 2019년까지의 6개 연도에 걸친 명목금액 대비 개시증거금의 비율은 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 스왑 순서대로 평균적으로 대략 2.6%, 2.8%, 5.2%로 산출되었다. 윤성관·이효섭(2014)의 연구에 보고된 2~3% 수준의 스왑의 위탁증거금(5 day)을 고려하면 Vanilla 스왑의 산출값은 적절한 수준으로 판단된다. 나머지 두 개의 스왑의 경우 Vanilla 스왑보다 일반적으로 위험이 높기 때문에 개시증거금도 높게 나온 것으로 판단된다.

본 연구의 분석 조건 하에서 도출된 실증분석 결과는 크게 세 가지이다. 첫째, 개시증거금은 서로 주고받는 것이므로 수취(collect)와 지급(post)로 구분되는데 개시증거금의 수취액과 지급액은 Delta Margin과 Vega Margin의 경우 거래 당사자 간에 동일하였다. 그러나 Curvature Margin의 경우 거래 당사자 간에 차이가 나는 것이 일반적이었다. 둘째 구조화 스왑의 개시증거금의 규모에 큰 영향을 미치는 것은 Delta Margin인 것으로 나타났다. 이에 반해 Vega와 Curvature Margin이 영향력은 상대적으로 작았다. 셋째, 다른 스왑에 비해 Spread Range Accrual 스왑의 개시증거금이 약 2배 정도 더 높게 나타났다. 이 결과는 위험이 높을수록 개시증거금도 크게 나타나는 경향이 있음을 보여준다.

계산 과정에서 주의할 점은 SIMM의 만기 구조와 자료의 만기 구조가 다를 경우 적절한 조정이 필요하다는 것이다. [표 22]는 민감도 산출 시 SIMM 만기 구조에 존재하지 않는 7년 만기의 민감도 값을 인접만기인 5년과 10년 만기에 배분한 결과로부터 산출된 개시증거금이다. 즉, 거래의 위험 특성에 부합되는 개시증거금을 산출하기 위해서는 만기별로 계산된 민감도를 SIMM모형의 만기로 적절히 배분해야 하며 이 경우 J.P. Morgan (1997) 등에서 사용하는 현금흐름 매핑 방식을 고려할 수 있다. 만일 SIMM 만기 구조를 기계적으로 적용하여 7년 만기의 민감도를 제외하고 계산할 경우 [표 23]과 같은 개시증거금을 얻게 된다.

[표 23] 구조화 스왑의 SIMM 산출 결과 (7년 만기 민감도 배분하지 않음)

(단위 : 만원)

연도	Margin	Vanilla		Range Accrual		Spread Range Accrual	
		Collect	Post	Collect	Post	Collect	Post
2	Delta	27,463	27,463	34,307	34,307	19,640	19,640
0	Vega	29	29	44	44	116	116
1	Curvature	22	0	27	0	211	0
4	SIMM	27,513	27,491	34,378	34,351	19,967	19,756
2	Delta	21,612	21,612	26,133	26,133	35,540	35,540
0	Vega	35	35	46	46	57	57
1	Curvature	34	0	45	0	6	104
5	SIMM	21,681	21,647	26,225	26,179	35,602	35,701
2	Delta	19,550	19,550	24,026	24,026	43,474	43,474
0	Vega	35	35	44	44	383	383
1	Curvature	38	0	44	0	574	0
6	SIMM	19,623	19,585	24,114	24,070	44,430	43,856
2	Delta	25,311	25,311	28,825	28,825	92,849	92,849
0	Vega	35	35	37	37	26	26
1	Curvature	29	0	25	2	8	65
7	SIMM	25,376	25,347	28,887	28,865	92,883	92,940
2	Delta	20,018	20,018	20,869	20,869	86,301	86,301
0	Vega	27	27	35	35	116	116
1	Curvature	22	4	29	1	89	12
8	SIMM	20,067	20,049	20,934	20,906	86,506	86,429
2	Delta	13,726	13,726	15,072	15,072	133,836	133,836
0	Vega	26	26	37	37	224	224
1	Curvature	34	0	46	0	153	23
9	SIMM	13,785	13,752	15,154	15,108	134,214	134,083
평 균	Delta	21,280	21,280	24,872	24,872	68,607	68,607
	Vega	31	31	41	41	154	154
	Curvature	30	1	36	1	174	34
	SIMM	21,341	21,312	24,949	24,913	68,934	68,794

