

## 코사인 유사도를 이용한 원자력발전소 운전원 커뮤니케이션 품질 평가 프레임워크

김승환\*, 박진균\*, 한상용\*\*

### A Framework to Evaluate Communication Quality of Operators in Nuclear Power Plants Using Cosine Similarity

Seunghwan Kim\*, Jinkyun Park\*, Sangyong Han\*\*

#### 요약

커뮤니케이션은 다양한 산업 분야에서 심각한 문제를 야기하는 주요 원인 중에 하나로 여기 지고 있다. 이런 이유로 인간 공학의 한 분야로서 커뮤니케이션에 대한 광범위한 연구가 진행되어왔다. 대형화 및 고도화된 산업 시스템의 안전성을 유지하기 위하여 운전원들의 양질의 커뮤니케이션 품질을 유지하는 것이 중요한 것으로 간주되고 있다. 비상 및 비정상 상황 등의 위급 상황 하에서의 운전원의 커뮤니케이션 품질은 상황 대처 성능을 결정짓는 주요 요인이라 할 수 있다. 양질의 커뮤니케이션은 대화자간의 대화 내용을 상호간에 올바르게 이해 및 숙지한 것이라고 규정할 때, 이는 대화 메시지의 충실도 및 유사도 등을 기반으로 판단할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 이러한 필요성에 따라, 원자력발전소 주제어실 운전원들이 비상 및 비정상 상황 하에서의 대응 운전 직무를 수행하기 위해 발생하는 대화 내용의 유사성을 코사인 유사도를 이용하여 측정함으로써, 운전원 커뮤니케이션 품질을 평가할 수 있는 프레임워크를 제안하였다. 모의 훈련 실습에 대해 각 실습조별 수행도 정량 평가 결과와 본 시스템을 이용한 실습조 대화 품질 평가 결과를 비교한 결과 커뮤니케이션 품질이 좋은 실습조가 직무 수행도 평가에서도 높은 점수를 취득하고 있음을 확인하였다.

#### Abstract

Communication problems have been regarded as one of the biggest causes in trouble in many industries. This led to extensive research on communication as a part of human error analysis. The results of existing researches have revealed that maintaining a good quality of communication is essential to secure the safety of a large and complex process system. In this paper, we suggested a method to measure the quality of communication during off-normal situation in main control room of nuclear power plants. It evaluates the cosine similarity that is a measure of sentence similarity between two operators by finding the cosine of the angle between them. To check the applicability of the method to evaluate communication quality, we compared the result of communication quality analysis with the result of operation performance that was performed by operators under simulated environment.

▶ Keyword : 코사인 유사도(Cosine Similarity), 커뮤니케이션 품질(Communication Quality), 정보 검색 (Information Retrieval), 원자력발전소 (Nuclear Power Plant)

• 제1저자 : 김승환

• 투고일 : 2010. 07. 27, 심사일 : 2010. 08. 07, 게재확정일 : 2010. 08. 17.

\* 한국원자력연구소 책임연구원 \*\* 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 본 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기계획사업의 수행 연구 결과임(Grant code: M20702030004-08M203-00410)

## I. 서론

최근 각종 에너지 활용 기술 및 전자 기술의 비약적인 발전과 건축 기술의 고도화로 인하여 다양한 산업 시설물들은 대형화되고 있는 추세이고, 대형화된 산업 시설물들은 그 효율성 및 잉여 창출의 면을 고려하여 창출되고 있으나 그 안정성 및 원활한 프로세스가 보장되어야 한다.

특히 미국의 TMI 원자력발전소 사고 및 러시아의 체르노빌 원자력발전소 사고에서 볼 수 있듯이, 대형 산업 시설물은 언제나 잠재된 고 위험도를 상존시키고 있으므로, 위험도를 최대한 감소시키고 안정성을 최대한 보장하는 것이 최우선 순위의 관건이 되고 있다(1)(2).

발전소, 위험물을 취급하는 공장 등 각종 플랜트 등에 있어서, 각종 전자 장비 등을 이용하여 안전장치를 마련하고는 있으나, 상기 안전장치를 제어하는 것은 최종적으로 인간이 결정하는 것이므로, 안전장치의 정확한 제어 및 동작이 중요하다.

특히, 비상등의 위급한 상황 하에서의 안전장치를 제어하는 운전원의 커뮤니케이션 품질(Communication Quality)은 상황 대처 성능을 결정 짓고, 사고 발생을 예방 및 저지하는 주요 요인이라 할 수 있다(3).

