

양자 컴퓨터 기술 트렌드 예측과 분석

차은주 · 장병윤[†]

Trend Forecasting and Analysis of Quantum Computer Technology

Eunju Cha · Byeong-Yun Chang[†]

ABSTRACT

In this study, we analyze and forecast quantum computer technology trends. Previous research has been mainly focused on application fields centered on technology for quantum computer technology trends analysis. Therefore, this paper analyzes important quantum computer technologies and performs future signal detection and prediction, for a more market driven technical analysis and prediction. As analyzing words used in news articles to identify rapidly changing market changes and public interest. This paper extends conference presentation of Cha & Chang (2022). The research is conducted by collecting domestic news articles from 2019 to 2021. First, we organize the main keywords through text mining. Next, we explore future quantum computer technologies through analysis of Term Frequency - Inverse Document Frequency(TF-IDF), Key Issue Map(KIM), and Key Emergence Map (KEM). Finally, the relationship between future technologies and supply and demand is identified through random forests, decision trees, and correlation analysis. As results of the study, the interest in artificial intelligence was the highest in frequency analysis, keyword diffusion and visibility analysis. In terms of cyber-security, the rate of mention in news articles is getting overwhelmingly higher than that of other technologies. Quantum communication, resistant cryptography, and augmented reality also showed a high rate of increase in interest. These results show that the expectation is high for applying trend technology in the market. The results of this study can be applied to identifying areas of interest in the quantum computer market and establishing a response system related to technology investment.

Key words : Quantum computer, future sign, weak signal, trend, news data

요약

본 연구에서는 양자 컴퓨터 관련 기술 트렌드 분석과 예측을 수행한다. 기존 양자 컴퓨터 기술 분석 관련 연구는 주로 기술 특징을 중심으로 응용 가능 분야에 집중되었다. 본 논문은 시장 중심의 기술 분석과 예측을 위하여 양자 컴퓨터 관련 국내 뉴스 기사를 기반으로 중요하게 다루지는 양자 컴퓨터 기술들을 분석하고 미래신호 감지와 예측을 수행한다. 뉴스 기사에서 사용된 단어들을 분석하여 빠르게 변화하는 시장의 변화와 대중의 관심사를 파악한다. 본 논문은 Cha & Chang (2022) 컨퍼런스 발표 자료를 확장했다. 연구는 2019년부터 2021년까지의 국내 뉴스 기사를 수집하여 진행된다. 먼저, 텍스트 마이닝을 통해 주요 키워드를 정리한다. 다음으로, Term Frequency - Inverse Document Frequency(TF-IDF), Key Issue Map(KIM), Key Emergence Map(KEM) 등의 분석을 통해 양자컴퓨터관련 기술을 탐색한다. 마지막으로, 랜덤포레스트, 의사결정나무, 연관분석 등을 통해 미래기술들과 수요 및 공급의 연관성을 파악한다. 연구결과 빈도분석, 키워드 확산도 및 가시성 분석에서 모두 AI의 관심도가 가장 높게 나타났다. 사이버보안의 경우 시간이 지날수록 뉴스기사에서 언급되는 비율이 다른 기술에 비해 압도적으로 높게 나타났다. 또한 양자통신, 내성암호, 증강현실 역시 관심도의 증가율이 높게 나타났다. 따라서 이를 트렌드 기술의 적용에 대한 시장의 기대가 높음을 알 수 있다. 본 연구의 결과는 양자컴퓨터 시장의 관심 분야 파악과 기술 투자 관련 대응체계 구축에 응용될 수 있다.

주요어 : 양자컴퓨터, 미래신호, 약신호, 트렌드, 뉴스데이터

* This work was supported by Ajou Research fund.

Received: 18 July 2022, **Revised:** 17 August 2022,

Accepted: 21 August 2022

† Corresponding Author: Byeong-Yun Chang

E-mail: bychang@ajou.ac.kr

School of Business, Ajou University

1. 서론

가트너에서 발표한 2022년 기술전략 트렌드 보고서에 데이터, AI(Artificial Intelligence), 클라우드 플랫폼, 보

안 등 트렌드 12개를 제시했다(Gartner, 2021). 컴퓨터의 용량, 속도 그리고 보안의 중요성으로 정리될 수 있다. Quantum computer(QC)는 고전 정보이론, 컴퓨터 과학 및 양자 물리학의 아이디어를 결합한 결과물로 컴퓨터 용량, 속도 그리고 보안을 강화하는 것이 가능하다.

본 연구는 국내 뉴스기사를 수집하고 텍스트마이닝으로 QC관련 기술 및 동향을 분석한다. 국내 정책 동향과 수요를 예측하여 대응할 수 있는 체계를 구축하고 미래 신호 탐색과 예측이 목적이다. QC 관련 주요 기술 적용 연구는 다음과 같다. Möller & Vuik (2017)과 Gill *et al.* (2022)는 QC 기술의 특징으로 응용 가능 분야를 소개했다. Izsak *et al.* (2022)는 화학시스템의 시뮬레이션 가능성을 양자 위상 추정(Quantum phase estimation)과 변동 양자 고유 솔버(Variational quantum eigen-solver) 알고리즘 특성으로 연구했다. 기술의 특징을 기반으로 예측한 연구들은 존재하지만 QC시장 중심의 전반적인 내용을 분석한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 뉴스 기사를 토대로 시장 중심의 기술 분석과 예측한다.

