

철골 및 PC 공사의 물류관리를 위한 문자 인식 기술의 적용성 검토

김준식¹ · 진상윤² · 윤수원*

¹국방부시설본부 경상시설단 · ²성균관대학교 건축공학과

A Study on the Applicability of Character Recognition Technology for Construction Supply Chain Management of Structural Steel Components and Precast Concrete Works

Kim, Jun-Sik¹ · Chin, Sangyoon² · Yoon, Su-Won*

¹Defense Installations Agency

²Department of Architectural Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract : As construction projects increase their complexity, variety, and scale, various recognition applications (such as RFID, bar-code etc.) have been tried for managing material effectively in construction projects. However, existing recognition applications for construction material management have some limitations that cause additional works (such as attaching RFID tag), additional cost (labor cost, recognition device cost, etc.), and cognitive impairment of workers. Therefore, this study proposed a character recognition technology as an alternative of previous recognition technologies such as RFID, bar-code, etc. The technical feasibility of proposed technology was validated by three recognition tests. Additionally, this study proposed code the structure to manage materials using the character recognition technology. The effects of character recognition technology are presented by comparing with existing RFID-based logistics processes.

Keywords : Character Recognition Technology, Construction Information Management, Logistics, Constructiton Supply Chain Management, Construction Material Management

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 자재 관리는 현장 필요 자재의 적시·적소·적품·적량·적가 공급을 통해 노무자의 작업 계획의 효율화, 재작업 감소 등을 통한 생산성 향상, 자재의 잉여 감소, 재고·야적공간 감소, 자재 파손율 및 분실율 감소를 통한 비용 절감 및 현금흐름 향상, 그리고 원활한 자재 공급을 통한 공기 준수 가능성을 높이기 위한 것으로(Stukhart 1987), 최근 건설 프로젝트가 대형화, 복잡화되어 현장에 투입되는 자재의 수량 및 종류가 증가함에 따라 중요성이 더욱 대두되고 있으며, 이를 효율화하기 위한 다양한 연구 및 시도가 이루어지고 있다.

이러한 다양한 시도 중, 자재의 인식 자동화 및 물류 관리 기술은 현장에 투입되는 자재를 정확히 인지하고, 각 물류 단계별 상태 정보를 실시간으로 수집/공유하기 위한 것으로, 과거 자재 송장 등과 같은 문서 기반 관리에서, 바코드, RFID(Radio Frequency IDentification, 이하 RFID) 등의 기술을 접목하는 형태로 발전하여, 레미콘, 토사, 폐기물, 마감자재, 커튼월, PC, 철골 등 다양한 자재관리에 활용 또는 적용이 모색되고 있다.

하지만 기존에 현장에 적용된 바코드나 RFID 기술은 정확한 실시간 정보를 수집/활용 가능하다는 장점에도 불구하고, 기존 문서 위주의 관리 프로세스에서 사용되지 않던 장비(인식 리더 등)의 추가 투입, 부재 관리를 위한 RFID tag 또는 바코드 부착 등의 추가 작업 및 이로 인한 작업자의 적극적 참여 결여, 인식장치 미소지자의 인식 불가(인식을 위해서는 별도의 물류코드 표기 등의 이중 작업 필요), 현장의 환경적 요인(바코드-직사광선/장애물 등, RFID-금속, 물, 전파 등)에 의한 제약(Wantt 2004), 추가 비용 발생 등의 한계로 인해 기술 확산이 당초 기대보다 적은 상태에 있다.

* Corresponding author: Yoon, Su-Won, R&D Center Research & Engineering Division, POSCO E&C, Incheon 406-840, Korea
E-mail: yoonsuwon@poscoenc.com
Received October 31, 2013; revised January 6, 2014
accepted April 30, 2014

한편, 건설 현장의 자재들에는 현장의 작업자 또는 관리자들이 대상 자재를 확인하기 위해 자재의 명칭, 관리 번호 등을 수기, 프린팅 또는 펀칭 방식 등으로 표기하여 관리하는 것이 일반화되어 있고, 최근 스마트폰 등 모바일 장비의 발전과 확산, 그리고 문자 인식 기술(Character Recognition Technology)의 발전으로 인해, 바코드나 RFID 태그 부착과 같은 인식을 위한 추가작업, 관리자의 인식 장치 소지 등의 문제를 해결할 수 있는 기술적 가능성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 건설자재에 수기, 프린팅 또는 펀칭 방식으로 표기된 문자를 문자인식 기술을 이용해 인식하여, 기존 Auto ID 방식의 기술을 대체할 수 있는지에 대한 가능성을 검토하고, 이를 활용한 문자인식기술 기반의 건설 물류관리를 위한 문자 표기 방식, 코드 체계를 제안하였으며, 제안된 문자인식 방법의 효과를 추정하기 위해 기존의 RFID 기반 물류 관리 프로세스와의 비교를 통해 문자인식 방법에서의 전환 효과를 제시하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 앞서 설명한 바코드, RFID를 이용한 물류 관리의 한계를 극복하기 위한 방안의 일환으로 문자인식 기술의 적용 가능성 및 문자인식기술을 활용한 현장 물류 증대를 위한 방안 제시를 위해, 바코드, RFID의 적용이 모색된 바 있고, Fig. 1과 같이 자재의 식별을 위해 부재 코드 기입이 가장 일반화된 자재인 철골과 PC 부재를 대상으로 연구를 진행하였다.

