

무선국 검사제도 개선방안에 관한 연구: ISO 2859-1 샘플링 검사기법을 중심으로

김효중* · 김유리* · 박신아* · 정승환** · 김성준*†

* 조선대학교 산업공학과

** 연세대학교 경영대학

Improving Inspection Systems for Radio Stations: An Emphasis on the ISO 2859-1 Sampling Method

Hyojung Kim* · Yuri Kim* · Sina Park* · Seunghwan Jung** · Seongjoon Kim*†

* Department of Industrial Engineering, Chosun University

** School of Business, Yonsei University

ABSTRACT

Purpose : This research aims to develop a data-driven inspection policy for radio stations utilizing the KS Q ISO 2859-1 sampling method, addressing potential regulatory relaxations and impending management challenges.

Methods : Using radio station inspection big data from the past six years, we established a simulation model to evaluate the current policy. A new inspection sampling policy framework was designed based on the KS Q ISO 2859-1 method. The study compares the performance of the current and proposed inspection systems, offering insights for an improved inspection strategy.

Results : This study introduced a simulation model for inspection system based on the KS Q ISO 2859-1 sampling method. Through various experimental designs, key performance indicators such as non-detection rate and sample proportion were derived, providing foundational data for the new inspection policy.

Conclusion : Using big data from radio station inspections, we evaluated current inspection systems and quantitatively compared a new system across diverse scenarios. Our simulation model effectively verified the feasibility and efficiency of the proposed framework. For practical implementation, essential factors such as lot size, inspection cycle, and AQL standards need precise definition and consideration. Enhancing radio station inspections requires a policy-driven approach that factors in socio-economic impacts and solicits feedback from industry participants. Future study should also explore various perspectives related to legislative, institutional, and operational aspects of inspection organizations.

Key Words : Radio Station, Inspection System, Sampling Method, ISO 2859-1, Bigdata

● Received 27 September 2023, 1st revised 30 October 2023, accepted 13 November 2023

† Corresponding Author(seongjoon.kim@chosun.ac.kr)

© 2023, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

* This study was supported by research fund from Chosun University, 2020.

1. 서론

최근 모든 사람과 사물이 네트워크에 연결되어 정보가 소통되면서 사회의 효율성이 높아지고 부가가치가 창출되는 현상이 가속화되고 있다. 이러한 초연결 지능화 사회 조성에 있어서 전파기술 기반의 무선 네트워크 인프라가 산업에 범용화 되면서 핵심적인 ‘신경망’의 역할을 수행하고 있다. 이에 따라 전파의 수요자도 종래의 소수 방송통신사업자 위주에서 다양한 ICT 융합 산업분야로 다원화되면서 새로운 경쟁관계가 형성되고 있으며, 전파의 기능도 단순한 정보전송 뿐만 아니라 센싱, 레이더, 에너지전송 기능 등으로 확장되고 있다(과학기술정보통신부, 2019).

하지만, 기존의 전파법은 체계의 복잡성과 규제 중심의 접근방식으로 인해 빠르게 변화하는 경제 및 산업구조에 적합성이 떨어지고 있으며 전파의 활용이 폭발적으로 증가하고 통신사업자간의 경쟁이 심화되면서 검사규제 완화의 요구에 의해 지속적으로 검사정책이 변화하여 무선국 검사제도에 대한 효율화 필요성이 증대되고 있는 실정이다. 이에 정부는 2019년 「전파법」 전부개정안을 통해 현행 주파수 할당제를 골자로 한 복잡한 검사체계를 통합하여 주파수 면허제를 실시하고 무선국 검사 등의 규제를 유연화하는 제도개편을 추진하고 있으며 이에 대한 주요변경사항이 Figure 1에 제시되어 있다. 이에 따라 안정적인 망 운영능력을 갖춘 주파수 면허를 받은 자는 무선국 개설허가·신고 절차 없이 자기확인서류를 제출하면 준공검사가 면제되는 ‘자기적합확인제도’가 도입되어 사전규제가 완화될 예정이다. 이러한 준공검사 규제 완화에 따른 전파관리 공백을 최소화 하기 위한 사후관리 강화 대책으로 전파법 개정안에는 수시검사의 근거를 마련하고 표본추출방법으로 검사하도록 규정하였으며, 자기확인대상 무선국에 한하여 수시검사를 확대하도록 하고 있다.



Figure 1. Radio Station Registration and inspection policy (제3차 전파진흥기본계획)

따라서, 주파수 면허제 시행으로 인한 사전규제의 완화는 무선국 관리공백을 초래할 수 있기에, 이를 보완하기 위한 수시검사제도의 개선이 필요한 실정이다. 현행 「전파법 시행령」 및 「무선국 및 전파응용설비의 검사업무 처리 기준」에 정한 수시검사 방법은 표본무선국(전체 준공 무선국의 10%)의 검사 불합격률에 따라 구간별 적용비율을 반영하고, 매 직전 반기에 개설된 비표본무선국에 대해서만 수시검사를 시행하는 등 검사의 범위가 한정되어 있어 개정된 전파법에 기존의 검사방법을 적용하기에는 한계가 있다. 또한, 현행 무선국 검사정책은 형식상 샘플링 검사방식을 취하고 있으나 준공검사(표본검사)와 수시검사로 이원화되어 있고, 정책수립 이후에 다양한 현실적 요구에 맞추어 개정을 거듭하면서 최초 검사정책 수립 시점과 비교하여 동등한 검사성능을 유지하는지 여부를 확인하기 어렵다. 더욱이, 타 공공분야에서는 국제 표준에 근거한 샘플링 방법을 활용하여 검사를 하도록 규정되어있는 반면에, 무선국 검사는 무선국의 검사특성을 고려한 자체적인 기준을 적용하고 있다. 이는 무선국 검사의 고유한 특성을 잘 반영할 수 있으나 검사방법에 대한 객관성 확보 측면에서 개선의 필요성이 제기되는 상황이다.

이와 관련한 최근의 연구에서 주파수 정비업무의 효율적인 관리방안(한국경영과학회, 2020), 주파수면허제 도입에 따른 무선국의 효율적인 관리방법(이진수, 2020), 무선국검사 패러다임 전환(권호진 등, 2021) 등 무선국 검사와 관리에 대한 선행연구가 수행되었다. 하지만, 이러한 전파기술의 효율적인 관리와 검사제도의 효율화를 위한 정책 및 기술적인 방안에 관한 연구로는 정량적인 데이터 분석을 통한 개선 시사점 도출이 어렵고, 신규 도입되는 정책에서 우려되는 관리공백을 보완하고 현행 검사방법의 문제를 개선할 수 있는 구체적인 방안제시가 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전파이용체계 변화에 효과적으로 대응하기 위해 대표적인 샘플링 기법으로 널리 채택되고 있는 KS Q ISO 2859-1을 토대로 축적된 무선국 검사 빅데이터를 활용한 데이터 기반의 수시검사 정책 수립방법을 모색하고자 한다. 먼저, 최근 6여년간 실시된 무선국 검사 빅데이터를 활용하여 현행 검사정책의 성능을 평가할 수 있는 시뮬레이션 모델을 수립하여 성과를 측정하였다. 그리고 KS Q ISO 2859-1 계수형 샘플링 검사방법을 토대로 무선국 검사업무 현황을 고려한 신규 수시검사 샘플링 정책 프레임워크를 설계하고 다양한 조건에서의 검사정책 성능을 평가하였다. 이를 통해 현행 검사제도와 제안된 신규 검사제도의 성능을 객관적인 기준하에 비교 분석을 실시하고, 분석 결과를 바탕으로 검사기관의 인력, 조직, 전파법 개정 취지 등을 종합적으로 고려하여 검사정책 수립을 지원할 수 있는 대안을 제시하였다. 본 연구는 2장에서 샘플링 기법의 이론적 배경과 선행연구를 소개하고, 3장에서는 무선국 검사 빅데이터를 기반으로 현행 검사제도와 신규 검사제도의 시뮬레이션 모델 수립과 검사성능을 비교한 결과를 소개한다. 이를 토대로 평가기준에 따른 검사정책의 대안을 제시한다. 마지막 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대한 논의를 진행한다.