출처: 저자 추정

7년 만기 민감도를 배분하지 않고 계산한 [표 23]의 결과를 보면 6개 연도별 평균 명목금액 대비 개시증거금의 비율은 분석 대상 스왑 순으로 대략 2.1%, 2.5%, 6.9% 정도로 나타났다. 특히 Spread Range Accrual 스왑의 개시증거금이 높게 산출되었고 특히 2019년의 경우 13% 정도에 이르기기도 하였다. 이와 같은 결과의 이유는 SIMM 만기 구조가 이 거래의 특성을 반영하는 주요 만기를 포함하지 않았기 때문이다. 그러므로 7년 만기 민감도 배분이 없을 경우 Spread Range Accrual 스왑의 개시증거금이 다소 과대평가될 가능성이 있는 것으로 해석된다.

6. 모수 추정 방식에 따른 SIMM 개시증거금의 민감도 분석

Hull-White 모형의 평균회귀와 상관관계 모수의 추정은 쉽지 않으므로 실무에서는 이 모수들을 고정하는 것이 일반적이다. 본 연구는 시장의 관행을 고려하여 Hull-White 모형의 평균회귀와 상관관계 모수를 고정시켰다. 그러나 고정된 모수 값의 변경에 따른 SIMM 산출값의 변화의 폭을 검토함으로써 산출 결과의 강건성을 확인할 필요가 있다. [표 24]는 Hull-White 모형의 모수 추정 방식에 따른 SIMM 산출값을 정리한 것이다.¹⁶⁾

[표 24] Hull-White 모수 추정 방법에 따른 구조화 스왑의 SIMM 산출 결과

(단위 : 만원)

연도	Margin	Vanilla		Range Accrual		Spread Range Accrual	
		Collect	Post	Collect	Post	Collect	Post
2	Full	34,261	34,237	39,020	38,999	45,579	47,850
0	Up	33,583	33,552	39,034	39,000	39,538	42,866
1	Down	34,512	34,500	39,408	39,368	56,933	59,496
4	Base	34,207	34,179	38,440	38,401	42,824	42,594
2	Full	27,483	27,449	28,661	28,622	52,437	54,124
0	Up	27,386	27,350	29,967	29,924	42,738	43,637
1	Down	26,054	26,026	27,460	27,408	9,160	8,231
5	Base	26,410	26,372	29,381	29,330	45,757	45,828
2	Full	23,993	23,951	25,089	25,058	76,218	77,949
0	Up	26,008	25,970	24,485	24,424	50,239	48,262
1	Down	23,060	23,014	25,768	25,720	70,064	70,239
6	Base	24,012	23,971	26,914	26,865	56,178	55,599
2	Full	31,772	31,749	32,838	32,812	73,030	72,326
0	Up	30,420	30,399	31,744	31,711	58,715	52,577
1	Down	31,098	31,065	32,710	32,669	66,343	65,802
7	Base	31,565	31,531	33,132	33,103	57,057	57,107
2	Full	24,630	24,642	23,656	23,661	48,801	53,951
0	Up	24,672	24,634	27,714	27,672	46,225	50,110
1	Down	23,426	23,396	23,299	23,261	105,087	104,384
8	Base	24,980	24,959	23,455	23,423	54,136	54,048
2	Full	14,670	14,591	16,174	16,088	57,401	57,385
0	Up	17,784	17,737	18,531	18,480	59,870	57,967
1	Down	15,702	15,660	16,656	16,622	85,024	84,894
9	Base	16,221	16,186	17,147	17,099	55,729	55,579

16) Base외의 3가지 Hull-White 모형의 모수 추정치는 지면 제약으로 인해 별도로 보고하지 않고 SIMM 산출값만 보고한다.