기술의 트렌드 예측은 더 높은 가치를 창출하기 위해 시장 중심 분석이 중요하다(Kim *et al.*, 2017). 가치 창출형 신제품 프로세스 개발을 위해 시장 통합의 중요성이 강조되고, 뉴스 기사는 대중의 관심을 보도한다(Wind, 1979; Hallin, 1992).

본 연구는 뉴스기사에서 사용된 QC단어들을 범주화하여 분석을 진행하고 기술 투자 관련 대응체계 구축에

응용될 수 있도록 기술의 트렌드 변화를 파악한다. 이를 위해 3단계로 분석했다. 첫째, 주제분석과 감성분석을 시행한다. 둘째, TF(Term Frequency), DF(Document Frequency), TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency)와 KEM(Keyword Emergence Map), KIM(Keyword Issue Map)을 통해 주요 기술 신호를 탐지한다. 셋째, 랜덤포레스트, 로지스틱회귀분석, 연관분석으로 탐지된 기술 신호의 미래를 예측한다.

제 2절에서 양자컴퓨터와 미래신호 연구를 설명하고 제 3절은 분석방법을 다룬다. 제 4절은 QC관련 뉴스기사 분석과 예측 결과를 보여준다. 마지막으로 제 5절에서는 연구의 결과를 요약하고 향후 연구 주제를 제안한다.

2. 문헌연구

2.1 양자 컴퓨터 특징 및 응용분야

양자컴퓨터는 양자 비트의 얽힘 속성으로 기존 컴퓨터의 한계를 보완하여 새로운 패러다임을 형성한다(Mekhiel, 2020). 0과 1이 동시에 존재하는 상태가 가능한 큐비트로 방대한 양의 정보처리, 효율적인 머신러닝 알고리즘 그리고 최적화된 값의 빠른 연산이 가능하다(Outeiral *et al.*, 2021). Table 1은 기술적 관점에서 QC의 장단점을 서술하고 Table 2는 응용기술을 소개한다. QC기술 특성을 통해 약물설계, 데이터과학, 보안 통신 및 양자 화학 등 계산이 복잡하고 해결이 어려운 문제 등 가능한 응용

Table 1. Advantages and disadvantages of quantum computers

Year	Author	Positive Points
2010	Berta <i>et al.</i>	As Expanding the Principle of Uncertainty, Proof that the results of both measurements are accurately predictable when the particles are prepared with quantum memory and entanglement
2013	Lloyd <i>et al.</i>	Analyze and understand information better in machine learning, data security
2021	Ji <i>et al.</i>	Proof MIP* (Mutiprover interactive proof with quantum entanglement) = RE is possible. By proving that the limits of quantum mechanics of 'infinite dimension' and quantum mechanics of 'finite dimension' are not the same, it can be used to solve problems that have not been solved until now.
2021	Outeiral <i>et al.</i>	Run machine learning algorithms efficiently. Computing optimization values faster than classical computers
Year	Author	Negative Points
1997	Bennett <i>et al.</i>	Calculations can be more difficult with QTM(Quantum Turing machine) compared to the computational power required. NP(Nondeterministic Polynomial) problem proves what cannot be solved in QTM with grover's result
2000	Nielsen & Chuang	Quantum state approximation very difficult
2019	Park <i>et al.</i>	Linear cost (error) unavoidable
2021	Outeiral <i>et al.</i>	Vulnerable to Hyper

Table 2. Quantum computer application technology

Year	Author	Approach	Application
2015	Mezzacapo <i>et al.</i>	Theory (Ion trap superconducting circuit experiment)	Fluid dynamic transport phenomenon - Wide range of applications such as flood prediction, furnace flow, seawater overflow, etc.
2018	Amjad <i>et al.</i>	Theory (Fuzzy time series)	Applicable to various fields for predicting uncertain and ambiguous problems
2020	Hopwood	Theory (Linear system)	Avoid failure of supply chain optimization engine, processing vast amounts of data, improved dynamic inventory allocation, energy distribution, manage resource usage and network design
2020	Kapufunde	Scenario	Positive effect on unpredictable surge in demand, processing of complex and constantly changing variables, Provide insight for optimization

분야를 제시한다.

2.2 Weak signal

Weak signal은 semiotic theories를 기반으로 미래에 일어날 수 있는 사건의 신호를 의미한다(Hiltunen, 2008). 회사의 전략적 계획을 위해 Ansoff가 제안하고 Hiltunen에 의해 체계화 됐다(Park & Cho, 2017). 약신호는 강신호를 지나 트렌드로 발전할 수 있다(Holopainen & Toivonen, 2012). Hiltunen (2008)은 3차원(신호, 해석, 이슈)으로 weak signal을 설명했지만 정량적 분석 방법은 제시되지 않았다. Yoon (2012)은 Hiltunen의 이론을 기반으로 객관적인 신호와 이슈를 통해 weak signal 감지 방법을 텍스트마이닝으로 제안했다. 가시성(DoV: Degree of Visibility)과 확산성(DoD: Degree of Diffusion)으로 KEM과 KIM을 나타낸다(Yoon, 2012).

$$DoV_{ij} = (TF_{if}/NN_j) \times [1 - tw \times (n - j)]$$

$$DoD_{ij} = (DF_{if}/NN_j) \times [1 - tw \times (n - j)]$$

위 식에서 NN 은 전체 문서의 수, tw 는 시간 가중치, n 은 전체 시간 구간 그리고 j 는 시점을 의미 한다(본 연구에서 $j=1$ 은 2019년을 의미한다).