2. 선행연구 및 이론적 배경

2.1 문헌연구

제조, 국방, 식품 등 많은 분야에서 샘플링 검사를 통해 제품의 품질을 검사하고 검사과정 중의 미비점과 보완방안 등을 수시로 확인하여 품질보증에 대한 계획을 수립하여 시행하고 있다. 샘플링 검사 시 검사품목이 매우 다양하거나 품목의 특성상 고려해야 할 절차 등이 있는 경우에는 일률적인 샘플링 방법을 규정하는 것이 어렵기 때문에 맞춤형 샘플링 검사방법에 대한 연구가 필요하며, 구체적인 샘플링 검사방법 및 기준은 소관권한자의(responsible authority) 판단에 따라 결정할 수 있다.

구체적인 검사방법이나 기준을 갖춘 합리적인 샘플링 검사를 시행하기 위해 KS Q ISO 2859-1을 기반으로 적용 분야에 적합화된 샘플링 검사방법을 제안한 다수의 선행연구가 존재한다. 안남수(2015)는 군수품의 품질문제 발생 원인 중 하나로 구체적인 샘플링 검사방법 및 기준이 명확하지 않다는 점을 지적하며, KS Q ISO 2859-1 샘플링 검사방법을 사용하여 합격판정기준을 모두 0으로 설정하는 Accept on Zero 샘플링 방법을 제안 하였으며, 문진규 등(2022)은 샘플 크기를 줄이면서도 소비자 위험을 유지하는 방법으로 합격판정계수가 0인 Zero Acceptance Number 샘플링 계획과 KS Q ISO 2859-1의 부표를 비교하여 더 효율적인 군수품 품질관리 방안을 모색하였다. Janete et al. (2016)은 브라질에서 성병 발생률 증가 문제로 인해 8개 제조사의 콘돔을 대상으로 ISO 2859-1 샘플링 계획에 따라 로트 크기, 평가 대상 개수, 허용 기준 및 검사 유형별 허용 품질 수준을 통한 속성별 검사를 위해 샘플링을 수행하였다. 백성원 등(2023)은 K-1 방독면을 대상으로 현행 국내의 검사 KS Q ISO 2859-1, MIL-STD-105E, ANSI Z1.9등의 시험 항목 불량률을 단일분포로 적용하여 시간 경과에 따른 품질 저하특성을 고려하지 않는 샘플링 방식을 극복하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 기반으로 한 새로운 불량률 추정 방법론을 제안하

였다. Sebastian et al.(2016)은 ISO 2859 표준을 기반으로 비용을 최소화하기 위한 샘플링 검사를 설계할 때 경제적으로 최적의 표본 계획을 결정하는 도구를 개발하였다. Nikolaidis and Nenes(2008)는 수입 원자재의 합격 샘플링 과정에서 품질 관련 비용을 최소화하기 위해 ISO 2859를 사용하고, 다양한 제어 프로세스 매개변수(로트 크기, 승인 품질 한계 등), 비용 요소 및 로트의 품질 수준에 대한 경제적 평가를 제안하였다.

그 이외의 샘플링 검사에 대한 연구로는 지재용(2017)이 소형폭뢰용 수압식 신관을 대상으로한 샘플링 방식이 계수형 샘플링 검사방식에서 계량형 샘플링 검사방식으로 전환가능성을 확인하기 위해 계량형 데이터의 통계적 분석을 통해 불량률 추정, 공정능력지수 계산, 관리도를 활용한 품질추이 확인 등의 품질분석을 수행하였다. 안남수 등(2012)은 군수품 정부품질보증 활동 강화를 위해 여러 계수형 샘플링 검사방식과 계량형 샘플링 검사방식들의 장단점과 품질특성, 검사유형, 규격의 제정기관, 샘플 횟수, 시료수 및 엄격도 전환규칙 등을 나누어 비교 분석하였고, 적합한 샘플링 기법을 선정 후 새로운 방법론의 샘플링 검사방식 국방규격을 제안하였다. 박희곤 등(2004)은 계량형 품질 특성치에 대한 반복 샘플링 검사(RGS Plan)방법을 계량형에 적용하여 평균 샘플 수를 최소화시키는 비선형 문제로 정식화하여 기존의 계수형 반복 샘플링 검사의 문제점을 해결하는 샘플링 검사방법을 제안하였다. 김기홍 등(2008)은 처분장에 인도되는 폐기물포장물에 적용가능한 샘플링 방법(계수형, 계량형 샘플링 검사)들을 비교 및 평가하였으며, 샘플링 검사방법의 최적 조건을 도출하고 절차서를 작성하였다. 국방분야의 품질관리 및 개선에 관한 연구로 안남수(2023)는 정부의 품질보증 위협성 평가제도의 개선점을 도출하기위해 위협성 평가제도를 도입한 공공기관의 규정을 비교,분석하였으며, 이민철 등 (2023)은 국방규격 개선사업을 통해 규격을 개선할 때 사업 성과를 평가할 수 있는 평가요인을 식별하고 정량적인 평가모형을 개발하였다.

무선국 검사를 대상으로 한 문헌연구에서 김호영 등(2011)은 일률적인 판정기준이 아닌 통계적 가설검정모형을 기반으로 모집단의 크기에 따라 합리적인 판정기준을 수립할 필요성이 있음을 지적하였다. 또한 이진수(2020)는 수시검사 개선방안으로 월별 또는 분기별 준공 신고된 무선국에서 표본을 추출하여 수시검사를 진행하는 방안을 제안하였다. 조성규(2014)는 전파의 회소성, 공익성 등을 매개로 통신사업자들은 현대 정보통신사회에서 행정권에 못지않은 권력적 지위를 누리고 있으며, 국민의 생활 및 안전이라는 공익의 실현관점에서 무선국에 대한 규제가 불가피함에도 불구하고 현행 전파법상 무선국 검사제도는 규제완화를 지향하고 있는 실태를 지적하며, 무선국에 대한 제도적 개선방안을 제시하였다. 김호영(2022)은 국내의 법령, 제도에 관한 문헌조사를 통해 전파품질 자율규제 제도 도입 및 무선국 검사제도 개선방안으로 현행 5년의 정기검사 주기를 불합격률과 연동하여 탄력적으로 기간을 조정할 것을 제안하였다.

2.2 이론적 배경

2.2.1 무선국 검사정책 현황

전파법 개정을 통해 도입되는 주파수 면허제는 무선국의 사전 규제 완화 및 사후 관리 강화를 목표로 한다. 이러한 제도적 개편의 필요성을 바탕으로 현행 검사정책을 개선하고 보완하는 신규 검사정책의 도입이 요구되고 있다. 기존 준공검사(표본검사)와 수시검사를 통해 실시하던 검사업무를 주파수 면허제하에서는 수시검사만으로 수행해야 한다. 이때, 수시검사 기준이 지나치게 강화될 경우에는 전파법 전부개정안의 규제개선 취지를 해칠 수 있으며, 반대의 경우에는 현행 수시검사의 한계를 극복하지 못하고 무선국 관리공백 등의 부작용을 초래할 수 있다.