평 균	Full	26,135	26,103	27,573	27,540	58,911	60,598
	Up	26,642	26,607	28,579	28,535	49,554	49,237
	Down	25,642	25,610	27,550	27,508	65,435	65,508
	Base	26,233	26,200	28,078	28,037	51,947	51,793
Full 대비 편차	Up	1.9%	1.9%	3.6%	3.6%	-15.9%	-18.7%
	Down	-1.9%	-1.9%	-0.1%	-0.1%	11.1%	8.1%
	Base	0.4%	0.4%	1.8%	1.8%	-11.8%	-14.5%

주 : Base, Up, Down, Full은 모수 추정 방법의 구분자로서 Hull-White 1요인 모형의 평균회귀모수

(α), 2요인 모형의 평균회귀 모수 2개(a, b)와 상관관계(ρ)를 다음과 같이 구분한 것이다.

Full : 모수 고정 없이 모든 모수를 추정

Up : $\alpha=0.06$, (a, b)=(0.11, 0.09), $\rho=-0.9$ 으로 고정, 나머지 모수 추정

Down : $\alpha=0.04$, (a, b)=(0.09, 0.02), $\rho=-0.7$ 으로 고정, 나머지 모수 추정

Base : $\alpha=0.05$, (a, b)=(0.1, 0.01), $\rho=-0.8$ 으로 고정, 나머지 모수 추정 (본 연구의 기본 설정)

출처 : 저자 추정

Hull-White 평균회귀 모수의 고정 여부가 SIMM 산출값에 미치는 영향은 Vanilla와 Range Accrual 스왑의 경우 크지 않지만 Spread Range Accrual 스왑의 경우 다소 크게 나타났다. Spread Range Accrual 스왑의 경우 실무적인 모수 추정 방식 안에서도 고정된 모수의 크기에 따른 SIMM 산출값의 변화폭이 작지 않았다. 이는 Hull-White 2요인 모형으로 평가되는 금리파생상품의 수익 구조가 단순하지 않으므로 델타와 베가 등 민감도 산출값의 변동이 크기 때문이다.

Hull-White 2요인 모형의 전체 모수를 추정할 경우 상관관계 ρ 는 -1에 근접한 값으로, 변동성 모수는 매우 높은 값으로 추정되는 경향이 있다. 실무적으로는 이와 같은 모수 추정치를 합리적인 범위로 받아들이지 않기 때문에 일부 모수를 고정하는 것이다. 이와 같은 실무적 관행 하에서 고정 모수의 크기가 다르다면 거래 당사자간 조정이 다소 쉽지 않은 범위의 SIMM 개시증거금이 산출될 가능성이 있을 것으로 예상된다.

IV. 시사점

(1) 민감도 산출 방법의 정교화 및 속도 개선

SIMM 개시증거금 산출의 효율성을 높이기 위한 민감도 산출 방법의 고도화가 필요할 것으로 판단된다. 민감도 계산은 가치평가에 비해 많은 시간이 소요되고 높은 정확도가 요구되며 모수 재추정(recalibration) 절차를 수반한다. 특히 베가는 스왑션 변동성을 변화시킨 후 다시 모수를 추정함으로써 계산되는데 델타의 경우보다 많은 시간이 소요되며 1요인 모형보다 2요인 모형의 경우에 이 문제는 더욱 심화된다. 최근 해외에서는 계산 효율성이 극대화된 알고리즘적 접근법(Algorithmic Differentiation)으로 민감도의 계산 속도를 크게 높이기 위한 연구가 제시되고 있다(Henrard; 2013, Hu and Li; 2015, Fries; 2019 등). 또한 발행자 콜 조항이 포함될 경우 중첩 시뮬레이션이 필요하므로 민감도 계산에 소요되는 시간은 더욱 증가한다. 이 문제를 해결하기 위해 클러스터링을 적용한 방법(SGBM; Stochastic Grid Bundling Method) 등을 도입되고 있다(Jaina and Oosterlee; 2015). 우리나라 금융기관에서는 이와 같은 연구들을 참고하여 시스템 구축에 활용할 수 있을 것이다.