3. 연구 방법

3.1 연구 대상

본 연구는 시장 중심의 기술 분석과 예측을 위해 뉴스 기사를 기반으로 진행한다. 사회 구조의 변화로 1960년대 후반부터 뉴스기사는 독자가 원하는 방향을 추구했

다(Hallin, 1992). 시장 주도 저널리즘(Market driven journalism)은 독자가 원하는 내용을 보도하는 것을 의미한다. 시장 중심 모델은 McManus가 1994년에 발표했으며, 상업 뉴스시장에서 시청자는 고객, 뉴스는 제품 그리고 발행(circulation)은 시장으로 대응된다(Tseng, 2001; Cohen, 2002). 뉴스는 상품화와 시청률 추구를 위해 대중과 상호작용을 한다(Tsai, 2012). 때문에 뉴스기사 분석은 대중의 관심을 시장 관점으로 해석이 가능하다. 본 연구 데이터는 국내 뉴스기사 2019년부터 2021년까지 빅카인즈 플랫폼을 통해(19년: 133건, 20년: 116건, 21년: 167건) 수집했다. ‘양자 컴퓨터’와 ‘양자 컴퓨팅’을 기반으로 했으며, ‘양자협력’, ‘양자협상’ 등 외교 단어를 제외하기 위해 정치외교 분야를 제외했다.

3.2 분석방법

텍스트 마이닝은 정량적, 객관적 그리고 실용적인 트렌드 분석이 가능하다(Na *et al.*, 2016). 본 논문은 QC기술을 수요와 공급의 태도로 분류하고 관련 기술을 분석한다. 분류방법은 기존 사전을 활용하는 방법, 딥러닝 기술을 병합하여 자동 학습 방법(Tang *et al.*, 2015; Ain *et al.*, 2017) 또는 TF-IDF 활용이 있다(Boukes *et al.*, 2020). 본 연구는 비정형 데이터를 수집 후, 코드화하여 정형데이터로 분류하였으며, 요인분석, TF-IDF, 랜덤포레스트, 연관분석 등 미래신호 탐색 및 예측을 SPSS v.25와 R v.4.1.3을 사용했다. 본 연구에서는 분석을 위해 QC기술, 순기능, 역기능, 수요자 그리고 공급자로 분류했다(Song, 2017; Kim *et al.*, 2014). 정의된 범주의 단어 선정을 위해 레포트 및 분석 자료 단어를 TF-IDF로 분석했다. TF-IDF 수식은 다음과 같다(Dadgar *et al.*, 2016).

$$TF-IDF = w_{i,j} = tf_{i,j} \times \log(N/df_i)$$

위 수식에서 $tf_{i,j}$ 는 단어 i 가 문서 j 에 등장한 정도, N 은 문서의 수 그리고 df_i 는 단어 i 가 등장하는 문서의 수이다. 사전 구축의 수동 작업은 정확성 향상을 위해 중요하다(Godbole *et al.*, 2010). TF-IDF로 기초어 지정 하여 Table 3의 사전을 구축했다. 제 4절에서는 Table 3의 결과를 바탕으로 연도별 QC 기술의 빈도분석과 증가율 변화를 파악하고 KIM과 KEM을 시행했다. 이후 랜덤포레스트 분석으로 수요와 공급의 관점에서 중요한 QC 기술을 파악했다(Song, 2017). 로지스틱 회귀분석은 요인 분석으로 순기능과 역기능의 잠재요인을 도출 후 진행했다(Song, 2017).

4. 분석 결과

4.1 뉴스기사 문서 현황 및 변화

Fig 1은 3년간 양자컴퓨터 관련 뉴스의 주요 키워드 변화로 AI가 시장에서 가장 큰 관심을 받고 있는 기술인 것을 보여준다. AI의 빈도수와 상승폭이 다른 단어들보다 압도적으로 높게 나타난다. Table 4는 3년간 평균증가율과 평균사용빈도를 각 순위를 기준으로 상위 기술을 나타낸다. AI와 알고리즘이 평균 빈도가 가장 높다. AI는 평균 빈도수는 높지만 뉴스기사의 증가율은 점차 감소했다. 빈도수 기준 순위는 TF와 DF가 유사하고, 사이버 보안의 증가율 순위가 가장 높게 나타났다. 사람들의 사이버 보안에 대한 관심이 가장 높게 증가함을 알 수 있다.