현재 무선국검사는 준공검사(표본검사), 변경검사, 정기검사, 수시검사로 구분된다. 정기검사는 준공 후 매 5년마

다 의무적으로 실시되는 전수검사이고, 변경검사는 변경사유가 있을 때 실시하는 형식검사이므로 본 연구에서는 준공검사와 수시검사만을 고려하여 무선국 검사 시뮬레이션 모델을 수립한다. 준공검사는 최초 개설허가 받은 무선국의 무선설비 성능이 전파법령에서 정한 기술 기준에 적합한지 확인하는 검사로 이동통신사업자의 준공검사는 표본검사로 시행하며 중앙전파관리소 고시 제2022-1호 무선국 및 전파응용설비의 검사업무 처리기준 제29조에 표본무선국 추출에 대한 기준이 명시되어있다. 표본무선국 추출 시 시설자, 검사관할구역별 1주 단위로 준공신고된 무선국 중 10%를 추출하여 표본검사를 실시하고, 이때 불합격률이 15%를 초과하면 나머지 90%의 무선국에 대해 전수검사를 실시한다. 수시검사는 전파의 효율적 이용이나 관리를 위해 과학기술정보통신부 장관이 특히 필요한 경우로 인정하여 실시하는 검사로 표본검사 결과에 따른 수시검사 대상 무선국은 표본추출비율 10%를 제외한 20%에 검사일을 기준으로 직전 반기에 실시한 표본검사 평균 불합격률에 따른 구간별 적용비율을 곱하여 산출한다.

Table 1. Reference Information for Radio Station Inspections

	Frequency Type	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Number of registered stations	4G	2,674	126,086	180,256	138,556	64,633	73,210	55,657	13,441
	5G	0	0	0	0	69,145	77,715	62,614	7,697
Number of Completion Inspection	4G	0	13,188	19,671	13,761	4,170	3,400	2,573	533
	5G	0	0	0	0	3,389	3,953	2,945	418
Number of Occasional Inspection	4G	0	784	747	1,164	2,127	2,408	1,854	423
	5G	0	0	0	0	0	2,722	1,928	595

본 연구에서는 신규 수시검사 정책이 기존 준공검사(Completion inspection)와 수시검사(Occasional inspection)를 적절하게 대체할 수 있는지 평가하고 분석하기 위해 한국방송통신전파진흥원(KCA)에서 2015.12.01부터 2022.03.28까지 과거 6년 4개월 동안 수집된 이동통신 무선국의 준공검사(표본검사), 수시검사, 정기검사 등의 과거 실적 데이터를 기준정보로 활용하였으며 상세내용은 <Table 1>에 제시되어 있다. 검사 이력데이터는 3개의 시설자와 16개의 지역 관리부서에 대한 각 검사항목의 시기별 합격률과 준공신고 건수로 구성되어있다. 합격률은 시설자 및 관리부서의 조합 48가지 경우에 대하여 시간기준(년, 반기, 분기, 주) 별로 표본검사와 수시검사의 합격률을 계산한다. 준공신고 건수는 동일한 48가지 조합에 대하여 주 단위로 수집되어 있으며, 준공신고는 준공 시기, 시설자, 지역에 따라 일정하게 신고되지 않는 비동질적인 특성을 보이기 때문에 검사정책의 성능평가 및 시뮬레이션 모델 수립에 있어서 현실과 적합성을 갖는 결과를 얻기 위한 필수적인 정보로서 활용된다. 시설자 및 관리부서 등의 세부 내용과 합격률 관련된 정보는 민감한 사안으로 본 논문에서는 <Table 1>의 내용을 제외한 상세 정보는 생략하였다.

Table 2. Comparison of Inspection Systems Pre/Post Radio Waves Act Amendment

Classification	Current Radio Inspection Policy					Comprehensive Amendment		
Inspection Type	Completion Inspection	Occasional Inspection				New Periodic Inspection		
Target	Completed Construction Radio Stations	Non-sample Radio Station				Completed Construction Radio Stations		
Condition	20 Stations or more	Sample Inspection Failure Rate Exceeding 15%				Completed Construction Radio Stations		
Period	One week	Previous Semester				No Regulations		
Population Size	No Regulations	Adjustable Inspection Ratio Based on Prior Failure Rate				No Regulations		
Inspection Proportion	10% of Completed Radio Stations	Average percent non-conforming of Sample Inspection	~3%	~6%	~9%	~12%	~15%	No Regulations
		Application Rate	10%	20%	30%	40%	50%	
Full Inspection Transition Rate	nonconforming station is > 15%	No Regulations				No Regulations		

2.2.2 KS Q ISO 2859-1 샘플링 검사 절차

샘플링검사(Sampling Inspection)는 전체 모집단 또는 제품의 일부를 무작위로 추출한 로트(Lot)의 검사결과를 합격판정기준과 비교하여 합격, 불합격을 판정하는 검사를 말한다. 일반적으로 품질검사에서 파괴검사를 실시하거나 대량의 제품을 검사해야할 때 전수조사가 불가능하므로 적절하게 추출된 샘플은 전체 모집단의 특성을 대표할 수 있기에 비용절감, 시간절약, 검사의 편리성 등에서 샘플링 검사를 실시하는 것이 현실적으로 유일한 대안이 된다. 지금까지 샘플링 검사를 효과적으로 수행하기 위한 다양한 통계적 방법이 연구되었으며 이를 위한 관련 표준들이 제정되어왔다. 샘플링 방법에 관한 표준에서 KS Q ISO 2859 시리즈는 한국산업표준에서 제시하는 계수형 합격판정 샘플링검사 방법론이다. 이 시리즈는 KS Q ISO 2859-1부터 KS Q ISO 2859-5까지 총 5개의 하위 표준으로 구성되어 있다. 이 표준에서 제시하는 샘플링 검사정책은 생산자의 품질 향상을 목표로 설계되었으며, 본 연구에서는 무선국 시설자가 그 대상이 된다. 본 연구의 주 목적은 KS Q ISO 2859-1 방법론을 활용하여 무선국 검사를 위한 맞춤형 샘플링 수시검사 정책을 설계하여 무선국에 대한 품질을 정량적으로 관리하는 것이다.

KS Q ISO 2859-1은 로트별 검사에 대한 합격판정 기준을 규정하는 한국산업표준의 조정형 샘플링 검사 방식이다. 이 표준의 주요 목표는 제품의 품질을 합격품질한계(AQL) 이내로 유지하는 것으로, 무선국 검사제도에서 AQL은 희망하는 무선국의 불합격률을 나타낸다. KS Q ISO 2859-1의 중요한 특징 중 하나는 수월한 검사(reduced inspection), 보통 검사(normal inspection), 그리고 까다로운 검사(tightened inspection)로의 엄격도 전환 규칙으로 제품의 검사 성적에 따라 수시로 엄격도 기준이 변화하는 것이다. 이 규칙은 생산자(무선국 시설자)에게 품질향상에 대한 동기를 제공하며, 장기적으로 프로세스의 품질 향상을 촉진할 수 있게 된다. 자세한 KS Q ISO 2859-1의 검사 절차와 내용은 해당 표준 문서를 통해 확인할 수 있으며 Figure 2에 도식화 되어있다. 본 연구는 이 표준의 샘플링 검사 절차를 바탕으로 무선국의 신규 검사제도를 위한 시뮬레이션 모델을 설계하였으며, 이에 대한 구체적인 내용은 3.2장 '신규 검사제도 시뮬레이션 모델 개발'에서 다룬다.