(2) 상품 특성을 고려한 민감도 배분의 중요성

적정한 수준의 SIMM 개시증거금을 산출하기 위해서는 민감도 산출값이 해당 상품의 특성을 제대로 반영해야 한다. 이는 해당 상품의 민감도를 결정하는 주요 만기가 SIMM의 만기 구조에 적절히 반영되어야 함을 의미한다. SIMM의 만기 구조가 하나의 기준으로써 일반성을 가진다는 장점이 있지만 개별 상품의 특수성을 설명하는 경우 한계가 있을 수 있다. 그러므로 개시증거금 산출 전에 먼저 상품의 특성에 따른 주요 만기를 사전에 식별하는 것이 중요할 것이다.

(3) 모형 및 조정에 관한 가이드라인의 필요성

SIMM 개시증거금 산출의 핵심은 결국 민감도 산출이므로 개시증거금 제도의 원활한 정착을 위해서는 금융감독 당국을 중심으로 해서 평가 모형의 선정 및 민감도 산출에 대한 일종의 가이드라인이 제시되어야 할 것으로 보인다. 특히 Hull-White 2요인 모형으로 SIMM

개시증거금을 계산할 경우 거래당사자간 개시증거금 산출값의 조정에 관한 이슈가 더욱 클 것으로 예상된다. 그동안 금융기관이 개별적으로 일부 모수만 추정하는 실무적 관행은 개별 기관 내부적인 용도로는 문제가 없었지만 거래당사자간에 합의 단계로 나아가면 그 조정이 쉽지 않을 것으로 보인다. 따라서 금융감독 당국이 시장의 관행이 상충되는 부분에 대한 가이드라인을 제시해 줌으로써 개시증거금 조정문제를 완화할 필요가 있을 것으로 보인다.

V. 결론

본 연구는 2021년부터 시행 예정인 비청산 장외파생상품의 개시증거금 제도에 대비하여 국제적으로 표준적인 방법론으로 인정받고 있는 ISDA의 SIMM 모형을 설명하고 주요 금리 구조화 스왑에 적용한 실증분석을 하였다. 이를 통해 본 연구는 SIMM 모형에 대한 정량적 분석을 통해 개시증거금 산출 수준을 파악하고 개시증거금 제도의 연착륙을 위한 실무적 제언을 제시하였다.

본 연구는 대표적인 금리 구조화 스왑인 Vanilla, Range Accrual, Spread Range Accrual 스왑을 대상으로 실증분석을 하였다. 2014년부터 2019년까지 총 6개년도의 말일 자료를 이용하여 명목금액 대비 개시증거금의 비율을 계산한 결과 분석대상 상품 순서대로 평균 2.6%, 2.8%, 5.2%로 산출되었다. 그러나 SIMM의 만기 구조가 거래 대상인 장외파생상품의 특징이 현저한 자료의 만기를 포함하지 않을 경우 개시증거금 수준이 적정하지 않을 수 있다는 것을 실증분석을 통해서 보여주었다. 또한 관행적인 모수추정 방식과 전체 모수 추정 방식에 따라 SIMM 산출값의 차이가 발생할 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 이와 같은 실증 분석을 바탕으로 모수 추정, 민감도 산출, 조정 등에 관한 상세한 가이드라인이 제시의 필요성이 높다는 실무적인 제언을 도출할 수 있었다.

본 연구는 금리 구조화 스왑으로 연구 범위를 한정하였으므로 ELS나 DLS등의 발행에 수반되는 다른 형태의 장외파생상품은 다루지 않았다. 그러나 금리 이외의 비청산 장외파생상품에 대한 SIMM 개시증거금과 관련하여 상품 종류, 모수 추정 방법, 민감도 산출 방법 등에서 다양한 이슈들이 도출될 것으로 예상된다. 그러므로 이와 관련된 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