Fig 2와 3에서 DoV와 DoD의 평균 증가율, 평균 문서 빈도수와 평균 단어 빈도수를 좌표로 보여준다. KEM과

Table 3. Quantum computer keyword categorization

QC tech.	Hardware, semiconductor, software, quantum technology, ambient, edge computing, quantum computing, quantum computer, cybersecurity, VR(virtual-reality), virtual desktop, AR(augmented-reality), metaverse, image, quantum algorithm, AI(Artificial Intelligence), quantum AI, quantum machine learning, algorithm, Machine Learning, Machine Learning Algorithm, CNN(Convolutional Neural Network), deep learning, deep fake, Cloud, Memory, Big Data, ICT(Information & Communications Technology), Wearable, IoT(Internet of Things), Network, Human Computer Interaction, Electric Vehicle, Information System, Intelligent System, Remote Control, telemedicine, telecommunication, quantum sensing, quantum coding, quantum forking, stealth, robotics, mobility, autonomous driving, nanorobot, optical communication, communication network, quantum ICT, quantum information, quantum communication, quantum cryptography communication, encryption, quantum resistant cryptography, resistant cryptography, quantum cryptography, public key, security token, cryptography technology, QCCN(quantum cryptography communication network), private key, cryptographic modularization, cryptographic analysis, cryptosystem, QKD(quantum key distribution), quantum random number generation, cryptocurrency, block chain, pin technology, puf
Positive	Possible, Competitiveness, Economical, Computational Performance, Advancement, High Specification, High Performance, high speed, high speed network, high speed computation, supply chain optimization, Maximization, overcoming, technology secure, database, Integrity, neutralization, Future Preparation, Development, Emphasis, Complementary, Interaction, performance improvement, startup, trust, trust security, new business, new growth, practicality, update, connection, R&D, research support, research cooperation, open source, infrastructure, automation, low power, saving, information protection, information storage, Information transmission, differentiation, next-generation, optimization, ripple effect, solution, improvement, innovation, realization, cooperation, diffusion, activation, efficiency, minimization, shortest time
Negative	Conflict, coercion, gap, defect, exaggeration, sudden brake, noise, shortcoming, pirate, worthlessness, indifference, antagonism, side effect, impossible, illegal, collapse, cost, fraud, damage, loss, abuse, cipher break, polarization, difficulty, error, distortion, crisis, risk, leakage, low performance, discrimination, vulnerability, infringement, limit, hacking, environmental destruction
Consumer	enhancing, revision, review, decision, customer, occurrence, method, use, commercial, leading, choice, explain, consumption, acceptance, influence, prepare, invest, permit, application
Provider	composition, open, set up, verification, supply, establishment, case, production, demand, operation, management, promote, use, capital, adaptation, prospect, provision, manufacturing, entry, advance, progress, participation, system, measurement, sale, formation

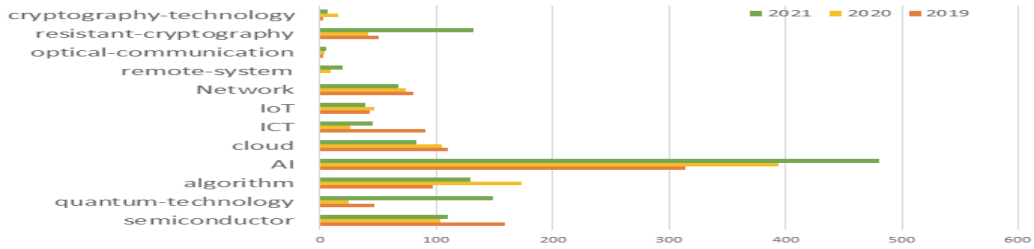


Fig. 1. Keywords changes by year [2019~2021]

Table 4. QC technology word average frequency and average increase rate

Average frequency rank criteria						Average growth rate rank criteria					
TF	AF	AR	DF	AF	AR	TF	AR	AF	DF	AR	AF
AI	380.3	0.19	AI	57.7	-0.03	cybersecurity	6.92	7.33	cybersecurity	4.37	5.33
algorithm	128.6	0.45	algorithm	54	0	cryptography-technology	3.98	8	VR	2.83	9.33
semiconductor	124	-0.22	cloud	41	0.04	resistant-cryptography	2.06	9	AR	1.63	2.67
QCCN	112.3	-0.01	semiconductor	38	0.09	AR	1.96	6.33	cryptography-technology	1.44	4.67
cloud	99	-0.14	software	38	0.06	quantum technology	1.59	73	wearable	1.04	2.33

*Average Frequency [AF] *Average Growth Rate [AR]

