

# 쿼드러플-메트릭 기반 지휘통제 정보 추천 시스템

박규동<sup>1</sup> · 김종모<sup>2</sup> · 전호철<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국방과학연구소 · <sup>2</sup>성균관대학교

## Quadruple-Metric Based Command and Control Information Recommendation System

Gyudong Park<sup>1</sup> · Jongmo Kim<sup>2</sup> · Hocheol Jeon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Agency for Defense Development · <sup>2</sup>Sungkyunkwan University

E-mail : iobject@add.re.kr / dignityc@skku.edu / hcjeon71@add.re.kr

### 요 약

센서 및 네트워크 기술 발전에 따라 지휘통제 정보가 폭증하고 있다. 지휘통제(C2) 분야에서는 정보의 적시 처리가 매우 중요하다. 한정된 자원으로 모든 정보를 적시 처리하는 것이 제한된다면, 우선순위가 높은 정보를 먼저 처리하여야 한다. 이를 위해 추천 시스템 기술이 가용하다. 추천 시스템은 수많은 아이템 중 사용자에게 적합한 아이템을 골라내어 우선순위가 높은 순으로 제시할 수 있기 때문이다. 이 연구는 군 통신망 구현에서 널리 쓰이는 트리플-메트릭 우선순위 기준을 쿼드러플-메트릭 우선순위 기준으로 확장하고, 그에 따른 지휘통제 정보 추천 시스템을 제안하고, 실험을 통해 그에 대한 타당성을 보인다.

### ABSTRACT

Command and control (C2) information is exploding as sensor and network technologies development. In the C2 area, processing information on time is very important. If it is not possible to process all information on time because of resource limitation, higher priority information should be processed first. For this, recommendation system is available. Because it can select and present information suitable for each user among tons of information in the order of priority. This study extends the triple-metric priority criterion, which is widely used to implement military communication networks, to the quadruple-metric priority criterion, and proposes a C2 information recommendation system based on it, and shows its feasibility through experiments.

### 키워드

Command and Control, C4I, Recommendation System, Quadruple-Metric

### 1. 서 론

센서 및 네트워크 기술이 발전하면서 지휘통제(C2) 관련 정보량이 폭증하고 있다. C2 정보는 적시 처리가 매우 중요하다. 하지만 C2 체계 자원은 매우 한정되고 빠른 증설이 제한된다. 만약 자원 부족으로 인해 모든 정보를 적시 처리하는 것이 제한된다면, 우선순위가 높은 정보를 먼저 처리하는 접근이 필요하다. 저자는 이전 연구를 통해 이에 대한 솔루션으로서 추천 시스템을 제안하고 개략적 구조와 방안을 제시한 바 있다[1][2].

추천 시스템은 일종의 필터링 시스템이며, 아이

템에 대한 사용자 개인의 평가 또는 선호를 예측하여 필터링에 활용한다. 최근 추천 시스템은 음악, 영화, 서적, 공산품 등 다양한 아이템의 전자상거래 분야에서 널리 활용되고 있다[3]. 추천 시스템은 협업 필터링 기반 추천 시스템과 콘텐츠 기반 추천 시스템으로 구분되며, 최근 상황인식 기반 및 지식 기반 추천 시스템 등도 주목 받고 있다[4].

C2 체계 사용자는 수집된 상황 정보를 신속히 확인하여 자신의 임무와 관련된 정보를 골라내어 적시에 처리하여야 한다. 이 과정은 지루하고 시간 소모적인 인식 작업을 포함한다. 만약 상황 정보가 폭증한다면, 중요하고 긴급한 정보의 처리가 그렇지 않은 정보의 처리에 의해 지연되거나 불가할 수 있다. 만약 사용자 임무와의 관련 여부 등 정보

\*corresponding author

의 우선순위를 자동으로 평가하여 제공하는 기능이 있다면 매우 유용할 것이다. 이를 위해 추천 시스템 기술이 가능하다.

기존 추천 시스템은 고객에게 매력적인 상품을 추천하여 더 많은 구매를 유도하는 것을 목적으로 한다. 이 연구는 C2 정보 추천 시스템의 목적을 사용자 업무 효율 및 효과 향상을 위하여 사용자 업무 관련 업무를 신속히 할당하고, 우선순위에 따라 제시하고, 적절한 참고 자료를 제공하는 것으로 구체화한다. 그리고 이 연구는 이러한 추천 시스템에 적합한 우선순위 기준과 체계 구조를 제안하고, 실험을 통해 타당성을 보인다.

## II. 쿼드러플-메트릭 우선순위 기준

부족한 자원을 다수가 경쟁하는 상황에서 가용 자원을 우선순위를 기반으로 차등화 할당하는 접근은 네트워크 분야에서 QoS라는 이름으로 구현되고 있다. 미군 네트워크의 QoS 구현에서 적용되고 있는 트리플-메트릭 우선순위 기준[5]이 C2 정보 추천 시스템에서도 유용할 것으로 판단된다.