〈참고문헌〉

- 금융감독원, 2019, 非청산 장외파생상품 거래 증거금 교환 제도에 대한 가이드라인.
- 윤성관, 이효섭, 2014, 국내 Vanilla 스왑 CCP의 리스크 관리제도: 개시증거금 수준의 적정성 분석을 중심으로, 한국은행 지급결제조사자료.
- 이현영, 2017, 비청산 장외파생상품거래 증거금규제에 관한 연구, 은행법연구 제10권 제2호, 37-76
- Anfuso, F., D. Aziz, P. Giltinan, and K. Loukopoulos, 2017, A Sound Modelling and Backtesting Framework for Forecasting Initial Margin Requirements, Risk. 86-91.
- Bank for International Settlements, 2015, Margin requirements for non-centrally cleared derivatives, Bank Committee on Banking Supervision.
- Bank for International Settlements, 2020, Margin requirements for non-centrally cleared derivatives, Bank Committee on Banking Supervision.
- Black, F., 1976, The Pricing of Commodity Contracts, Journal of Financial Economics 3, 167-179.
- Black, F., E. Derman, and W. Toy, 1990, A One Factor Model of Interest Rates and Its Application to the Treasury Bond Options, Financial Analyst Journal 46, 33-39.
- Black, F. and P. Karasinski, 1991, Bond and Option Pricing when Short Rates are Lognormal, Financial Analyst Journal 47, 52-59.
- Brigo, D. and F. Mercurio, 2006, Interest Rate Models Theory and Practice: With Smile, Inflation and Credit, Springer.
- Brigo, D., M. Morini, and A. Pallavicini, 2013, Counterparty Credit Risk, Collateral and Funding, Wiley.
- Basel Committee on Banking Supervision, 2015, Margin Requirements for Non-centrally Cleared Derivatives.
- Caspers, P., P. Giltinan, R. Lichters, and N. Nowaczyk, 2017, Forecasting Initial Margin Requirements—A Model Evaluation, Working Paper.

- Caspers, P. and R. Lichters, 2018, Initial Margin Forecast - Bermudan Swaption Methodology and Case Study, Working Paper.
- J.P. Morgan & Company, 1997, CreditMetrics – Technical Document Copyright, RiskMetrics Group.
- Fries, C., 2019, Fast Stochastic Forward Sensitivities in Monte Carlo Simulations Using Stochastic Automatic Differentiation (with Applications to Initial Margin Valuation Adjustments), *Journal of Computational Finance* 22, 103-125.
- Henrard, M., 2013, Calibration in Finance: Very Fast Greeks Through Algorithmic Differentiation and Implicit Function, *Procedia Computer Science* 18, 1145-1154.
- Ho, T. S. Y. and S.-B. Lee, 1986, Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims, *Journal of Finance* 41, 1011-1029.
- Hu, W. and S. Li, 2015, Fast Greeks by simulation: The block adjoint method with memory reduction, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 274, 70-78.
- Hull, J. and A. White, 1990, Pricing Interest Rate Derivative Securities, *The Review of Financial Studies* 4, 573-592.
- International Swaps and Derivatives Association, 2019, ISDA SIMMTM,1 Methodology, Version 2.2.
- International Swaps and Derivatives Association, 2017, ISDA SIMMTM,1 Methodology: Risk Data Standards, Version 1.36.
- Jaina, S. and C. W. Oosterlee, 2015, The Stochastic Grid Bundling Method: Efficient pricing of Bermudan options and their Greeks, *Applied Mathematics and Computation* 269, 412-431.
- Lee, M. and S. Wilkens, 2016, Capturing Initial Margin in Counterparty Risk Calculations, *Journal of Risk Management in Financial Institutions* 10, 118-129.
- Longstaff, F. A. and E. S Schwartz, 2001, Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-Squares Approach, *Review of Financial Studies* 14, 113-147.

- Ma, X., S. Spinner, A. Venditti, Z. Li, and S. Tang, 2019, Initial Margin Simulation with Deep Learning, Working Paper.
- McWalter, T., J. Kienitz, N. Nowaczyk, R. Rudd, and S. Acar, 2018, Dynamic Initial Margin Estimation Based on Quantiles of Johnson Distributions, Working Paper.
- Vierkoetter, M., 2019, The Impact of Initial Margin on Derivatives Pricing with an Application of Machine Learning, Working Paper.
- Overhaus, M., A. Bermudez, H. Buehler, A. Ferraris, C. Jordinson and A. Lamnouar, 2007, Equity Hybrid Derivatives, John Wiley & Sons Ltd.
- Zeron, M. and I. Ruiz, 2018, Dynamic Initial Margin via Chebyshev Spectral Decomposition, Working Paper.