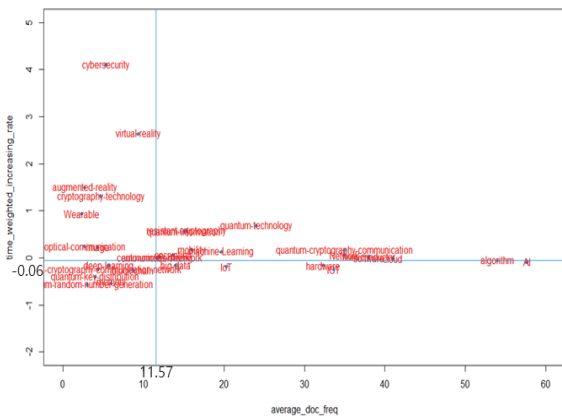


Fig. 2. Keyword issue map

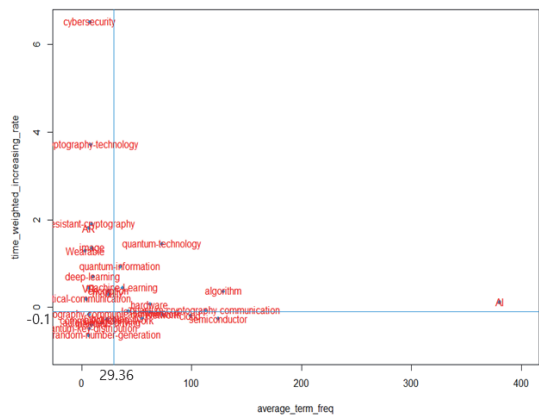


Fig. 3. Keyword emergence map

KIM은 미래에 어떤 기술이 중요하게 다뤄질지 보여준다 (Yoon, 2012). 각 사분면에 따라 강신호, 약신호, 잠재신호 그리고 증가율이 강하지 않지만 잘 알려진 신호로 분류되며 증가율 30%와 평균 빈도를 기준으로 분류했다 (Yoon, 2012). 빈도수가 높은 잘 알려진 기술은 1 & 4 사분면에 위치하고 1 & 2 사분면은 평균 증가율이 높은 신호로 관심이 증가하는 신호들이다. Table 5에서 Fig 2 &

3에서 공통으로 나타낸 신호를 위치한 각 사분면에 따라 나타났다. KEM과 KIM에서 공통으로 정의된 약신호 기술들은 가상현실, 광통신, 사이버보안, 암호기술, 웨어러블, 이미지, 증강현실로 나타났다. 이 기술들은 시간이 지날수록 더 많은 관심이 집중될 기술이고 강신호에 위치한 기술은 현재 양자 컴퓨터 분야에 집중되고 각광받는 기술을 의미한다.

Table 5. Common signal between KIM & KEM

	Latent signal	Weak signal	Strong signal	Not strong/ well-known signal
Main Signal	puf, virtual-desktop, private-key, public-key, nanorobot, deepfake, Robotics, Memory, Security-token, block-chain, stealth, cryptographic modularization, cryptographic analysis, cryptosystem, cryptocurrency, ambient, QKD, quantum forking, quantum-cryptographic-communication-network, human-computer interaction, quantum-coding, edge-computing, electric-vehicle, information-system, intelligent-system, convolutional neural-network, pin-technology,	VR, optical communication, cybersecurity, cryptography-technology, wearable, image, AR	machine-learning, quantum-technology, quantum-information	ICT, IoT, Software, Cloud

4.2 QC기술 연관성 분석

랜덤포레스트 분석에서 Test 데이터와 Train 데이터를 3:7의 비율로 나누었다. 모델의 정확도는 Test와 Train 데이터에서 각각 55%와 87.3%로 나타났다. Fig 4는 수요자와 공급자 태도에서 중요한 QC기술을 보여준다. Table 5에서 제시된 약신호 기술 중 사이버보안과 이미지 기술이 중요한 기술로 나타났다.

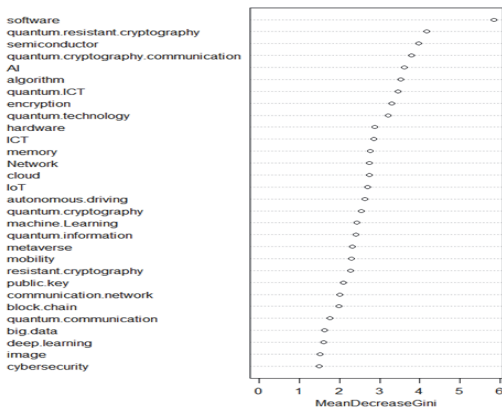


Fig. 4. Random Forest importance plot

Table 6은 Logistic regression 분석을 통해 유의한 ($p < .1$) QC기술이다. Logit function은 log odds로 추산되며 이항결과로 관측 가능하다(Kutner *et al.*, 2005). 종속변수는 공급자는 1, 수요자는 0으로 제시했으며 설명변수는 QC기술이다. 41.2%의 설명력과 분류 정확도는 73.1%로 나타났다. Logistic regression 결과 가상현실, 머신러닝, 모빌리티, 양자암호통신, 공개키 그리고 양자 난수생성 요인은 공급자일 확률이 높게 나타났다. 반면, 메타버스, ICT, 사물인터넷, 전기차 그리고 양자ICT 요인은 경우 수요자일 확률이 높게 나타났음을 알 수 있다.

Table 6. QC technology affecting consumer & provider

Predictor	B	SE	Z	p
VR	3.96	1.41	2.82	0.005
machine learning	0.64	0.29	2.17	0.03
mobility	0.99	0.42	2.35	0.019
quantum-cryptography-communication	0.18	0.09	2.00	0.046
public key	0.69	0.40	1.70	0.09
quantum-random-number-generation	3.37	1.54	2.19	0.028
metaverse	-1.83	0.97	-1.88	0.06
ICT	-0.56	0.20	-2.86	0.004
IoT	-0.69	0.30	-2.35	0.019
electric vehicle	-2.19	1.03	-2.13	0.033
quantum ICT	-0.53	0.24	-2.24	0.035

Table 3에서 제시한 순기능과 역기능은 설명력을 높이고자 요인분석으로 변수를 축약했다(Song, 2017). 척도 순화과정을 통해 일부 항목을 제거하고 베리맥스로 요인 적재치를 단순화했다. 요인선택 기준은 고유값 1 이상, 요인 적재치 0.3이상으로 10개의 요인을 추출했다. 역기능 관련 단어들 역시 척도 순화과정을 통해 일부항목을 제거하며 진행하였다.