만일 커뮤니케이션 품질을 정량적으로 평가 할 수 있는 방법이 있다면, 이를 토대로 하여, 운전원 간의 커뮤니케이션 방법 개선을 확립하고, 부적절한 커뮤니케이션으로 인한 인적 오류 절감을 꾀할 수 있다. 양질의 커뮤니케이션은 대화자 간의 대화 내용을 상호간에 올바르게 이해 및 숙지한 것이라고 규정할 때, 이는 대화 메시지의 충실도 및 유사도 등을 기반으로 판단할 수 있을 것이다. 그리고 이러한 커뮤니케이션 품질을 계속적으로 측정하여 고위험 시설에서의 운전원의 직무 능력을 개선하여 안전사고 예방에 도움을 줄 수 있을 것이다.

따라서 각종 산업 시설 현장에서 i) 대화자들 간의 대화 품질을 측정하는 시스템 및 방법과 ii) 다양한 산업 현장에 알맞은 대화 품질 측정 시스템 및 방법 iii) 더 나아가 대화 품질 측정으로 인한 직무 능력의 개선으로 안전사고 예방에 조력하는 시스템 및 방법이 요구되고 있다.

본 연구에서는 이러한 필요성에 따라, 원자력발전소 주 제어실 운전원들이 비상 및 비정상 상황에서 대응 운전 직무를 수행하기 위해 발생하는 대화 내용의 유사성을 측정함으로써, 운전원 대화 품질을 평가할 수 있는 전산 프레임워크를 개발하였다. 이를 위해 원자력발전소 주 제어실 운전원들이 비상 및 비정상 상황 하에서의 운전 직무에 발생하는 대화 내용의 유사도를 정량적으로 평가함으로써, 운전원 간의 대화 충실도 및 이해도 등을 평가하고, 이를 근거로 비상 및 비정상 대응 직무의 성과도를 간접 예측할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 배경인 커뮤니케이션 분석 사례 및 코사인 유사도를 이용한 문장 유사도 평가 기법에 대하여 논하였고, 3장에서는 직접적인 연구의 수행을 위한 방법의 적용, 자료 수집, 분석 등에 대하여 구축한 운전원 대화 품질 평가 프레임워크 개발에 대하여 논하였으며, 4장에서는 본 프레임워크를 이용하여 분석한 발전소 비정상 실습 대화 품질 분석 결과와 체크리스트를 통한 각 실습조의 훈련 성능 평가 결과를 비교하여 본 연구의 유효성을 검증하였으며, 5장에서는 결론을 맺었다.

## II. 연구 배경

### 1. 커뮤니케이션 분석

커뮤니케이션은 개인 간에 혹은 팀 간에 있어서 정보를 교환하는 중요 수단이다. 특히 팀에 있어서의 커뮤니케이션의 중요성은 더욱 강조되는데, 팀 내부에서의 주어진 자원 및 정보 공유와 단체 활동을 위한 보조 수단으로 사용된다(4).

팀원 간의 의사소통이 원활할수록 팀의 업무 성취도가 높아 지는데, 커뮤니케이션은 팀 성과는 물론 조직 전체의 성과를 높이기 위한 필수 요소이다. 좋은 커뮤니케이션은 팀 퍼포먼스의 주요 열쇠라고 볼 수 있으며, 적합한 커뮤니케이션을 수행하지 못하는 경우, 직무의 질과 성과의 저하 및 긴장감 및 스트레스가 상승하며, 상황 인식이 저하되고 오류 발생이 증가된다(5).

그 동안, 커뮤니케이션의 품질 저하는 여러 분야에서 문제를 야기한 주요 사안으로 인식되어 왔다. NASA ASRS 보고서는 인적 오류의 70% 이상의 커뮤니케이션 에러로 분석하였고, 철도 분야에서는 철도 보수 사건의 92%가 커뮤니케이션 에러로 보고하였다(6)(7). 호주의 의학 분야 연구에 의하면, 의료 사망 사고에서의 커뮤니케이션 에러의 비율이 의료 Skill 에러보다 2배 많음이 보고되었다(8).

이렇듯 그동안 다양한 분야에서 커뮤니케이션에 대한 연구가 수행되어 왔는데, 대표적인 커뮤니케이션 분석의 한 방법으로서, Speech Act Coding Scheme을 이용한 프로토콜 분석 연구가 있다. Speech Act Coding Scheme을 이용한 커뮤니케이션 프로토콜 분석 연구는 대화자의 대화 내용을 '호출체계', '질/응답체계', '명령체계', '관찰/보고체계', '수신' 등의 언어행위 유형 분류체계로 대화 내용을 분류하여 대화의 특성을 분석하는 것이다(9-11).