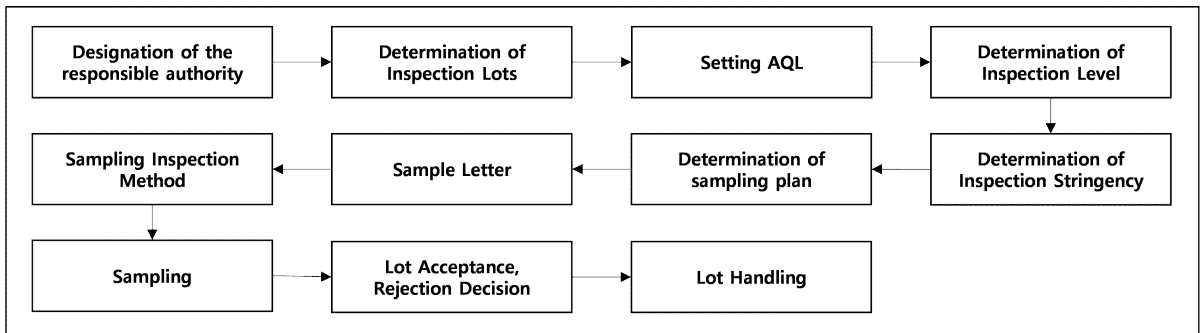


Figure 2. KS Q ISO 2859-1 Sampling Inspection Procedure

3. 검사제도 운영 시뮬레이션 모델개발

3.1 현행 검사제도 시뮬레이션 모델

3.1장에서는 검사 빅데이터를 기반으로 현행 무선국 검사제도를 모사하는 시뮬레이션 방법에 대해 소개한다. 이 모델의 목적은 현행 무선국 검사정책을 통해 기준에 미달되는 불량 무선국의 검출성을 평가하고, <Table 2>에 제시되어 있는 것과 같이 전과법 개정에 따른 신규 무선국 수시검사 정책 개발 시 벤치마크로 활용하는 것이다.

시뮬레이션 모델에서 준공신고 건수 데이터를 생성하기 위해 과거 무선국 검사 빅데이터에서 준공신고 생성시점에 해당하는 분기의 데이터 중에서 복원추출하여 생성하고, 해당 준공신고 시점의 분기 합격률을 이항분포의 모수로 하는 확률변수를 생성하여 기 생성된 준공신고 데이터에 합격, 불합격 여부를 할당한다. 이후 가상의 준공신고 데이터를 대상으로 표본 검사를 실시한다. 이후 현행 검사정책을 따라서 생성된 준공건수에서 10%에 해당하는 표본을 추출하고 합격, 불합격 여부를 확인한다. 그 결과 불합격률이 15%를 초과하면 나머지 90%의 비표본을 포함하여 전수조사를 실시하고 그 이외의 경우에는 일괄 합격처리 한다. 수시검사는 반기 단위로 실시되며, 표본검사 결과에 따른 수시검사 대상은 표본추출비율 10%를 제외한 20%에 검사일 기준 직전 반기에 실시한 전체 표본검사 평균 불합격률에 따른 구간별 적용비율을 곱하여 산출하며 세부 절차는 Figure 3에 제시되어 있다.

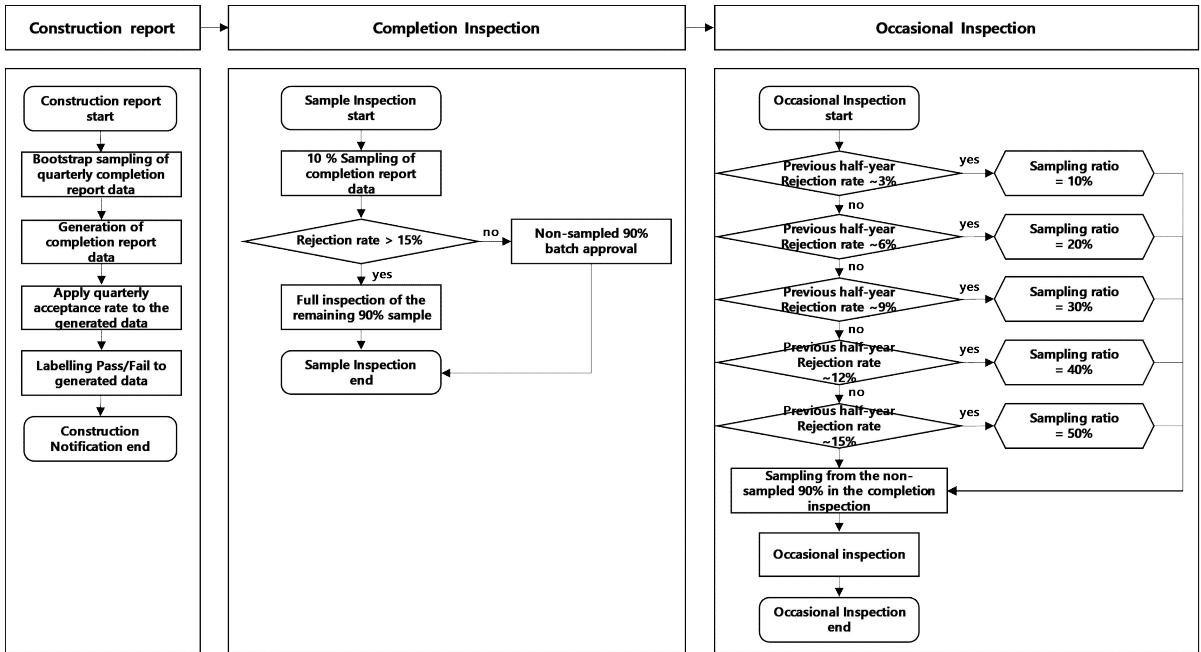


Figure 3. Simulation Procedure of Current Inspection System for Radio Stations

본 연구에서는 현행 검사제도의 성능 평가를 위해 앞서 정의한 검사 절차에 따라 1,000회 반복 시뮬레이션을 수행하였다. 핵심 성능 지표(Key Performance Indicator, KPI)로는 불합격률(Rejection Rate, RR), 불검출률(Non-detection Rate, NR), 참검출률(True Detection Rate, TDR), 표본비율 등을 설정하였다. 불합격률은 전체 준공 무선국 대비 표본검사와 수시검사로 검출된 불합격 무선국의 비율로 정의되며, 불검출률은 전체 준공 무선국 중에서 표본검사와 수시검사로 검출되지 않은 불합격 무선국의 비율을 나타낸다. 참검출률은 전체 불량 준공 무선국 대비 표본검사와 수시검사로 식별된 불합격 무선국의 비율로 계산된다. 1,000회 반복 시뮬레이션을 통해 도출된 현행 검사제도의 자세한 검사성능 결과는 <Table 3>에 제시되어 있다. 현행 검사정책의 성능을 평가한 결과, 전체 준공 무선국 중에서 15.14% (총 검사 개수 비율)가 표본검사 및 수시검사를 통해 검사되었으며, 이로 인해 실제 불량 무선국의 20.26%가 검출되는 것을 확인할 수 있다. 추가적으로, 평균 불합격률은 0.74%로, 불검출률은 2.9%로 나타났다. 6년 4개월의 기간 동안 평균적으로 106,446국의 무선국 표본이 추출되었으며, 전체 준공 무선국 중에서 표본검사의 비율은 12.3%, 수시검사의 비율은 2.9%, 그리고 전수검사의 비율은 2.37%로 확인되었다.