부록

A. SIMM 개시증거금 산출 과정

SIMM 방법론의 단계별 적용을 상세하게 파악하기 위한 예제로써 2019년 Range Accrual 스왑의 개시증거금(collect) 산출 과정을 구체적으로 살펴보기로 한다. 금리 위험과 관련된 ISDA (2019) 파라미터 중 위험가중치와 집중위험 임계값은 통화 변동성 또는 위험 구분에 따라 각각 [표 A.1], [표 A.2]와 같다. Bucket 내 상관관계(ρ_{kl})는 분석에 필요한 만기 영역만 [표 A.3]의 오른쪽에 나타냈다.

[표 A.1] 통화 변동성 그룹별 금리 위험의 위험가중치(RW_k)

Currency Volatility	ISO currency name	2w	1m	3m	6m	1y	2y	3y	5y	10y	15y	20y	30y
Regular	USD EUR GBP CHF AUD NZD												
	CAD SEK NOK DKK HKD KRW	116	106	94	71	59	52	49	51	51	51	54	62
	SGD TWD												
Low	JPY	14	20	10	10	14	20	22	20	20	20	22	27
High	All other currencies	85	80	79	86	97	102	104	102	103	99	99	100

[표 A.2] 통화 위험 그룹별 금리 위험의 집중위험 임계값(T_b)

Currency Risk	ISO currency name	Delta concentration threshold (USD mm/bp)	Vega concentration threshold (USD mm)
High volatility	All other currencies	6.9	170
Regular volatility, well-traded	USD EUR GBP	230	2,300
Regular volatility, less well-traded	AUD CAD CHF DKK HKD KRW NOK NZD SEK SGD TWD	30	190
Low volatility	JPY	150	770

먼저 Delta 가중 민감도($WS_{k,i}$)는 [표 A.3]의 왼쪽과 같이 계산된다. KRW의 RW_k 는 [표 A.1]에 따라 Regular 변동성 통화에 속한다. 또한 [표 A.2]에 따라 KRW는 Regular volatility, less well-traded 통화로 분류되어 $T_b=3,000,000$ 이고 $CR_b=1$ 이다.

[표 A.3] $WS_{k,i}$ 계산과 ρ_{kl}

s	RW_k	WS	ρ_{kl}	1y	2y	3y	5y	10y	15y
67.35	59	3,973.36	1y	1	0.93	0.88	0.78	0.66	0.6
502.45	52	26,127.20	2y	0.93	1	0.98	0.91	0.81	0.75
282.56	49	13,845.39	3y	0.88	0.98	1	0.96	0.87	0.83
591.04	51	30,143.04	5y	0.78	0.91	0.96	1	0.95	0.92
1,487.51	51	75,863.18	10y	0.66	0.81	0.87	0.95	1	0.98
72.17	51	3,680.80	15y	0.6	0.75	0.83	0.92	0.98	1

ISDA (2019)에서 ρ_{kl} 중 필요한 만기의 상관관계 행렬은 [표 A.3]의 오른쪽과 같고 세부 수익률(sub index) 곡선은 1개이므로 ϕ_{ij} 는 사용되지 않는다. $WS_{k,i}$ 와 ρ_{kl} 를 이용하면 $K_b=147,536.67$ 이며 통화 Bucket이 하나이므로 K_b 는 벡터가 아니라 스칼라이다. $WS_{k,i}$ 와 K_b 를 이용하면 $S_b=147,536.67$ 이다. 물론 K_b 가 벡터가 아니므로 S_b 가 사용되지 않으며 델타 마진은 $DM_{IR}=147,536.67$ 이 된다. 델타마진의 계산 통화는 USD이므로 2019년 말일의 환율 1,156 (원/달러)을 곱하면 최종 델타마진은 17,055 (만원)이다.

Vega 가중 민감도(VR_k)는 [표 A.4]와 같이 계산된다. 위험가중치(VRW)는 0.16이며 $VT_b=190,000,000$ 이므로 $VCR_b=1$ 이다.