이러한 커뮤니케이션 프로토콜 분석은 각 산업별로 필요에 따라 확장/변동되어 사용되고 있으며, 항공, 원자력, 의료, 철도 등의 인적 오류 개입 가능성이 많고, 인적 오류 발생 시의 부대 효과가 큰 분야에서 가장 많이 이용되고 있다(12-15). 최근에는 이러한 프로토콜 분석에서 각 대화 유형별로 메시지 수신 표시를 의미하는 'Acknowledge' 단계를 삽입하여 대화

자 간에 대화 이해 충실도를 측정하기 위한 확장형 Speech Act Coding Scheme이 제시되었다[16].

이렇듯 대화 당사자 간의 커뮤니케이션을 통한 상황 인식도 향상 및 이해 충실도를 증대시키는 것은 아주 중요한 요소이다. 원자력을 비롯한 각 산업계의 고 위험 환경에서의 커뮤니케이션 품질을 높이기 위한 노력들이 경주되어 왔으나, 실질적인 커뮤니케이션 품질을 평가하기 위한 연구는 부족한 것이 현실이다. 본 연구에서는 대화 당사자의 커뮤니케이션 품질을 직접 측정하여 운전원 간의 대화 이해도를 향상시키기 위한 지표를 개발하기 위한 방법으로서, 정보 검색 이론에서 널리 쓰이는 코사인 유사도를 적용한 운전원 대화 품질 측정 방법을 연구하게 되었다.

## 2. 코사인 유사도 기반 커뮤니케이션 품질 평가

본 연구의 주목적은 원자력 발전소 주 제어실 운전원들이 비상 및 비정상 상황 하에서의 대응 운전 직무를 수행하기 위해 발생하는 대화 내용의 유사도를 정량적으로 평가함으로써, 운전원 간의 대화 충실도 및 이해도 등을 평가하고, 이를 근거로 비상 및 비정상 대응 직무의 성과도를 간접 예측할 수 있는 평가 체계를 개발하는 것이다.

이를 위한 필수적인 개념이 유사도 평가라 할 수 있는데, 일반적으로 문장의 유사도는 수학 및 컴퓨터 공학에서 널리 이용되는 벡터를 이용한 코사인 유사도 평가 로직을 이용하여 계산 할 수 있다. 유사도 평가 로직은 운전원 간의 대화 문장을 수학 벡터로 표현하고, 각 벡터 간의 거리를 계산하여 그 결과를 문장 간의 유사도로 표현하는 기법으로, 수학 분야에서 그 기초가 확립되어 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 특히 컴퓨터 공학 분야의 인터넷 검색 등의 분야에서 주로 사용되고 있다[17-19].

예를 들어, 인터넷에서 웹 문서를 검색하고자 하는 경우, 사용자가 웹 검색엔진에 특정 키워드를 입력하면, 키워드와 검색엔진이 웹 공간상의 각종 문서들의 색인 결과와의 연관 유사도 계산을 수행하고, 그 결과를 바탕으로 검색어와 가장 연관성이 높은 문서들을 선정하여 검색 엔진의 결과로서 출력한다.

이 경우 검색 결과의 배치는 검색어와 유사도가 높은 문서들이 우선적으로 배치되는데, 이는 유사도 계산 기법을 이용한 유사도 평가 결과에 따르기 때문이다. 유사도 계산 기법으로는 여러 가지가 있으나, 가장 대표 되는 것이 코사인 유사도 (Cosine Similarity) 계산법이 가장 많이 사용되고 있고 그 계산식은 다음과 같다[17].

$$\cos(D_i, Q_j) = \frac{\sum_{k=1}^t d_{ik}q_{jk}}{\sqrt{(\sum_{k=1}^t (d_{ik})^2)(\sum_{k=1}^t (q_{jk})^2)}}$$

여기서 D와 Q는 각 운전원의 대화 문장을 나타낸다.

## III. 운전원 커뮤니케이션 품질 평가 시스템 개발

### 1. 커뮤니케이션 품질 평가 프레임워크

본 연구에서 구축한 운전원 커뮤니케이션 품질 평가 체계의 구성도는 그림 1과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 발전소 시나리오 별 실습 훈련 과정에서 취득한 운전원 대화록을 운전원 별로 형태소 분류 후 유사도 계산 모듈을 이용하여 형태소 기반의 대화 문장 유사도 및 의미소 기반의 대화 문장 유사도를 계산하고, 이를 통합 보정한 최종 유사도를 구하여 이를 대화 품질 평가의 척도로 사용하는 시스템이다[20][21].