$$\text{불합격률} = \frac{\text{표본검사, 수시검사에서 검출된 불합격 무선국}}{\text{전체준공 무선국}}$$

$$\text{불검출률} = \frac{\text{표본검사, 수시검사에서 검출하지 못한 불합격 무선국}}{\text{전체준공 무선국}}$$

$$\text{참검출률} = \frac{\text{표본검사, 수시검사에서 검출된 불합격 무선국}}{\text{전체 불량 준공 무선국}}$$

$$\text{표본비율} = \frac{\text{표본검사, 수시검사에서 표본으로 선정된 무선국}}{\text{전체 준공 무선국}}$$

Table 3. Summary Statistics of the Current Inspection System Simulation

Classification	min	1Q	median	mean	3Q	max	SD
RR (%)	0.6216	0.7096	0.7338	0.7368	0.764	0.8984	0.0405
NR (%)	2.6748	2.8491	2.8984	2.8997	2.9463	3.1249	0.072
TDR (%)	17.613	19.5129	20.2427	20.2609	20.9327	23.8854	1.0328
Sample Size (n)	96,228	104,220	106,312	106,446	108,742	116,577	3,295
Total Sampling Fraction (%)	14.3878	14.9182	15.1251	15.1338	15.3299	16.3143	0.3011
Completion Inspection Ratio (%)	11.53	12.05	12.25	12.26	12.46	13.38	0.2947
Occasional Inspection Ratio (%)	2.612	2.813	2.87	2.87	02.924	3.151	0.0846
Full Inspection Ratio (%)	1.555	2.13	2.35	2.371	2.588	3.605	0.3272

RR = Rejection Rate, NR = Non-detection Rate, TDR = True Detection Rate

3.2 신규 검사제도 시뮬레이션 모델

3.2.1 샘플링 검사 시뮬레이션 모델 수립

본 연구의 수시검사제도는 KS Q ISO 2859-1 샘플링 방식을 참조하여 시뮬레이션 모델을 구축하였으며, 해당 구조는 Figure 4에 나타나 있다. 준공신고 데이터 생성 방법은 이전에 서술한 현행 검사절차를 따르나, 신규 정책에서는 표본검사 단계가 생략되었다. 신규 검사제도의 시뮬레이션 모델은 다음절차로 구성된다: 1) 검사로트 구성, 2) AQL 설정, 3) 검사수준 결정, 4) 검사 엄격도 결정, 5) 샘플문자 구하기, 6) 샘플링 검사 방식 결정, 7) 샘플 추출, 8) 로트에 대한 합격 또는 불합격 판정, 9) 로트 처리까지 9가지 절차를 통해 시뮬레이션이 진행된다.

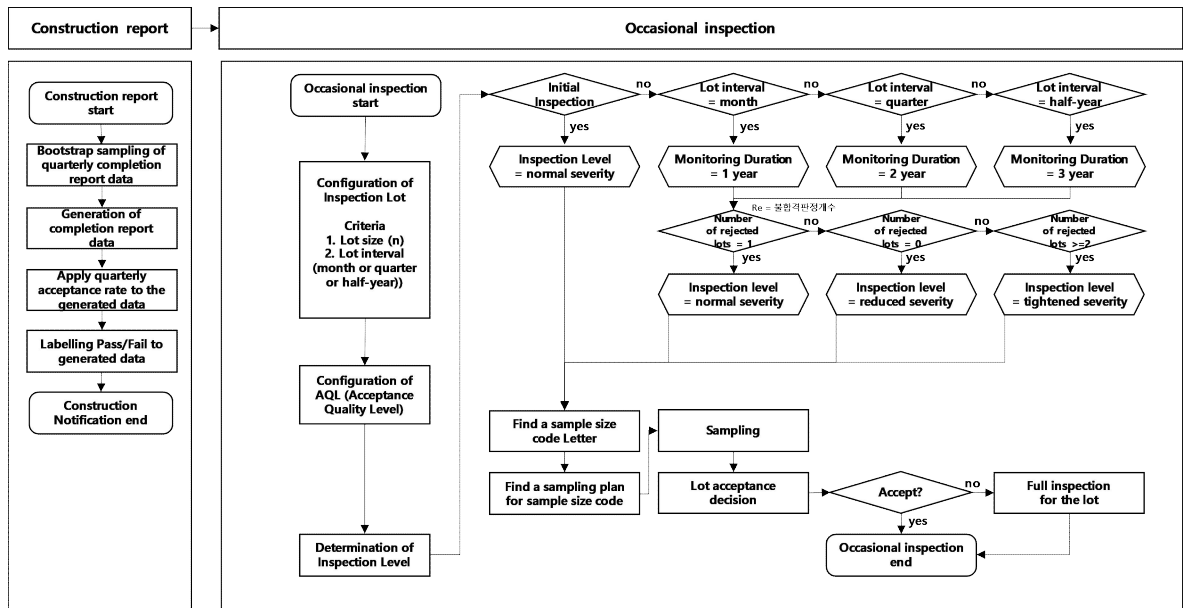


Figure 4. Simulation procedure for the new occasional inspection system based on ISO 2859-1

1) 검사로트 결정에서는 월, 분기, 반기를 기준으로 준공신고 건수를 고려하여 각각 검사로트를 결정한다. 검사로트를 구성하기 위해 준공 신고건수와 검사주기를 복합적으로 고려하였다. <Table 4>를 통해 구체적으로 살펴보면, 신고건수 기준이 1,000건이고, 검사주기를 월로 설정한 경우, 해당 월에 준공신고가 1,000건 이하로 신고되면 수시검사가 다음달로 이월된다. 만약 해당 월에 1,000건 이상의 준공신고가 접수되면, 해당 월에 수시검사가 실시된다. 2) 합격품질한계(AQL)의 설정은 시설자와 관리부서별 48가지 조합에 대한 과거 평균 검사 불합격률을 기준으로 2859-1 표준에서 제시하는 AQL 기준과 근사한 값을 설정하였다. 즉, 불합격률이 과거의 평균적인 불합격률보다 더 높다고 판단되는 경우 로트를 불합격 처리하고 전수검사로 전환하게 된다. 3) 검사수준은 특별 검사수준과 일반 검사수준으로 구분할 수 있으며 일반 검사수준 안에서도 일반 검사수준I, II, III으로 구분할 수 있다. 특별 검사수준은 파괴검사같이 샘플링검사의 비용이 큰 경우에 샘플크기를 줄이기 위해 설계된 방법이며 일반 검사수준I은 상대적으로 판별력이 낮아지더라도 샘플크기를 줄이고자 하는 경우에 사용하고 일반 검사수준III은 특별히 높은 판별력을 필요로 하는 경우에 사용된다. 본 연구에서는 일반 검사수준I, II, III 세 가지 검사수준을 고려하여 시뮬레이션을 실시하였다. 다음으로 4) 검사 엄격도 결정은 본래 2859-1 표준에서 점수제에 따라 엄격도를 수시로 전환하도록 하고 있으나, 무선국 검사제도 및 업무의 특성상 수시로 엄격도를 전환하는 것은 현실적으로 많은 제약이 따른다. 따라서 본 연구에서는 엄격도 전환 기간을 설정하고 해당기간 내에 불합격 로트가 없는 경우(전수검사 전환 없는 경우)는 수월한 검사로 전환하고, 불합격 로트가 1개이면 보통검사, 불합격 로트가 2개 이상이면 까다로운 검사로 전환되도록 규칙을 설정하였다. 이때 여러 유형에 대한 시뮬레이션 결과를 비교하기 위해 엄격도 전환규칙을 3가지 유형으로 설정하였다.