요인분석 결과를 바탕으로 순기능과 역기능 요인의 logistic regression 분석 결과를 Table 7과 8에서 보여준다. 양자 컴퓨터의 긍정적인 요인들 중 수요자들이 관심을 갖는 요인들은 최적화요인과 산업화 요인이며 공급자의 경우 정확성과 차별화 요인임을 알 수 있다. 역기능 요인의 경우 공급자관점에서 중요한 요인은 보안성이었으며 수요자들은 접근성요인이 가장 큰 비율을 차지했다.

Table 7. Positive factors affecting consumer & provider

Predictor	B	SE	Z	p
Intercept	0.0374	0.2032	0.184	0.854
ability improvement	0.3322	0.2921	1.137	0.255
optimization	-0.1477	0.0493	-2.999	0.003
competitive	-0.0461	0.05	-0.922	0.357
realization	-0.153	0.1047	-1.461	0.144
business factors	-0.4617	0.2731	-1.691	0.091
interoperability	0.1211	0.2663	0.455	0.649
development	0.0465	0.0717	0.649	0.517
accuracy	0.4558	0.1751	2.602	0.009
performance	0.0171	0.0798	0.215	0.83
differentiator	0.5709	0.226	2.526	0.012

Table 8. Negative factors affecting consumer & provider

Predictor	B	SE	Z	p
Intercept	-0.1573	0.1268	-1.2397	0.215
infringement	1.1348	0.9997	1.1352	0.256
security	0.1999	0.0937	2.1335	0.033
lack of performance	0.0411	0.1906	0.2156	0.829
collapse	1.005	0.6342	1.5847	0.113
accessibility	-0.6176	0.2651	-2.3294	0.02
pressure	13.6035	557.28	0.0244	0.981
loss	-0.3172	0.2151	-1.4747	0.14
conflict	-0.1405	0.366	-0.3839	0.701

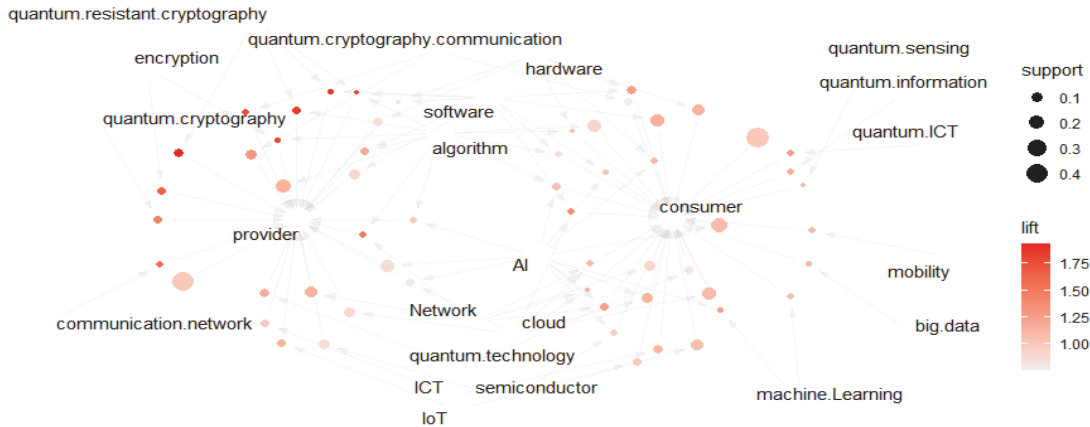


Fig 5. QC technology association network

Table 9. QC technology association rules

lhs	rhs	support	confidence	lift
{quantum resistant cryptography}	{pro}	0.088942	0.822222	1.932454
{software, quantum resistant cryptography}	{pro}	0.052885	0.785714	1.846651
{algorithm, quantum resistant cryptography}	{pro}	0.069712	0.783784	1.842113
{software, algorithm, quantum resistant cryptography}	{pro}	0.050481	0.777778	1.827997
{algorithm, encryption}	{pro}	0.052885	0.758621	1.782973
{software, cloud}	{con}	0.057692	0.666667	1.393635
{quantum ICT}	{con}	0.057692	0.615385	1.286432
{machine-Learning, AI}	{con}	0.055288	0.605263	1.265274
{hardware, software}	{con}	0.086538	0.6	1.254271
{AI, network}	{con}	0.067308	0.595745	1.245376

Fig 5에서 QC기술들의 상관관계를 도식화했다. 공급자와 관련성이 있는 단어들은 양자암호, 양자내성암호, 암호화 등으로 나타났다. 수요자와 관련이 있는 기술은 양자정보, 양자센싱, 빅데이터, 양자ICT, 모빌리티 등으로 나타났다. 또한 AI와 소프트웨어등의 기술은 수요와 공급 모두 연관성이 있는 기술이다. Table 9은 연관분석의 향상도 기준 상위 5개의 지지도, 신뢰도 그리고 향상도 값을 제시한다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