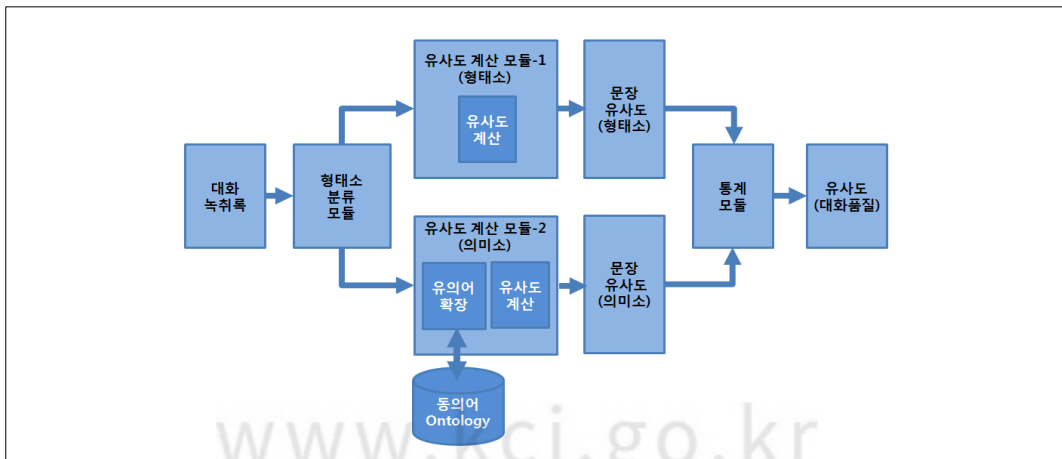


그림 1. 운전원 커뮤니케이션 품질 평가 체계 구성도  
Fig. 1. Communication Quality Evaluation Framework



장을 하여 문장의 유사도 평가를 하는 방법을 의미한다. 의미소 확장이라 함은 본래 대화 내용의 의미를 기준으로 확장하여 의미 전달이 되었음을 가정하고 평가하는 방법으로, 동의어 확장 및 문장 수신 구조의 확장 등을 들 수 있다(21). 예를 들어 운전원1이 '밸브 30번 잠그세요'라고 지시 했을때, 운전원2가 '네, 알겠습니다'라고 대답한 경우, 앞 절에서 설명한 형태소 기반의 분석 단계에서는 '밸브30, 잠금'과 '네'와 같이 형태소 분리가 되지만, 본 단계 의미소 확장 단계에서는 운전원2의 대답은 운전원1의 지시에 대하여 이해 및 수락하고 있음을 가정하여 '밸브30번 잠그세요'의 지시에 대하여 '밸브 30번 잠그겠습니다'라고 답변한 것으로 의미가 확장 가능하고, 이의 형태소를 분리한 '밸브30, 잠금' 과 '밸브30, 잠금'으로 구분 하는 것을 의미한다.

그림 4는 운전원 간의 대화 원문에 대하여 형태소 분석을 수행한 결과와 이를 다시 의미소 분석을 통한 유의어 확장을 보여준다.

녹취록 원문		형태소 처리	의미소 확장
운전원	원문	형태소	유의어 확장
기계부	터빈과장님 나오세요.	터빈과장	T0
T0	네 T0입니다.	네, T0	네, T0
기계부	네 기계부인데요.	기계부	기계부
T0	네	네	기계부
기계부	지금 에젝터 쪽 작업은 저희들이 진공펌프쪽, 이후에 그쪽을 라인업을 아웃서비스 시켜주면	에젝터, 작업, 진공펌프, 라인업, 아웃서비스	에젝터, 작업, 진공펌프, 라인업, 아웃서비스
T0	네	네	에젝터, 작업, 진공펌프 라인업, 아웃서비스
기계부	저희들이 작업 하겠습니까.	작업예정	작업예정
T0	네 알겠습니다.	네, 알겠습니다.	작업예정
기계부	네 출력감발은 안가나요?	출력감발	출력감발
T0	출력감발이요?	출력감발	출력감발
기계부	너무 늦으면 아마 늦는만큼 SBCS가 불박되는 확률이 높을텐데	지체, SBCS, 불박, 확률, 높아짐	지체, SBCS, 불박, 확률 높아짐
T0	네, 그게 확인 한번 해보겠습니다.	네, 확인	지체, SBCS, 불박, 확률 높아짐, 확인
기계부	네	네	확인

그림 4. 대화 내용의 형태소 분류 및 의미소 확장  
Fig. 4. Morpheme classification and Semantic extension of conversation contents

대화 문장의 의미소 확장에 의한 유사도 평가는 다음과 같은 순서로 수행한다.