- 엄격도 전환규칙 1 : 로트 검사주기 = 월(month), 엄격도 결정 기간 = 1년
- 엄격도 전환규칙 2 : 로트 검사주기 = 분기(quarter), 엄격도 결정 기간 = 2년
- 엄격도 전환규칙 3 : 로트 검사주기 = 반기(half year), 엄격도 결정 기간 = 3년

5) 샘플문자는 KS Q ISO 2859-1에서 제공하는 부표1 샘플문자에 따라 결정된다. 6) 샘플링 검사 방식에는 1회, 2회, 다회, 축차 샘플링 검사 방식이 있으며 로트로부터 한번의 샘플을 추출해서 판정기준과 비교하여 로트의 합격, 불합격을 결정하는 1회 샘플링 검사방식을 채택하였다. 7) KS Q ISO 2859-1에서 제공하는 부표2-A-샘플링표, 2-B-샘플링표, 2-C-샘플링표를 참고하여 샘플링검사 방식, AQL, 샘플문자에 해당하는 샘플을 추출한다. 8) 로트의 합격, 불합격 판정은 합격판정개수(Ac), 불합격판정개수(Re)를 기준으로 해당 로트의 합격여부를 판정한다. 9) 해당 로트가 합격하면 수시검사를 종료하고, 불합격인 경우 해당 로트를 전수조사한다.

Table 4. Example of Inspection Lot configuration

Inspection Lot Configuration		Duration	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	...
Minimum lot size	1,000	Number of Construction	600 (Carry over)	500	1,500	300 (Carry over)	500 (Carry over)	400	...
Inspection Interval	month	Lot size	0	1,100	1,500	0	0	1,200	...

3.2.2 시뮬레이션 모델 성능 평가

신규 검사제도에 대한 정책은 아직 법, 제도적으로 제정되지 않았기 때문에 신규 수시검사를 실시하기 위한 검사 주기, 로트크기, 검사수준 등의 주요 설계변수와 수준을 결정하기 위한 구체적인 참고기준은 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 현실조건을 고려한 다양한 검사정책 설계변수의 조합을 수립하고 시뮬레이션 성능 결과를 비교하여 합리적인 검사주기, 로트크기, 검사수준의 설정 가이드라인을 제시하고자 한다. 신규 검사제도의 시뮬레이션 모델의 입력변수는 Figure 5와 같이 설계요소(Design factor), 변동요소(Variability factor), 그리고 사전결정변수(Pre-determined factor)로 구성된다. 설계요소는 시뮬레이션의 성능을 평가하기 위한 실험을 설계할 때 고려해야 할 요소를 의미하며, 변동요소는 샘플링 검사 중에 수시로 변하는 값을 의미한다. 사전 결정변수는 샘플링 검사 전에 미리 결정되어야 할 변수를 의미한다. 시뮬레이션 성능 평가 시험을 설계할 때는 설계요소에 해당하는 검사주기, 로트크기, 검사수준을 조합하여 다양한 조합의 실험을 설계한다.

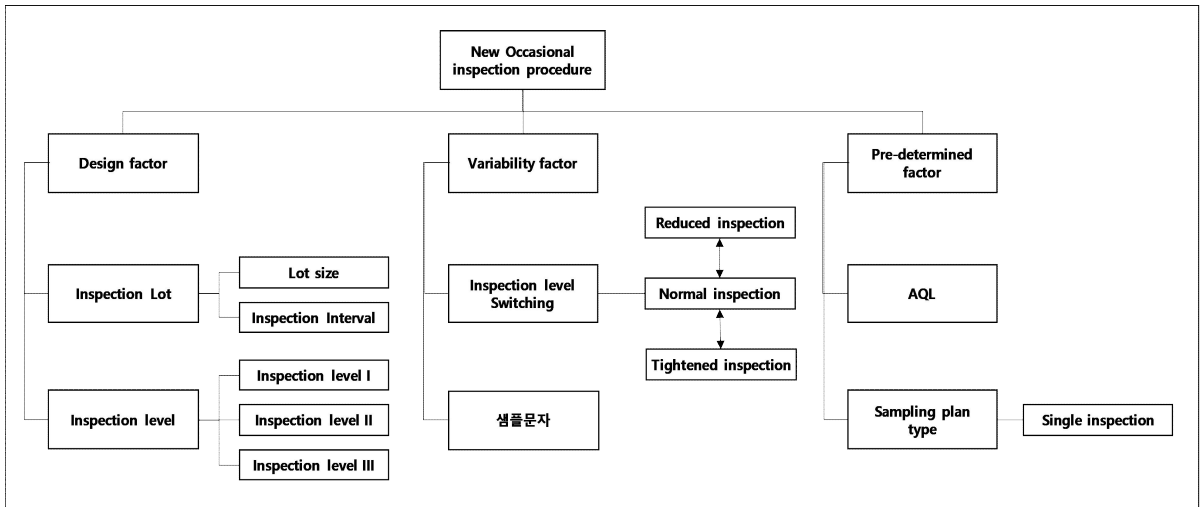


Figure 5 Factors for the new occasional inspection system based on ISO 2859-1

구체적으로, 본 연구의 실험설계는 검사주기를 월, 분기, 반기로 구분하여 총 세 가지 실험계획을 설계하였다. Plan 1은 월 단위의 검사주기를 가정하고, 로트 크기와 검사 수준을 고려하여 총 21가지 실험조합을 포함하고 Plan 2와 Plan 3은 각각 33조합, 24조합으로 구성되어 있다. 이러한 실험조합에 대한 세부내용은 <Table 5>에 제시되어 있다. Plan 1, 2, 3에 대해서 각각 1,000회의 반복 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과로부터 도출된 불합격률, 불검출률, 참검출률, 표본비율 등의 지표는 신규 검사정책의 수립에 있어서 기초 데이터로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 5. Experimental combinations for the new occasional inspection system

Classification	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Inspection Interval	month	quarter	half year
Switching Duration	1 year	2 year	3 year
Number of Simulations	1,000		
Minimum Lot Size	50, 75, 100, 150, 200, 400, 800	50, 100, 200, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500	100, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000
Inspection Level	Normal Inspection Level I, II, III		
Number of combinations	21	33	24

본 연구에서 수립한 현행 무선국 검사정책 및 ISO 2859-1에 기반한 신규 수시검사 정책 시뮬레이션 모델의 결과를 바탕으로 신규 수시검사정책에 대한 평가와 대안을 검토하였다. 우수한 검사정책의 성능 기준을 정의할 때, 정량적인 검사 성능만으로 판단하면 현행 검사제도 보다 우수한 검사정책 수립을 위해 검사 횟수 또는 검사대상 표본무선국 수가 증가하는 등 제도개선, 규제완화라는 정책방향에 역행하는 결과를 낼 수 있다. 때문에 현행 검사정책과 비슷한 수준의 검사횟수나 성능을 갖도록 주요 KPI 를 토대로 수시검사의 합리적인 정책 조합을 도출하였다. 이를 위한 검사정책의 채택 기준은 다음과 같다.

- A. 신규 검사제도에서 불검출률 성능이 우수한 조합
- B. 현행 검사제도와 불검출률이 유사한 조합
- C. 현행 검사제도와 비슷한 표본비율을 갖는 조합
- D. 신규 검사제도의 최소 표본비율 조합

위 기준에 따라 선정된 여러 검사정책 조합들을 비교하여 이를 통해 신규 검사제도의 최적 검사정책 조합을 제시한다. 3.1장에서 실시한 현행 검사제도 시뮬레이션 결과 <Table 6>과 비교한 신규 검사제도의 검사정책 조합은 <Table 7>에 제시되어 있다.

