

SNA 기반의 해군 추진엔진 예방정비 요소 도출

유정민⁰, 윤성웅^{*}, 이상훈^{*}

⁰국방대학교 컴퓨터공학과

e-mail: code_no1@naver.com⁰, ysw1209@gmail.com^{*}, hoony@kndu.ac.kr^{*}

Deducting Core Parts of ROK Naval Ship's Engine Based on SNA

Jung-Min Yoo⁰, Sung-Woong Yoon^{*}, Sang-Hoon Lee^{*}

⁰Dept. of Computer Science and Engineering, Korea National Defense University

● 요약 ●

해군은 계획된 함정 수리기간을 통해 성능 유지를 위한 장비 정비를 수행한다. 함정의 수리기간이 한정되어있고, 장비는 많은 정비 대상 구성품으로 이루어져 통상의 경우 성능이 저하된 구성품을 미리 선정하여 일부분에 대해서만 정비가 수행된다. 본 연구에서는 SNA 분석을 통해 함정 수리 시 정비 대상 구성품을 더욱 효과적으로 선정할 수 있도록, 집중적으로 정비가 수행된 개체를 확인하고 이를 예방정비를 위한 정비요소로 도출하고자 하였다. 이를 위해 특정 모델을 샘플로, 도입시부터 0000년까지의 정비데이터를 수집하여 분석을 진행하였다.

키워드: 사회 연결망 분석(social network analysis)

I. Introduction

국방 분야에서 각종 데이터 분석을 통한 수요 예측 및 예산 절감을 위한 노력은 그동안 많이 수행되어왔지만, 정비데이터 분석에 관한 연구는 미진한 부분이 있었다. 사용자의 경험에 의존한 정비보다는 명확히 제시된 데이터에 의해 집중적으로 수행되는 정비가 더욱 효과적일 것이고, 그러한 데이터는 분석을 통해 확보 가능하다. 본 연구는 정비데이터를 분석하여 집중정비가 수행된 개체를 확인하고 향후 정비를 위한 핵심요소로 제시하고자 한다. 본 연구에서 대상으로 선정한 개체는 000 함형의 추진엔진으로, 0000년 도입되어 분석을 위한 충분한 데이터가 누적된 모델이다. 또한 향후 운용년수도 많이 남아있는 만큼 제대로 분석이 이루어진다면, 이를 이용하여 더욱 효과적인 정비를 수행할 수 있다고 판단한다.

II. Preliminaries

2.1 함정의 계획정비

함정은 연간 정해진 수리기간 동안 장비성능 유지를 위해 정비를 수행한다. 통상 함정당 연 O회, 각 OO일이 주어진다. 수리기간이 한정되는 이유는 해군 고유의 임무 수행을 위한 전력 가동률 유지 때문이다.

따라서 1회 수리 시 특정 장비의 모든 구성품을 전부 점검하고 필요한 정비를 수행하는 것은 정비기간을 고려했을 때 불가능한 일이다.

PMS(Planned Maintenance System)과 같이 일부 정해진 정비주기를 가지는 구성품들도 있으나, 이러한 PMS는 대부분 함정 가동 시 운용자 차원에서 이루어지는 경우이고, 함정 불가동(수리) 시 이루어지는, 보다 범위가 큰 정비의 경우는 정비주기가 불분명한 경우가 다수이다.

현재의 정비 시스템은 함정의 수리가 시작되면 정비지원부대 입회 하 전체 장비에 대한 점검(시운전)을 실시하고 정비가 필요한 장비 구성품을 식별하는 방법이다. 그러나 시운전을 통해 식별하는 정비는 예방적인 의미보다는 사후 조치적인 의미가 강한 것이 사실이다.

2.2 SNA(Social Network Analysis)

기존의 통계분석 방법과 대비하여 네트워크 분석 방법을 비교하면 통계분석 방법이 개체들에서 측정된 속성 데이터를 분석하는 것이라면, 네트워크 분석 방법은 개체 간에 파악된 관계 데이터들을 분석한다는 점에서 큰 차이가 있다. [1] SNA(social network analysis)는 링크(Link) 분석을 통해 노드(Node)들의 관계 구조를 알아내는 방법이다. 대표적으로 '인물'이라는 노드와 이들의 '관계'라는 링크를 분석하여 연결망의 특성을 확인하고 분석할 수 있다. [2] 본 연구에서는 이러한 개체 간 관계를 파악하기 위해 SNA 기법을 사용하였으며, '인물'이라는 노드를 '사물'이라는 노드로 대체하여 사물 네트워크를 구성하고 분석을 진행하였다.