- 1) 제 1단계에서 작성한 녹취록 자료를 운전원과 원문 형식으로 준비하고, 운전원 단위 대화 별로 구분한다.
- 2) 의미 확장 및 형태소 분석은 다음의 두 단계로 분리하여 수행한다.
  - 2-1) 녹취록의 각 운전원의 대화 메시지에 대하여 의미 확장을 수행한다.
  - 2-2) 의미 확장된 각 운전원의 대화 메시지를 형태소 단위로 분리한다. 형태소 분리는 문장의 내용을 구성하는데 있어, 의미의 기능을 부여하는 언어 형태론적 수준의 최소 단위로 구분한다.
- 3) 앞 단계에서 분리된 형태소를 각 대화자 별로 병합한다. 즉 단위 직무를 표시하는 대화 내용에서 각 대화자 별로 대화한 내용을 을 병합한다.

4) 대화자 별로 병합된 의미소 집합을 코사인 유사도 계산 로직을 이용하여 문장 유사도 계산을 수행한다.

그림 5는 의미소 기반의 대화 문장 유사도 평가의 절차를 나타낸다.

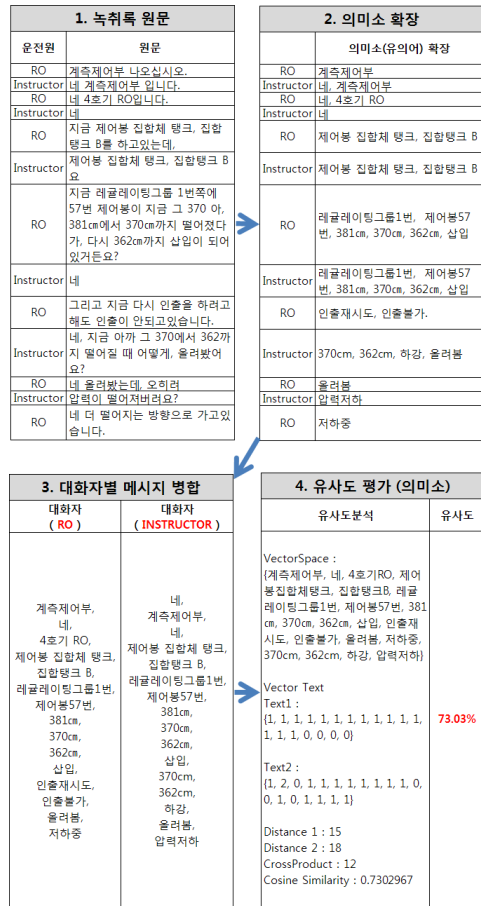


그림 5. 의미소 기반 대화 유사도 평가  
Fig. 5. Similarity Evaluation Phase by semantic extension

### 1.4 유사도 평가 결과의 통합

그림2에서 설명한 제 2단계와 제 3단계의 단위 직무에 대한 문장 유사도 계산 결과에서 볼 수 있듯이, 같은 대화 내용에 대해 형태소 분석에 의한 대화 유사도 평가 결과와 의미소 기반의 의미 확장 대화 유사도 평가 결과가 서로 상이함을 알 수 있다.

유사도 평가 결과의 통합은 i) 단위 직무의 평가 결과를 전체 직무에 대하여 배분하여 더하고 ii) 형태소와 의미소 기반의 두 개의 유사도 평가 결과를 전문가의 결정에 따른 보정치를 고려한 일정 비율로 보정하는 것이다.

최종 직무 유사도를 구하기 위한 상세 절차는 다음과 같다.