[표 A.4] VR_k 계산

만기(Label1)	1y	2y	3y	5y	10y
$VR_{ik} = \sum_j \sigma_{kj} [\partial V_i / \partial \sigma]$	406.11	610.77	232.55	786.94	450.02
$VR_k = VRW(\sum_i VR_{ik})VCR_b$	64.98	97.72	37.21	125.91	72

ISDA (2019)에서 ρ_{kl} 중 필요한 만기의 상관관계 행렬은 [표 A.3]의 오른쪽과 같다. $f_{kl}=1$ 이므로 VR_k 와 ρ_{kl} 를 이용하면 $K_b=378.16$ 를 계산할 수 있는데 통화 Bucket이 하나뿐이므로 K_b 가 벡터가 아니라 스칼라이다. VR_k 와 K_b 를 이용하면 S_b 와 베가마진 VM_X 역시 378.16 이다. 금리 위험의 경우 Residual Bucket은 없으므로 K_{res} 는 고려하지 않아도 된다. 평가일 환율을 적용하면 원화 표시 Vega Margin은 44 (만원)이다.

Curvature 가중 민감도(CVR_{ik})는 $SF(t)$ 가 주어지면 [표 A.5]와 같이 계산된다.

[표 A.5] CVR_{ik} 계산

만기(Label1)	1y	2y	3y	5y	10y
$VR_{ik} = \sum_j \sigma_{kj} [\partial V_i / \partial \sigma]$	406.11	610.77	232.55	786.94	450.02
$SF(t) = \frac{1}{2} \min \left(1, \frac{14 \text{ days}}{t \text{ days}} \right)$	1.9%	1.0%	0.6%	0.4%	0.2%
$CVR_{ik} = \sum_j SF(t_{kj}) \sigma_{kj} [\partial V_i / \partial \sigma]$	7.79	5.86	1.49	3.02	0.86

ISDA (2019)에서 ρ_{kl} 중 필요한 만기의 상관관계 행렬은 [표 A.3]의 오른쪽과 같다. CVR_{bk} 와 ρ_{kl} 를 이용하면 $K_b=17.49$ 를 계산할 수 있다. $WS_{k,t}$ 와 K_b 를 이용하면 $S_b=17.49$ 이다. $\theta=0$ 이므로 $\lambda=5.63$ 이다. 금리 위험의 경우 Residual Bucket이 없으므로 $CM_{res}=0$ 이다. 즉 $CM_{non-res}=117.56$ 에 $HVR_{IR}^{-2}=0.53^{-2}$ 를 곱하면 $CM_{IR}=418.52$ 이 된다. 평가일 환율을 적용하면 원화 표시 Curvature 마진은 48 (만원)이다. 최종적으로 SIMM 개시증거금은 $17,055 + 44 + 48 = 17,147$ (만원)이다.

ISDA SIMM Initial Margin Model and Interest Rate Structured Swap

Sang-Heon Lee*, HoSam Ki**

ABSTRACT

The purpose of this paper is to explain ISDA Standard Initial Margin Model (SIMM) and present the calculation of the initial margin of major interest rate structured swaps. From this quantitative analysis, we provide practical suggestions for soft landing of the initial margin regulation. We use Hull-White 1 and 2 factor model for vanilla swap, range accrual swap, and spread range accrual swap with issuer call options, which are major interest rate structured products of financial institution as hedging instruments. In order to sidestep some bias from selecting data sample and take market changes into account, data from 2014 to 2019 are used. Average ratios of initial margin to notional amount of each trades are estimated as 2.6%, 2.8%, 5.2% sequentially. In particular, it is important to include relevant maturity which reflect the major characteristics of trades. In particular, the SIMM initial margin using the Hull-White two-factor model sometimes showed a level of difficulty in coordination between counterparties. As such, the role of the financial supervisory authority is expected to increase in areas where coordination between theory and practice or among practices is necessary. In conclusion, we argue that it is necessary for detailed guidelines on the parameter estimation, sensitivity calculation, and reconciliation procedures which underlie the calculation of a stable and appropriate level of initial margin

* Keywords : SIMM, Initial Margin, Hull-White, Range Accrual Swap, Spread Range Accrual Swap

* JEL Classification: C60, G12, G32

* (first author) KIS Pricing

** (corresponding author) KB Kookmin Bank, E-mail: hosamki@gmail.com