네트워크에는 같은 유형의 노드끼리 직접 링크되는 경우도 있지만, 링크되는 노드의 유형이 다를 수도 있다. 연결망이 ‘합장’과 같이 동일 성격의 노드들로 구성된다면 1-mode network라고 하고 ‘합장-엔진’과 같이 둘 이상 서로 다른 유형의 노드가 연결되어 있다면 2-mode network라고 한다. [3]

이러한 2-mode network는 동시등장행렬을 이용하여 1-mode network로 변환이 가능하며 가령 ‘합장-구성품’ 네트워크를 ‘구성품’ 네트워크로 변환했다면 같은 합장에서 정비를 수행한 구성품끼리의 연관성을 확인할 수 있다. [4]

2.3 협업 필터링(Collaborative Filtering)

협업 필터링은 사용자들의 사용 형태, 소비 기록 등 정보를 분석하여 이용자가 선호하는 정보를 예측하는 방법이다. 선형대수의 개념인 특이값 분해(SVD : Singular Value Decomposition)은 협업 필터링을 위한 대표적인 행렬 분해 모델이다.

SVD는 사용자아이템 간 선호도 행렬 $Y \in \mathbb{R}^{m \times n}$ 이 주어진다면, k-factor 모델에서 다음식을 만족하는 두 행렬 $U \in \mathbb{R}^{m \times k}$ 와 $M \in \mathbb{R}^{k \times n}$ 을 찾을 수 있고,

$$Y \approx UM^T$$

위 식에서 k-factor 조정을 통해 사용자 U가 아이템 M에 준 선호도를 근사할 수 있는데, 이러한 특성을 이용하여 어떤 사용자 U가 주어졌을 때, 계산된 선호도를 이용하여 아이템 M을 추천하는 방식이다. [5]

III. The Proposed Scheme

3.1 연구대상 데이터

본 연구는 보안상의 이유로 개체에 대한 치환 표기를 사용하였다. 합정은 K, 추진엔진은 G, 구성품은 N으로 표기한다.

본 연구의 대상 개체는 0000함의 추진엔진으로 합정 9척, 엔진 23대(운용 18대(1개 합정에 추진기관 2대), 대기/수리 5대)가 운용되고 있다. 엔진에 5대의 여분이 있는 이유는 탑재/운용한 엔진의 총 분해정비 주기 도래 시 미리 준비된 여분의 엔진으로 교체함으로써 수리기간을 단축하기 위한 목적 때문이다.

정비데이터는 장비 도입 후 0000년까지 총 13,682건이 비정형 텍스트로 누적되어 있다. 본 연구에서는 엔진의 어떤 구성품에 대해 정비가 수행되었는지를 확인하기 위해 비정형 텍스트로 누적된 정비데이터에서 아래와 같이 62종의 구성품을 추출하였다.

13,682건이 수집된 정비데이터는 1차 정비와 확대 정비를 수행한 2차 정비로 구성되어 있어, 수행일자 기준 중복내용 제거 후 총 5,670건으로 정제하였다.

Table 1. Repaired Parts List

num	mark	Parts	num	mark	Parts
1	N1	유체커플링	10	N10	인터쿨러
2	N2	과급기	11	N11	해수펌프
3	N3	조속기	12	N12	노즐
4	N4	발칸커플링	13	N13	LOP
5	N5	청수펌프	14	N14	밸브시트
6	N6	청수쿨러	15	N15	청수여열기
7	N7	차폐장치
8	N8	윤활유쿨러
9	N9	스터디Brig'	62	N62	W-5

3.2 노드별 네트워크 구성

앞서 언급한 바와 같이 분석 노드(합정 K, 추진기관 G, 구성품 N)에 대해 SNA 분석을 위해 아래와 같이 네트워크를 구성하였다.

네트워크 구성에 사용한 링크 가중치는 정비횟수로 지정하였다. 링크 가중치에 있어서 정비 종류(점검, 재생 또는 교체), 고장횟수, 단가 등이 추가되면 연구의 완성도를 높일 수 있으나, 해당 분야는 자료 수집이 진행되고 있어 향후 연구를 위해 남겨둔다.

먼저 집중정비가 수행된 노드 확인을 위해 K-N, G-N 네트워크를 구성하고 구성품의 영향력을 판단하기 위해 G-N 네트워크를 이용하여 N 네트워크로 변환하였다.

3.3 분석 및 시각화

본 연구에서는 사용한 분석 방법은 중심성 분석과 협업 필터링이다.

먼저 중심성 분석으로 이는 네트워크에서 노드가 중심에 위치하는 상대적인 정도를 나타내며, 중심성이 높은 노드일수록 핵심 노드로 볼 수 있다. [4]

중심성 분석은 2가지 방법을 사용하였는데, 연결중심성(degree centrality) 분석은 연결된 노드가 많을수록 중심성이 높아지는 방법으로 K-N, G-N 네트워크에 적용하였다.