- 1) 단위 직무 유사도 평가 결과를 정리하고, 분석에 수행된 형태소 단어의 총 단어수(형태소)를 구한다.
- 2) 단위 직무 유사도(형태소)를 총 단어수(형태소)로 나눠서, 전체 직무에 대한 비례 단위 직무 유사도(형태소)를 계산한다.
- 3) 계산된 단위 직무 유사도(형태소)의 값을 누계하여, 형태소 분석에 의한 직무 유사도(형태소)의 최종 값을 결정한다.
- 4) 의미소 확장을 통한 단위 직무 유사도 평가 결과를 정리하고, 의미소 확장 분석에 수행된 형태소 단어의 총 단어수(의미소)를 구한다.
- 5) 단위 직무 유사도(의미소)를 총 단어수(의미소)로 나눠서, 전체 직무에 대한 비례 단위 직무 유사도(의미소)를 계산한다.
- 6) 계산된 단위 직무 유사도(의미소)의 값을 더하여 의미소 확장 분석에 의한 직무 유사도(의미소)의 최종 값을 결정한다.
- 7) 전문가 판단에 의한 보정치를 결정한다. 보정치는 0과 1사이의 값으로, 형태소 분석의 결과에 비중을 많이 주고자 하는 경우는 1에 근사한 값으로 부여하고, 의미소 분석의 결과에 비중을 더 많이 주고자 하는 경우는 0에 근사한 값을 부여한다.
- 8) 최종 직무 유사도 평가 결과(직무유사도Task)는 다음 수식을 이용하여 계산한다.

$$\text{직무유사도}_{Task} = (\text{유사도}_{\text{형태소}} \times f) + (\text{유사도}_{\text{의미소}} \times (1 - f))$$

$f$ 는 보정치 ( $0 < f < 1$ )

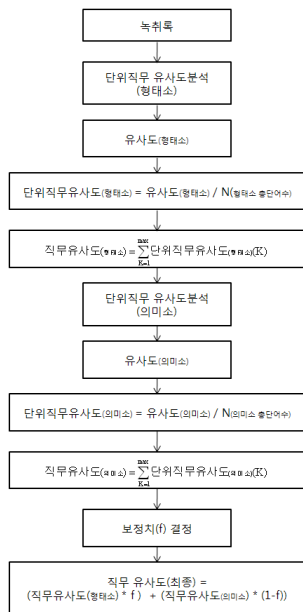


그림 6. 유사도 평가 통계 처리 흐름도  
Fig. 6. Flowchart of Communication Quality evaluation process

그림 6은 최종 직무 유사도를 계산하기 위한 흐름도이다. 그림에서 보는 바와 같이 최종 직무 유사도는 여러 개의 단위 직무에 대한 유사도 평가 결과에 대하여 형태소 및 의미소 확장 별로 통합하여 처리하는 것이다.

## 2. 유사도 평가 전산 모듈

코사인 유사도 평가를 위한 로직을 구현하기 위하여, Visual Basic 과 엑셀의 매크로 코드를 이용하여 계산 프로그램 개발하였다. 그림 7은 Visual Basic 으로 개발한 유사도 평가 계산 모듈이다. 그림에서 보는 바와 같이 화면 좌측의 두 개 입력창에 두 운전원의 문장 형태소를 입력하면, 우측과 같은 유사도 계산 결과가 출력된다.

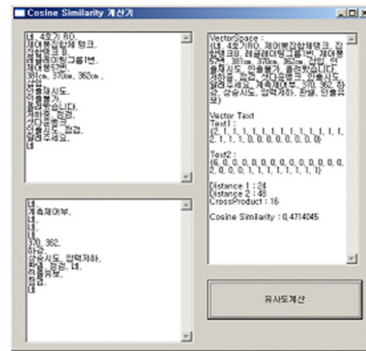


그림 7. Cosine 유사도 계산 모듈  
Fig. 7. Cosine Similarity Evaluation Program

## IV. 유사도 평가 및 결과 분석

논문에서 제안한 운전원 유사도 평가 프레임워크의 적용성을 확인하기 위하여, 다음과 같이 원자력 발전소 비정상 시나리오 실습에 적용하여 분석을 수행하였다. 분석에 사용된 비정상 시나리오는 복수기 진공 상실시 운전원 대응 조치에 관련된 내용으로 각 운전원들의 담당 직무에 따라서 한 차례씩 비정상 대응 훈련을 실시하는 것으로 구성되어 있으며 다음 표 1에 정리하였다.