국내 뉴스기사를 수집하고 텍스트 마이닝을 통해 양자 컴퓨터 관련 기술 및 동향을 보여준다. 수집된 데이터인 정성데이터를 정량데이터로 변환하여 응용 가능한 양자 컴퓨터 관련 기술에 대해 연구했다. 양자 컴퓨터 관련 키워드를 분류 및 분석했다. 2019년부터 2021년까지의 국내 뉴스기사에서 사용된 QC기술 중 AI의 빈도가 TF, DF, TF-IDF 모두 가장 높은 값으로 제일 많은 관심을 받고 있음을 알 수 있다. QC기술의 미래신호를 알기 위해서는 약신호를 파악해야한다. 분석결과 약신호로 가상현실, 광통신, 사이버보안, 암호기술, 웨어러블, 이미지 그리고 증강현실을 보여준다. 양자 컴퓨터 기술 중 수요 및 공급자가 영향을 받는 요인을 분류 방법 별로 제시했다. 먼저 로지스틱 회귀분석에서 분류된 QC기술들 중 공급자에게 영향을 미치는 요인은 가상현실과 머신러닝이 있으며 약신호와 강신호로 분류된다. 수요자에게 영향을 미치는 요인은 ICT와 사물인터넷이며 증가율이 강하지 않지만 잘 알려진 신호, 즉 빈도수가 높은 단어들이다. 반면, 연관분석은 공급자와 수요자 모두 연관성이 있는 기술 중 양자기술과 소프트웨어가 나타났는데 각각 강신호와 강하지 않지만 잘 알려진 신호로 분류된다. 강신호인 양자정보와 머신러닝 기술은 수요자와 연관성이 있다.

본 연구는 시장 중심의 기술 분석과 예측을 위해 QC 관련 뉴스기사를 기반으로 분석했다. QC기술의 연관성 파악과 약신호 탐지로 추후 시장에서 주목을 받을 기술을 이해하여 잠재적 비즈니스 기회 개발을 위한 기술을 제안한다. 분석 결과를 통해 수요자와 공급자의 태도에 적합한 요인을 제시하고 이 결과를 기반으로 양자컴퓨터 산업의 비즈니스 전략을 수립하는 것이 가능할 것이다.

향후 연구에서는 사전의 지속적 개선 및 수정이 필요하다. 본 연구에서는 국내 뉴스 416건이 사용되었다. 현재까지 양자컴퓨터에 대한 관심은 점점 증가했지만 아직 상용화 상태가 아니기에 대중의 관심이 다른 기술에 비

해 높다고는 할 수 없다. 때문에 전체 기사 수가 현저하게 적은 것을 알 수 있으며 때문에 다른 형식의 데이터를 추가함으로써 데이터를 보강한 연구가 필요하다. 이를 위해 국내뿐만 아니라 해외 뉴스들은 어떤 내용을 다루고 있는지 파악이 필요하며 특히 데이터와 같은 다른 출처의 정보를 추가하여 미래신호예측을 수행하는 것이 중요하다. 또한 수요자 공급자 관련 영향을 미치는 요인에 대하여 추가적인 연구가 필요하다.

References

Ain, Q. T., Ali, M., Riaz, A., Noureen, A., Kamran, M., Hayat, B., & Rehman, A. (2017). *Sentiment analysis using deep learning techniques: A review*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 8(6), 424.

Amjad, U., Jilani, T. A., Tariq, H., & Hussain, A. (2018). *A quantum based evolutionary algorithm for stock index and bitcoin price forecasting*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9(9), 123-132.

Bennett, C. H., Bernstein, E., Brassard, G., & Vazirani, U. (1997). *Strengths and weaknesses of quantum computing*. SIAM Journal on Computing, 26(5), 1510-1523.

Berta, M., Christandl, M., Colbeck, R., Renes, J. M., & Renner, R. (2010). *The uncertainty principle in the presence of quantum memory*. Nature Physics, 6(9), 659-662.

Boukes, M., Van de Velde, B., Araujo, T., & Vliegthart, R. (2020). *What's the tone? easy doesn't do it: Analyzing performance and agreement between off-the-shelf sentiment analysis tools*. Communication Methods and Measures, 14(2), 83-104.

Cha, E., & Chang, B.-Y. (2022). *Forecasting and Trend Analysis of Quantum Computer Technology*. Proceedings of the Korea Society for Simulation.

Cohen, E. L. (2002). *Online journalism as market-driven journalism*. Journal of broadcasting & Electronic media, 46(4), 532-548.

Dadgar, S. M. H., Araghi, M. S., & Farahani, M. M. (2016). *A novel text mining approach based on TF-IDF and Support Vector Machine for news*