위세중심성(eigenvector centrality) 분석은 이웃 노드의 중심성 수치를 반영하여 중심성이 높은 이웃 노드와 연결을 많을수록 중심성이 높아지는 방법으로 N 네트워크에 적용하였다. [1]

둘째, SVD 알고리즘을 이용한 협업 필터링을 G-N 네트워크에 적용하였으며, 분석 및 시각화 도구로는 Netminer(4.4.1.c)를 이용하였다.[6]

IV. Results

4.1 중심성 분석

4.1.1 빈번도 분포

기존의 통계분석 방법으로 측정된 빈번도 분포는 상위 9위까지 <표 2>와 같다. 이는 단순히 해당 합정, 엔진에 정비가 수행된 횟수를 나타내는 지표로 4.1.2절에서 보여주는 연결중심성 분석 결과와는 비교할 수 있도록 제시하였다.

Table 2. Spread Sheet of Node Frequency

rank	ship(obtain)	freq'	eng'(obtain)	freq'
1	K1(1998)	874	G10(2000)	457
2	K2(1999)	787	G5 (1998)	394
3	K4(2003)	741	G12(2000)	390
4	K3(2000)	682	G7 (1998)	345
5	K7(2006)	649	G4 (1999)	325
6	K6(2005)	603	G15(2003)	322
7	K5(2004)	508	G6 (1999)	318
8	K8(2007)	439	G14(2003)	298
9	K9(2008)	387	G3 (2004)	282

4.1.2 연결중심성 분석

K-N, G-N 네트워크를 이용하여 연결중심성(degree centrality) 분석을 수행하였으며, 4.1.1절에서 제시한 단순 빈번도 분포와는 상이한 결과를 보인다. 상위 9위까지 분석 결과와 순위 변동 내역은 <표 3>과 같다.

Table 3. Result of degree centrality analysis

rank	ship(obtain)	score	rank	eng'(obtain)	score
1(↑1)	K2(1999)	0.92	1(↓6)	G6 (1999)	0.87
2(↑1)	K4(2003)	0.85	2(↓1)	G10(2000)	0.85
3(↑2)	K7(2006)	0.80	3(↑2)	G4 (1999)	0.80
4(↑2)	K6(2005)	0.79	4(↑1)	G14(2003)	0.79
5(↑2)	K5(2004)	0.79	5(↓1)	G7 (1998)	0.77
6(↓2)	K3(2000)	0.79	6(↑4)	G18(2004)	0.75
7(↓6)	K1(1998)	0.79	7(↓5)	G5 (1998)	0.75
8(-)	K8(2007)	0.74	8(↑1)	G3 (2004)	0.74
9(-)	K9(2008)	0.70	9(↓6)	G12(2000)	0.74

위 연결중심성 분석 결과는 순위가 높을수록 여러 종류의 구성품과 연결관계가 있다는 점을 반영한다. 즉 중심성이 높을수록 정비항목 선정에 많은 부분을 확인해야 하며, 연결 중심성이 낮을수록 특정 구성품에 편중된 정비항목 선정이 가능하다고 해석할 수 있다. 예를 들면, K2 함정과 함께 획득한 G4, G6 엔진은 정비빈도, 중심성이 모두 높으므로 정비항목 선정 시 보다 신중해야 하며, K1 함정과 같이 획득된 G5, G7 엔진은 정비빈도는 높지만, 중심성은 상대적으로 낮기 때문에 특정 구성품 위주(G5의 경우 N13, N51 등)의 정비가 필요하다고 해석할 수 있다.

<그림 1>은 연결중심성 분석 결과 중 상위 5%를 시각화한 것이다. 붉은 원이 엔진, 파란 네모가 구성품을 표현하고 있으며 중심성이 높을수록 노드의 크기가 커지며, 노드간 거리는 상대적인 중심성 크기를 나타낸다.

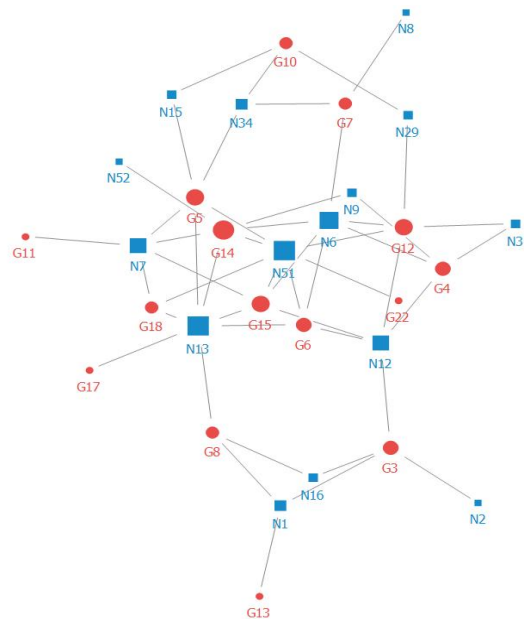


Fig. 1. Degree Centrality of engine-Parts Network

4.2.2 위세중심성 분석

G-N 네트워크를 이용하여 구성된 N 네트워크로 위세중심성 분석을 수행하였다. 2-mode network를 1-mode network로 변환한 결과는 동일한 노드와의 연결성을 반영하므로 이 위세중심성 분석결과는 결국 N노드의 영향력(또는 중요도)를 표현한다.