표 1. 비정상 대응 시나리오  
Table 1. Scenario (Abnormal Situation)

담당 운전원	대상 시나리오 전개
원자로 운전원(RO)	제어봉 미끌어짐시 기술자침서 적용 대응 훈련
터빈 운전원(TO)	복수기 진공 저하시 누설부 확인 조치 훈련
원자로 운전원(RO)	비 안전등급 전원 상실시 관련 조치 훈련
터빈 운전원(TO)	탈기기 입구밸브 닫힘시 대응 조치 훈련
원자로 운전원(RO)	중간 중성자계측기 고장시 대응 조치 훈련

대화 품질 평가 결과의 정확성을 확인하기 위해 비정상 대응 실습을 수행한 5개 실습조에 대한 수행도 평가 결과와 비교하였다. 수행도 평가는 각 실습조의 실습 단계에서 비정상 상황을 해결하기 위한 필수 체크리스트를 사전에 작성한 후 각 항목별로 실제 수행 여부를 체크하여 점수화하는 평가 방법이다.

다음 표 2는 실습조의 수행도 평가 결과와 대화 품질 문장 유사도 평가 결과를 나타낸다. 각행은 수행조의 실습 평가 수행도와 대화 문장 유사도 평가 결과를 포함하고 있는데, 먼저 형태소 분류에 의한 유사도 평가 결과 및 의미소 분류에 의한 유사도 평가 결과 그리고 보정치를 이용한 최종 유사도 평가 결과를 포함하고 있다. 분석 결과에 의하면 상위 3개조의 수행도와 유사도 결과가 양호한 것으로 나타나고 있으며 하위 2개조의 수행도 및 유사도 평가 결과는 다소 미흡한 것으로 나타난다.

표 2. 실습 수행도 및 유사도 평가 결과  
Table 2. Results of Communication Quality Analysis

실습조	수행도	형태소 분류	의미소 분류	보정 Factor	유사도
Team1	84	38.29%	73.58%	0.5	55.94%
Team2	80	39.37%	74.51%	0.5	56.94%
Team3	84	41.70%	71.73%	0.5	56.72%
Team4	70	31.64%	61.88%	0.5	46.76%
Team5	72	36.00%	61.67%	0.5	48.84%

그림 8은 팀별 수행도와 유사도 평가 결과를 그래프로 나타낸 결과 이다. 평가 결과에서는 수행도와 유사도 간의 관계에 대하여 2개의 그룹으로 분석되는데, 수행도가 좋은 상위 3개 팀의 대화 문장 유사도가 비교적 높은 결과를 보이고 있으며, 반대로 수행도가 낮은 하위 2개 팀의 문장 유사도가 상대적으로 낮은 점수를 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 수행도와 유사도 간의 선형의 상관관계를 판단 할 수 있다.

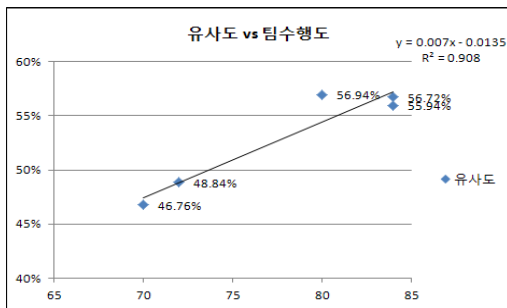


그림 8. 수행도 및 유사도 평가 결과 분석  
Fig. 8. Analysis of evaluation results in team performance and similarity

## V. 결론

본 연구에서는 원자력 발전소 비정상 상황에서 주 제어실 운전원의 커뮤니케이션의 품질을 평가하기 위한 절차 및 그 방법에 대하여 제안하였고, 각 실습 수행조의 운전 수행도 결과와 비교하였다. 본 연구는 커뮤니케이션 품질 평가를 위한 프레임워크의 개발이 주 목적이며, 대화 유사도 측정에 사용한 정보 검색 모델인 코사인 유사도는 최신 정보 검색 기법에서 사용되는 다른 모델로 확장하여도 적용 가능한 것으로 판단한다.

논문에서 제안한 실습조의 커뮤니케이션 품질 평가 결과와 운전 수행도를 비교한 결과, 각 실습조의 커뮤니케이션 품질과 운전 수행도는 선형의 상관관계를 갖고 있음을 확인하였다. 즉, 높은 커뮤니케이션 품질 결과를 보인 실습조는 좋은 운전 수행도 결과를 보여주었으며, 낮은 커뮤니케이션 품질 결과를 보인 실습조는 낮은 운전 수행도 결과를 보여주었다. 하지만 이러한 사실의 확인을 증명하기 위하여 다른 시나리오 및 더 많은 실습조의 실습 결과에 대하여 커뮤니케이션 품질 평가 및 운전 수행도 비교 평가 등의 추가 연구를 수행 중에 있다.