트리플-메트릭 우선순위 기준은 성능, 중요도, 긴급도로 구성되고, 성능은 트래픽의 유형, 중요도는 사용자 또는 임무, 긴급도는 시한성과 관련된다. 상황 정보를 그 유형에 따라 해당 임무 사용자에게 할당하고, 중요도와 긴급도 높은 순으로 제공하는 추천 시스템이 가능하다. 하지만 C2 체계의 상황 정보는 다양한 속성을 가지므로, 정보의 유형만으로는 담당 사용자를 구체적으로 식별하는 것이 제한될 수 있다. 그래서 이 연구는 기존의 성능 또는 유형 기준을 관련도 기준으로 대체한다.

관련도는 정보 검색 분야에서 널리 쓰이는 우선순위 기준으로서[6] 정보의 유형뿐만 아니라 다양한 속성을 추가로 활용할 수 있다. 예를 들어 책임 구역을 적용한다면, 정보의 위치 속성을 활용하여 처리 담당자를 보다 구체적으로 식별 가능하다.

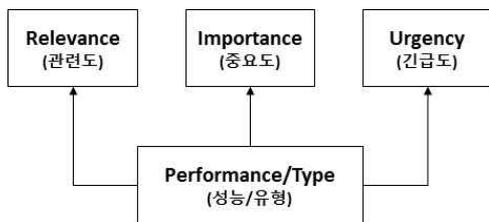


그림 1. 쿼드러플-메트릭 우선순위 간 관계

성능 또는 유형은 관련도, 중요도, 긴급도 모두에 영향을 주는 우선순위 기준으로서 여전히 유효하다. 그래서 이 연구는 기존의 트리플-메트릭 우선순위 기준을 그림 1과 같이 쿼드러플-메트릭 우선순위 기준으로 확장한다. 제안 C2 정보 추천 시스템은 상황 정보를 관련도에 따라 적합한 사용자에게 추천하고, 중요도와 긴급도에 따라 정렬한다.

## III. C2 정보 추천 시스템 구조

이 연구는 쿼드러플-메트릭 우선순위 기준을 적용하여 개선된 C2 정보 추천 시스템 구조를 그림 2와 같이 2단계 정보 추천 구조로서 제안한다.

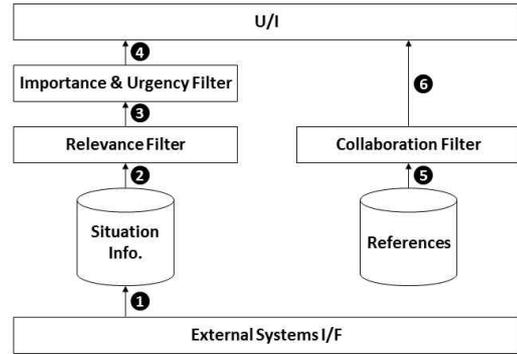


그림 2. C2 정보 추천 시스템 구조

이 연구는 C2 체계의 정보 아이템을 크게 상황 정보와 참고 문서로 구분한다. 상황 정보는 이른바 3W (When, Where, What) 또는 SALUTE (Size, Activity, Location, Unit, Time, Equipment) 속성을 가지는 동적 이벤트 정보로 구성된다[7]. 그리고 참고 문서는 교리, 교범, 지침, 보고서, 기사 등 상대적으로 정적인 자료를 포함한다.

C2 체계에서 상황 정보는 외부 시스템과의 연동을 통해 수집(①)되거나 자체 생산된다. 이러한 상황 정보는 담당자에 의해 적시에 확인 및 처리되어야 한다. 제안 시스템은 신규 상황 정보를 관련도를 기반으로 적절한 사용자에게 할당(②)하고, 중요도와 긴급도를 기반으로 재정렬(③)하여 제시(④)한다.

사용자는 업무 수행 간 다양한 참고 자료를 활용할 필요가 있다. 만약 체계가 현 수행 업무와 관련하여 참고할만한 문서들을 자동으로 추천할 수 있다면 업무 효율을 크게 향상시킬 수 있을 것이다. 이 연구는 해당 문서 또는 정보 추천과 관련하여 협업 필터를 적용(⑤)하여 제시(⑥)하는 것이 적합하다고 판단한다. 협업 필터는 집단 지성으로부터의 노하우를 잘 반영할 수 있기 때문이다. 한편 협업 필터는 관련도 필터의 성능 향상에도 기여할 수 있다. 다수의 이벤트 정보들이 비정형 문서를 첨부로서 가지기 때문이다.