Table 6. Simulation results for the current inspection system (Average of 1,000 simulations)

RR (%)	NR (%)	TDR (%)	Total Construction size	Sampling Fraction (%)
0.74	2.89	20.26	703,412	15.13
Number of Inspections	Number of Full Inspection	Completion Inspection Ratio	Occasional Inspection Ratio	Full Inspection Ratio
106,446	70.29	12.26	2.87	2.37

RR=Rejection Rate, NR=Non-detection Rate, TDR=True Detection Rate

Table 7. New Inspection System Simulation Performance Results

Classification	Plan 1				Plan 2				Plan 3			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Policy Selection Criteria												
Inspection Interval	month	month	month	month	quarter	quarter	quarter	quarter	half year	half year	half year	half year
Lot Size	800	100	150	400	1000	1000	100	2500	1000	250	100	3000
Inspection Level	3	2	2	1	3	1	2	1	3	1	2	1
RR (%)	1.88	0.98	0.98	0.34	2.45	0.45	1.23	0.22	2.37	0.45	1.3	0.2
NR (%)	1.75	2.66	2.66	3.3	1.19	3.19	2.41	3.41	1.27	3.18	2.34	3.44
TDR (%)	51.73	26.95	26.82	9.22	67.27	12.38	33.71	6.17	65.14	12.5	35.71	5.41
Reporting Quantity	703,456	703,820	704,025	704,503	703,129	703,915	703,522	703,816	702,363	704,402	703,228	704,623
Sampling Fraction	38.76	18.26	18.17	6.94	48.37	9.89	20.93	5.76	46.31	7.99	21.97	5.25
Total sampling size	272,649	128,580	127,954	48,891	340,102	69,614	147,252	40,556	32,541	56,291	154,517	37,019
Number of Full Inspection	119.5	76.6	71.9	27.4	121.6	17.4	65.2	6.4	94	19.6	52.1	5.5
Occasional Inspection Ratio	24.50	15.55	15.39	6.15	18.22	3.29	8.21	2.03	14.4	2.36	7.11	1.71
Full Inspection Ratio	14.25	2.71	2.78	0.79	30.15	6.59	12.73	3.73	31.91	5.63	14.87	3.54

RR=Rejection Rate, NR=Non-detection Rate, TDR=True Detection Rate

신규 검사제도에서 KPI 평가기준 별 우수한 조합의 성능결과는 <Table 7>에 제시되어 있으며, 전술한 검사정책의 채택기준이 A, B, C, D일 때 해당하는 열에 각각 구분하여 나열되어 있다. 먼저 'A. 신규 검사제도에서 불검출률 성능이 우수한 조합'에서 불검출률은 전체 준공 무선국 중에서 수시검사 활동을 통해 검출하지 못한 불합격 무선국의 비율로 값이 작을수록 성능이 우수하다고 볼 수 있으며, 각 Plan에서의 불검출률이 우수한 조합은 검사정책 채택 기준(Policy Selection Criteria) A 열(각 Plan의 첫 번째 열)에 해당한다. Plan 1에서는 검사주기가 월(month), Lot size가 800, 일반검사수준3 인 조합으로 신규검사제도 시뮬레이션을 실시했을 때, 불검출률이 1.75%로 Plan 1의 불검출률 성능이 가장 우수했으며, Plan 2에서는 검사주기가 분기(quarter), Lot size가 1000, 일반검사수준3 인 조합이 불검출률 1.19%로 가장 우수했다. Plan 3에서는 검사주기가 반기(half year), Lot size가 1000, 일반검사수준3 인 조합이 불검출률 1.27%로 가장 우수한 조합으로 나타났다. 이 기준은 전체 준공무선국에서 표본검사로 추출되는

비율(Sampling Fraction)이 타 검사정책에 비해 월등하게 높기 때문에 불검출률이 우수한 것으로 확인된다. 'B. 현행 검사제도와 불검출률이 유사한 조합'은 검사정책 채택기준 B 열(각 Plan의 두 번째 열)에 해당하며, 이는 현행 검사제도에서 2.89% 정도의 불량 무선국을 검출하지 못하는 검출성능을 신규 검사제도에서도 유지하기 위해 제시된 기준으로 현행 검사제도의 불검출률(Table 6) 2.89%와 가장 비슷한 수치를 나타내는 조합으로 선정하였다. Plan 1에서는 검사주기가 월(month), Lot size가 100, 일반검사수준2 인 조합으로 신규검사제도 시물레이션을 실시했을 때, 불검출률이 2.66%로 실험을 실시한 조합내에서 가장 비슷한 수치를 나타냈다. Plan 2에서는 검사주기가 분기(quarter), Lot size가 1000, 일반검사수준1 인 조합이 불검출률 3.19%이고, Plan 3에서는 검사주기가 반기(half year), Lot size가 250, 일반검사수준1 인 조합이 불검출률 3.18%로 현행검사제도의 불검출률 2.89%와 가장 유사했다. 'C. 현행 검사제도와 비슷한 표본비율을 갖는 조합'은 검사정책 채택기준 C 열(각 Plan의 세 번째 열)에 해당하며, 전파진흥원의 인력 및 검사역량 등을 고려했을 때 현행 검사제도의 표본비율 15.13%와 비슷한 수준의 조합을 도출하였다. Plan 1에서는 검사주기가 월(month), Lot size가 150, 일반검사수준2 인 조합이 표본비율 18.17%로 현행 검사제도의 표본비율과 가장 유사했으며, Plan 2에서는 검사주기가 분기(quarter) Lot size가 100, 일반검사수준2 인 조합이 표본비율 20.93%로 가장 유사하였다. plan3에서는 검사주기가 반기(half year) Lot size가 100, 일반검사수준2 인 조합이 표본비율 21.97%로 가장 유사하였다. 'D. 신규 검사제도의 최소 표본비율 조합'은 검사정책 채택기준 D 열(각 Plan의 네 번째 열)에 해당하며, 가능한 적은 표본으로 샘플링 검사를 실시하는 조합을 도출하였다. Plan 1에서는 검사주기가 월(month), Lot size가 400, 일반검사수준1 인 조합이 표본비율 6.94%로 가장 적은 표본을 추출하는 조합으로 채택되었다. Plan 2에서는 검사주기가 분기(quarter), Lot size가 2500, 일반검사수준1 인 조합이 표본비율 5.76% 이고, Plan 3에서는 검사주기가 반기(half year), Lot size가 3000, 일반검사수준1 인 조합이 표본비율 5.25%로 각 Plan의 조합 중에서 가장 적은 표본으로 검사가 수행된다.