- classification*. In 2016 IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH) (pp. 112-116). IEEE.
- Gartner. (2021). *Top strategic technology trends for 2022*. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/top-technology-trends>
- Gill, S. S., Kumar, A., Singh, H., Singh, M., Kaur, K., Usman, M., & Buyya, R. (2022). *Quantum computing: A taxonomy, systematic review and future directions*. *Software: Practice and Experience*, 52(1), 66-114.
- Godbole, S., Bhattacharya, I., Gupta, A., & Verma, A. (2010). *Building re-usable dictionary repositories for real-world text mining*. Paper presented at the Proceedings of the 19th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, 1189-1198.
- Hallin, D. C. (1992). *Sound bite news: Television coverage of elections, 1968 - 1988*. *Journal of communication*, 42(2), 5-24.
- Hiltunen, E. (2008). *The future sign and its three dimensions*. *Futures*, 40(3), 247-260.
- Holopainen, M., & Toivonen, M. (2012). *Weak signals: Ansoff today*. *Futures*, 44(3), 198-205.
- Hopwood, R. (2020). *Supply chain: The quantum computing conundrum*. Retrieved from <https://www.supplychaindigital.com/logistics-1/supply-chain-quantum-computing-conundrum>
- Izsak, R., Riplinger, C., Blunt, N. S., de Souza, B., Holzmann, N., Crawford, O., . . . Schopf, P. (2022). *Quantum computing in pharma: A multilayer embedding approach for near future applications*. arXiv Preprint arXiv:2202.04460,
- Ji, Z., Natarajan, A., Vidick, T., Wright, J., & Yuen, H. (2021). *Mip*=re*. *Communications of the ACM*, 64(11), 131-138.
- Kapufunde, M. (2020). *Quantum computing: Coming soon to your supply chain?*. Retrieved from <https://www.suuchi.com/quantum-computing-coming-soon-to-your-supply-chain/>
- Kim, C. H., Kim, E. S., Choi, Y. J & Byun, J. E. (2017). *A study on scientific research methodology for market-oriented R&D of SMEs*. Proceedings of Korea Technology Innovation Society. 2017(11), 321-344..
- Kim, J. S., Kwon, E. J., & Song, T. M. (2014). *A Study on Using Social Big Data for Expanding Analytical Knowledge - Domestic Big Data supply-demand expectation -*. The Knowledge Management Society of Korea, 15(3), 169-188.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W. (2005). *Applied linear statistical models* (5th ed). McGraw-Hill Irwin. Boston.
- Lloyd, S., Mohseni, M., & Rebentrost, P. (2013). *Quantum algorithms for supervised and unsupervised machine learning*. arXiv Preprint arXiv:1307.0411,
- Mekhiel, N. (2020). *Simple quantum computing with quantum bits decoupled in time and space implemented in silicon and coupled back as analog signals and waves processed by analog computer*. *Computer Engineering and Systems (ICCES), 2020 15th International Conference On*, , 1-6.
- Mezzacapo, A., Sanz, M., Lamata, L., Egusquiza, I. L., Succi, S., & Solano, E. (2015). *Quantum simulator for transport phenomena in fluid flows*. *Scientific Reports*, 5(1), 1-7.
- Möller, M., & Vuik, C. (2017). *On the impact of quantum computing technology on future developments in high-performance scientific computing*. *Ethics and Information Technology*, 19(4), 253-269.
- Na, S. T., Kim, J. H., Jung, M. H., & Ahn, J. E. (2016). *Trend Analysis using Topic Modeling for Simulation Studies*. *The Korea Society for Simulation*, 25(3), 107-116.
- Nielsen, M. A., & Chuang, I. (2000). *Quantum computation and quantum information*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Outeiral, C., Strahm, M., Shi, J., Morris, G. M., Benjamin, S. C., & Deane, C. M. (2021). *The prospects of quantum computing in computational molecular biology*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 11(1), e1481.
- Park, C., & Cho, S. (2017). *Future sign detection in smart grids through text mining*. *Energy Procedia*, 128, 79-85.
- Park, D. K., Petruccione, F., & Rhee, J. K. (2019). *Circuit-based quantum random access memory for*

- classical data*. Scientific Reports, 9(1), 1-8.
- Song, T. M. (2017). *Social Big Data and Future Prediction with Machine Learning*. Seoul : hannarae
- Tang, D., Qin, B., & Liu, T. (2015). *Deep learning for sentiment analysis: Successful approaches and future challenges*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 5(6), 292-303.
- Tsai, C. (2012). *Television news translation in the era of market-driven journalism*. Meta: Journal des traducteurs/Meta: Translators' Journal, 57(4), 1060-1080.
- Tseng, K. F. (2001). *A content analysis of market-driven television news magazines: Commodification, conglomeration and public interest*. [Doctoral dissertation, Michigan State University].
- Wind, Y. (1979). *Marketing and the other business functions*. Wharton School, University of Pennsylvania, Marketing Department.
- Yoon, J. (2012). *Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of web news*. Expert Systems with Applications, 39(16), 12543-12550.



차은주 (ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-1607-3701> / eunju91@ajou.ac.kr)
2013 University of Canberra, Bachelor of Arts in International studies
2017 아주대학교 MBA 경영전략, 마케팅 석사
2020 아주대학교 경영학과 Management Science & Operations Management, 박사수료
관심분야 : Simulation, Applied Statistics, Text Mining, 기술경영



장병윤 (ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-6421-6554> / bychang@ajou.ac.kr)
1996 성균관대학교 산업공학과 학사
2000 Georgia Tech. Operations Research 석사
2002 Georgia Tech. Applied Statistics 석사
2004 Georgia Tech. Industrial and Systems Engineering 박사
2004~ 2006 Georgia Tech. Post Doc.
2006~ 2009 KT 네트워크 운영관리 R&D 연구소 선임 연구원
2009~ 아주대학교 경영학과, International Business 교수
2020~ 2021 한국시물레이션학회 학회장
2022~ 아주대학교 국제대학원 원장
관심분야 : Simulation, Applied Statistics, Business Model Innovation