## IV. 실험

추천 시스템 관련 연구에서의 가장 큰 애로점 중 하나는 학습 및 실험 데이터 확보가 크게 제한된다는 것이다. 그래서 저자는 [8] 등을 통해 자체 확보 노력을 병행하고 있다. 하지만 이 연구에서는 일단 민간 데이터 셋인 MI (MovieLens)과 Gr (Goo

gleReads)를 사용한다. 그리고 비교 방법으로 matrix factorization 기반 Singular Value Decomposition (SVD)과 jaccard 유사도 기반 CF를 사용한다. 제안 방법은 관련도, 중요도, 긴급도를 사용하고, 비교 방법은 관련도(rating)를 사용한다. 실험 데이터 셋은 표 1과 같다.

표 1. 실험 데이터셋 요약

	MI(100k)	MI(1m)	Gr(50k)	Gr(100k)
#users	943	6040	125	228
#items	1642	3676	27156	47120

비교 실험 결과는 표2와 같다. precision (prec), recall (rec), normalized discount cumulative gain (ndcg), root-mean-square error (rmse), 및 mean absolute error (mae)의 5개 지표를 비교하였다.

표 2. 비교 실험 결과

MI(100k)					
	prec	rec	ndcg	rmse	mae
SVD	0.0902	0.0330	0.0985	0.9526	0.7500
CF	0.3325	0.1771	0.3864	1.0074	0.8235
prop.	0.3599	0.1835	0.4070	1.8677	1.4774
MI(1m)					
SVD	0.0902	0.0249	0.0995	0.8926	0.6999
CF	0.2976	0.1089	0.3282	0.9371	0.7746
prop.	0.3341	0.1057	0.3642	1.8259	1.4398
Gr(50k)					
	prec	rec	ndcg	rmse	mae
SVD	0.0710	0.0155	0.0884	1.7615	1.5395
CF	0.1143	0.0433	0.1379	3.3528	3.1980
prop.	0.1790	0.0350	0.2001	2.2901	1.8885
Gr(100k)					
SVD	0.0702	0.0137	0.0811	1.7717	1.5469
CF	0.1346	0.0575	0.1607	3.2641	3.0556
prop.	0.1820	0.0336	0.2038	2.3846	1.9488

제안 방법이 비교 방법에 비해 모든 데이터 셋에서 대체로 우수한 결과를 보였다. rating에 대한 오차를 지표인 rmse와 mae는 비교적 높았는데, 이는 추가 우선순위 기준 적용에 따른 긍정적 효과로 해석된다. 또한 MI보다 Gr에서의 성능이 우수하였다. Gr은 MI 보다 사용자 대비 아이템 수가 월등히 많으며, 이는 지휘통제체계에서의 상황과 유사하다. 즉 제안 방법이 지휘통제체계 추천 시스템을 위해 보다 적합한 것으로 분석된다.

## V. 결론

이 연구는 C2 정보 추천 시스템의 목적, 그에 적합한 우선순위 기준과 2단계 정보 추천 구조를

제시하고 실험하였다. 최근 한국군 C2 체계에 대한 지능화 요구가 커지고 있으며, 추천 시스템은 그에 대한 유력한 기술적 대안이 될 수 있다. 저자는 후속 연구를 통해 관련 개념, 구조 및 기법을 더욱 발전시킬 예정이다.

## Acknowledgement

이 논문은 2022년 정부의 재원으로 수행된 연구 결과임.

## References

- [1] G. Park, and G. Jeon, "A Study on How to Apply CARS to the C4I Systems," *2021 KIMST Annual Conference Proceedings*, 2021.
- [2] G. Park, G. Jeon, M. Sohn, and J. Kim, "A Study of Recommendation Systems for Supporting Command and Control (C2) Workflow," *Journal of Internet Computing and Services*, Feb. 2022.
- [3] P. B. Thorat, R. M. Goudar, and S. Barve, "Survey on Collaborative Filtering, Content-based Filtering and Hybrid Recommendation System," *International Journal of Computer Applications*, Jan. 2015.
- [4] U. Javed, K. Shaukat, I. A. Hameed, F. Iqbal, T. M. Alam, and S. Luo, "A Review of Content-Based and Context-Based Recommendation Systems," *International Journal of Emerging Technology in Learning*, Feb. 2021.
- [5] Y. Xue, C. Gedo, C. Christou, and B. Liebowitz, "A Framework for Military Precedence-based Assured Services in GIG IP Networks," *IEEE MILCOM*, 2007.
- [6] Y. Fan, J. Guo, X. Ma, R. Zhang, Y. Lan, and X. Cheng, "A Linguistic Study on Relevance Modeling in Information Retrieval," *WWW '21, April, 2021, Ljubljana, Slovenia*, Apr. 2021.
- [7] M. Hrnčiar, "Tactical Variables - A Tool for Mission Analysis," *International Conference Knowledge-based Organization*, 2019.
- [8] H. Jeon, and G. Park, "A Study on Machine Learning Data Generating for Document Recommendation in C4I Systems," *2022 KIMST Annual Conference Proceedings*, 2022.