## 참고문헌

- [1] Maddox, Michael E., Muto and William H., "Three Mile Island: The human side," Ergonomics in Design, vol. 7(2), pp. 6-12, 1999.
- [2] Stang, E., "Chernobyl - System accident or human error?," Radiation Protection Dosimetry, vol. 68 (3-4), pp. 197-201, 1996.
- [3] Rainer Dietrich, "Communication in high risk environments," Helmut Buske Verlag, 2003.
- [4] Schlichter, Koch and Burger, "Workspace awareness for distributed teams," In W. Conen (Ed.), Workshop Coordination Technology for Collaborative Applications, 1997.
- [5] Sian B. and Robertson, M., "Maintenance resource management handbook," Washington, DC, Federal Aviation Administration Office of Aviation Medicine, 1996.
- [6] Billings, C.E. and Cheaney, E.S., "The information transfer problem: Summary and comments," In Information Transfer Problems in the Aviation System, (Billings, C.E. and Cheaney, E.S., Eds.)

- NASA Technical Paper 1875., 1981.
- [7] Murphy, P. "The role of communications in accidents and incidents during rail possessions," Engineering psychology and cognitive ergonomics, Vol. 5, Aerospace and transportation systems, Ashgate, Aldershot, 2001.
- [8] Wilson, R.M., Runciman, W.B., Gibberd, R.W. and Hamilton, J.D., "The quality in Austrian health care study," Med. J. Aust., Vol. 163, 1995
- [9] Bales, R.F., "Interaction process analysis: Theory, research, and application," Reading MA: Addison-Wesley, 1950.
- [10] Foushee H.C. and Manos K.L., "Information transfer within the cockpit: problems in intracockpit communications," In Information Transfer Problems in the Aviation System, (Billings, C.E. and Cheaney, E.S., Eds.) NASA Technical Paper 1875., 1981.
- [11] Kanki, B.G. and Foushee, H.C., "Communication as Group Process Mediator of Aircrew Performance," Aviation, Space and Environmental Medicine, May, pp.402-410, 1989.
- [12] Ketteun, J. and P. Pyy, "Assessing communication practices and crew performance in a NPP control room environment - A prestudy," TAU-001/00, 2000.
- [13] Min D.H., Chung Y.H. and Yoon W.C., "Comparative analysis of communication at main control rooms of nuclear power plants," In: Proceedings of IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium, September, Atlanta, G.A., 2004.
- [14] Schraagen J. M. and Rasker P.C., "Communication in Command and Control teams", In: Proceedings of 6th International Command and Control Research and Technology Symposium, June, Maryland, 2001.
- [15] Olson G.M. Olson, J.S., Carter M.R. and Storosten M., "Small group design meetings: An analysis of collaboration," Human-Computer Interaction Vol. 7, pp.347-374, 1999.
- [16] Kim, S., Park, J., Han, S., Kim, H. and "Development of extended speech act coding scheme to observe communication characteristics of human operators of nuclear power plants under abnormal conditions," Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol 23, pp.539-548, 2010
- [17] Ricardo B. Y. and Berthier R. N., "Modern Information Retrieval," ACM Press, 1999.
- [18] 한광록, 강현민, 손석원, "키워드를 활용한 온톨로지 인스턴스 생성에 관한 연구," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 15권, 제 5호, 1-11쪽, 2010년. 5월.
- [19] Thandar Lwin and Thi Thi Soe Nyunt, "An Efficient Duplicate Detection System for XML Documents," 2010 Second International Conference on Computer Engineering and Application, 2010.
- [20] 신성윤, 이양원, "한국어 정보처리를 위한 명사 및 키워드 추출," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 14권, 제 3호, 51-56쪽, 2009년 3월.
- [21] 문유신, "정보 검색을 위한 숫자의 해석에 관한 구문적, 의미적 판별 기법," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 14권, 제 8호, 65-71쪽, 2009년 8월.

## 저자 소개



### 김 승 환

1990 : 중앙대학교 컴퓨터공학 석사  
 1996 - 현재 : 한국원자력연구원 종합  
 안전평가부 책임연구원  
 관심분야: 정보검색, 시멘틱웹,  
 인간공학



### 박 진 군

1998 : KAIST 원자력공학 박사.  
 1996 - 현재 : 한국원자력연구원 종합  
 안전평가부 책임연구원  
 관심분야: 인간공학, 인적수행도평가



### 한 상 용

1984 : Univ of Minnesota 공학박사  
 1984 - 1995 : 미국 IBM 중앙연구소  
 책임연구원  
 1995 - 현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학과  
 교수  
 관심분야: 시멘틱웹, 정보검색, 최적화