4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 무선국 검사 빅데이터를 통해 추출된 기준정보를 반영하여 현행 검사제도를 모사한 시물레이션 모델을 수립하여 검사성능을 평가하였다. 신규 검사제도에서는 KS Q ISO 2859-1 샘플링 방식을 채택하여 시물레이션 모델을 수립하고 설계요소를 중심으로 다양한 시나리오에서 현행 검사제도와 정량적인 비교분석을 실시하였다. 본연구를 통해 제시된 시물레이션 모델은 신규 검사제도의 적용 가능성과 효율성을 검토하는데 기여하고 앞으로 무선국 검사정책의 개선 및 최적화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발된 시물레이션 모델은 다양한 로트 크기 및 검사주기에서 모델의 성능을 평가하여 신규 검사정책의 효과를 확인하였다. 하지만, 이 모델과 신규 검사정책이 효과적으로 구현되고 현실 정책에 반영되기 위해서는, 로트 크기, 검사주기, AQL 수준, 엄격도 전환 규칙 등 다양한 요소들이 법과 제도적 관점에서 적절히 고려되고 정의되어야 할 것으로 판단된다. 특히, 본 연구에서 사용된 48개의 AQL 기준을 비롯한 정보들은 과거 검사 데이터를 기반으로 하였으므로 지속적으로 변화하는 통신시장을 고려한 합리적인 기준 설정과 변화에 대한 대비책이 필요하다. 또한, 신규 검사정책의 제도화 과정에서 검사 수행조직의 수용능력과 같은 현실적인 제약조건을 고려한 정책결정이 이루어져야 하며, 시설자 및 지역별로 다양하게 적용될 수 있는 엄격도와 로트크기, 샘플크기 등에 대한 변동 사항을 관리하고 운용하는 체계를 구축하는 것 또한 중요하다.

따라서, 무선국의 정량적 검사능력 향상은 필수적이나 단순한 검사성능의 개선 외에도 사회적, 경제적 파급효과를 포괄적으로 고려하는 정책적 접근이 요구된다. 이러한 맥락에서, 관련 업계 이해관계자들의 의견과 입장이 추가적으

로 반영되어야 하며, 법, 제도화 및 검사조직의 운영과 관련된 다양한 관점에서의 추가적인 연구가 필요할 것이라 여겨진다.

REFERENCES

- Heekon Park, Young-gun Moon, Chi-Hyuck Jun, S. Balamurali, & Jaewook Lee. 2004. A Variables Repetitive Group Sampling Plan for minimizing Average Sample Number. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers* 30(3):5-5.
- Hojin Kwon, Taehong Kim, Jaesung Lee, Jihed jemai, & Beomkyu Seo. 2021. Study on the Paradigm Shift in Wireless Station Inspections. *Korea Communications Agency*. <https://www.kca.kr/>
- Ho-Yeong Kim, Joo-seong Park, & Kyong-gu Jung. 2011. Proposals on improvement of sampling Radio Inspection Procedures. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*:487-488
- Ho-Yeong Kim. 2022. The Study on the Improvement Policy of the Pre and Post Regulation System of Radio Station. *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences* 17(5):745-758. 10.13067/JKIECS.2022.17.5.745
- Jae-Yong Jee. 2017. A Case Study on the Change of Sampling inspection method for the Small Depth Charge Fuze. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 18(10):531-538.
- Janete Teixeira Duarte, Antonio Eugenio C. C. de Almeida, and Shirley de Mello Pereira Abrantes. Quality evaluation of commercially available male condoms in Rio de Janeiro, Brazil, 2009-2011. *Reproductive health*, 2016, 13:1-5.
- Jinkyu Moon, Soojin Choi, Jaeseung Choi, & Donhun Jang. 2022. Study on implementing a Zero Acceptance Number Sampling Plan for Efficient Quality Control in Military Supplies. *Proceeding of Korean Society for Quality Management* 2022:78-78.
- Jinsu Lee. 2020. Study on Efficient Management Methods for Radio Stations under the Frequency Licensing System. *Korea Communications Agency*. <https://www.kca.kr/>
- Kim Gi-hong, Yu Yeong-geol, & Kim Tae-guk. 2008. Sampling Inspection for the Disposal of Radioactive Waste Forms. *Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI*.
- Korean Operations Research and Management Society. 2020. Study on Efficient Implementation Strategies for Clearing House Operations. *Korea Communications Agency*. <https://www.kca.kr/>
- KS Q ISO 2859-1. 2012. Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection, *Korean Agency for Technology and Standards*.
- Lee Min Cheol, Kim Young Hyun, Ahn Young Jun, & Kim Jun Su. 2023. A Study on the Development and Application of Performance Evaluation Model for Defense Standard Improvement Projects. *Journal of the Korean society for Quality Management* 51(2):185-202.
- Ministry of Science and ICT(MSIT). 2019. A Master Plan for Radio Wave Promotion of 2019.
- Namsu Ahn, Jisun Jeong, Woonkwon Jeong, Wooyull Hwang, & Sangwon Park. 2012. Sampling Procedures Enhancement in Government Defense Quality Assurance Procedures: Case Studies in Combat Force Support Material & Ammunition Areas. *Journal of Korean Society for Quality Management* 40(3):245-258.
- NamSu Ahn. 2015. Suggestion for Enhancement of Product Examination Government Quality Assurance Activity. *Journal of Korean Society for Quality Management* 43(3):327-340.

- Namsu Ahn. 2023. Proposal for Government Quality Assurance Risk Assessment System for Military Supplies. *Journal of the Korean society for Quality Management*, 51(2), 155–170.
- Sebastian Schötz, Steffen Butzer, Sebastian Beck, & Rolf Steinhilpe. 2016. Economically optimal non-destructive and destructive sampling inspection by attributes within the production. In: 2016 IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing (ISAM). IEEE:70–75.
- Seongkyu Cho. 2014. Legal issues in the radio station license and inspection system under the Radio Act. *Administrative Law Journal* 39:175–201
- Seungwon Baik, Wukki Kim, Haeyen Yi, Yongjun Jeong, & Namsu Ahn. 2023. Monte Carlo simulation-based defect ratio estimation approach for a chemical materials stockpile reliability program. *Journal of Advances in Military Studies* 6(1):1–17.
- Yiannis Nikolaidis & George Nenes. 2008. Economic evaluation of ISO 2859 acceptance sampling plans used with rectifying inspection of rejected lots. *Quality Engineering* 21(1):10–23.

저자소개

- 김효중** 조선대학교 산업공학과에서 학사(2020)와 석사(2022) 학위를 받았다. 현재 조선대학교 박사과정에 재학 중이며, 주요 관심분야는 가속시험데이터분석, 신뢰성입증시험 설계, 신뢰성 보증체계 구축 등이다.
- 김유리** 조선대학교 산업공학과에서 학사(2022) 학위를 받았다. 현재 조선대학교 산업공학과 석사과정에 재학 중이며, 주요 관심분야는 필드클레임 분석 및 이상감지 알고리즘 개발 등이다.
- 박신아** 조선대학교 산업공학과에서 학사(2022) 학위를 받았다. 현재 조선대학교 산업공학과 석사과정에 재학 중이며, 주요 관심분야는 필드클레임 분석 및 수명예측 등이다.
- 정승환** 한양대학교 산업공학과에서 학사학위(2008)를 받고, 한국과학기술원에서 석사학위(2010)를 받았다. LG Display에서 2010년부터 2012년까지 근무하였으며, 미국 Washington University in St. Louis에서 박사학위(2017)를 받았다. 미국 Texas A&M University-Kingsville 조교수를 거쳐 2021년부터 현재 연세대학교 경영대학 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 운영관리 및 의사결정, 머신러닝, SCM, 재고관리, 물류 및 수송최적화, 비용분석, 지속가능경영 등이다.
- 김성준** 한양대학교 산업공학과에서 학사(2006)와 박사학위(2013)를 받았다. 두산중공업(현 두산에너빌리티) 데이터 분석팀에서 2015년부터 2017년까지 과장으로 근무하였다. 2017년부터 조선대학교 산업공학과에 재직 중이다. 주요 관심분야는 신뢰성 공학, 건전성예측 및 관리(PHM), 산업데이터과학 등이다.