<표 4>는 위세중심성이 높은 상위 8개 구성품을 명시한 것이다. 특히 7위까지의 결과는 매 수리 시 예방정비항목으로 지정할 수 있다. <그림 2>는 분석결과를 시각화한 것이다.

Table 4. Top 16 nodes of eigenvector centrality

rank	mark	score	rank	mark	score
1	N17	0.29	2	N26	0.29
3	N37	0.28	4	N36	0.27
5	N4	0.26	6	N30	0.26
7	N38	0.25	8	N47	0.20

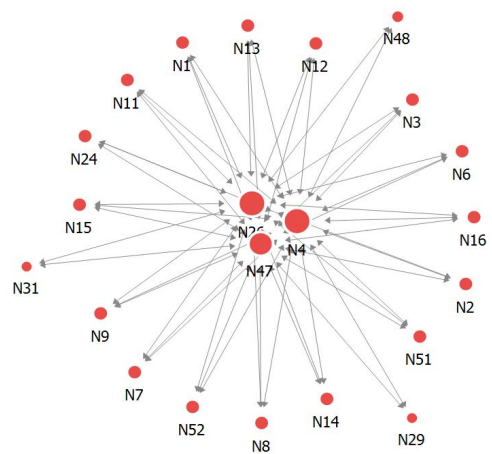


Fig. 2. Parts Network of Eigenvector Centrality

4.3 협업 필터링

구성된 G-N 네트워크를 이용, SVD를 수행하면 선호도 행렬을 구성할 수 있고 이를 이용해 아직 연결되지 않은(비어있는) G-N 링크의 최적값을 찾을 수 있다. <표 5>와 같은 결과를 이용하여 엔진별 주기적으로 확인해야 하는 항목을 구할 수 있다.

[5] Cyram, "Netminer Module Reference," Cyram Inc, pp. 573-578, 2018

[6] Cyram, Netminer 4.4. Seoul: Cyram Inc, 2018

Table 5. Top 16 nodes of eigenvector centrality

eng ⁱ	Rank1		Rank2		Rank3	
	Item	Score	Item	Score	Item	Score
G1	N20	3.54	N39	3.47	N19	2.69
G2	N10	2.62	N46	1.95	N53	1.93
G3	N46	3.30	N42	2.18	N41	2.17
G4	N46	3.02	N50	2.58	N35	1.98
...
G23	N30	5.14	N19	3.58	N23	3.36

V. Conclusions

본 연구에서는 해군의 특정 모델 엔진에 대한 정비데이터를 SNA 분석하였다. 도출된 결과를 응용하여, 엔진 정비항목 선정 시 예방정비를 위한 항목으로 활용할 수 있다. 또한 기존의 통계분석에서 확인할 수 없는 부분을 SNA를 통해 보완할 수 있다고 판단한다.

그러나 이번 연구에는 분명한 한계점이 있다. 링크 가중치로 고장횟수, 단가 등의 보다 유의미한 값을 사용하지 않았다는 점과 재생, 교체율 모두 1회 정비로 해석하였다는 점이 있다. 또한, 엔진별 도입연도의 차이로 정비횟수 자체에 차이가 있었다는 점과 계절 등 환경요인과 같은 기타 요소를 반영하지 않았다는 점 등이 그것이다. 향후연구로 보다 유의미한 링크 가중치를 사용하는 것과 분석 기간을 구분한 시계열 분석을 준비 중이며 이번 연구에서 부족하다고 판단한 부분을 보완 예정이다.

REFERENCES

[1] Lee, Soo-Sang, "Network Analysis Methods," Nonhyung, 2012

[2] Lee, Woong, et.al, "Evaluation of Structural Changes of a Controlled Group Using Time-Sequential SNA," Journal of KIISE, Vol. 43, No. 10, pp. 1124-1130, Oct 2016.

[3] Hong, Soon-man, "The World of Social Networks and Appliance of Bigdata," Powerbook, 2014

[4] Lee, Yong-Kyu, et.al, "Analyzing Knowledge Structure of Defense Area using Keyword Network Analysis," Proceeding of KSCI, Vol. 23, No. 10, pp. 173-180, Oct 2018.