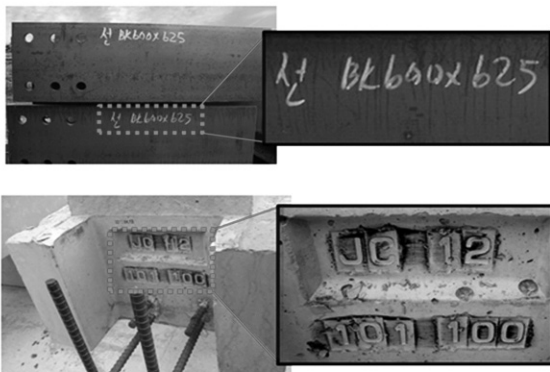


Fig. 1. Examples of Management Codes on Structural Steel and PC Component

연구의 진행은 Fig. 2와 같이, 기존 바코드, RFID, USN(Ubiquitous Sensor Network, 이하 USN) 등의 IT 기술 기반 물류관리 연구 및 상용화된 문자 인식기술에 대한 현황 고찰을 실시한 다음, 철골 및 PC 자재의 표면에 표기된 문자를 대상으로 상용 문자인식기술을 적용한 인식률 테스트를 통한 타당성 검토(1차)를 실시하고, 인식률 향상

을 위한 개선 사항 및 코드체계, 문자 표기 방식을 제안하였다. 그리고 본 연구를 통해 제안한 코드체계 및 문자 표기방식을 실제 PC 및 철골 부재에 적용한 인식률 테스트(2차)를 통해 문자인식기술 기반 물류 관리의 적용 가능성을 검증하고, 이를 바탕으로 문자인식기술 기반의 물류 프로세스와 기존 RFID 기반 물류관리 시스템 대비 효과를 분석하였다.

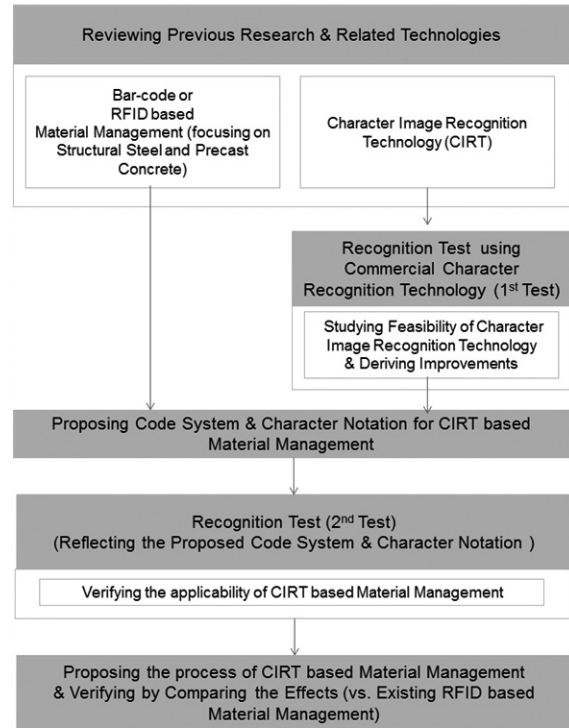


Fig. 2. Research Process

2. 건설 물류 관리를 위한 인식 기술의 적용 현황

건설 물류관리의 자재의 인식은 현장에 필요한 정확한 자재가 해당 시점에 필요한 장소에 존재하는 지를 파악하기 위한 것으로 과거 자재 표면의 수기 또는 프린팅 등 관리자의 육안으로 확인·관리하는 방식에서 IT 기술을 이용한 자동 인식 및 관리의 방식으로 발전되고 있는 분야이다.

건설 산업의 물류관리를 위해 적용되고 있는 이러한 인식 IT 기술들은 바코드(McCullouch 1993, Bell 1988 et al.), RFID (Jaselskis 2003, Song 2006, Ergen 2007, Chin 2008 등), USN(Yoo 2007, Lee 2009 et al.) 등과 같은 자동 인식기술, 자재의 위치 파악을 위한 GPS (Navon 2007, Ergen 2007 등), 그리고 관리자가 필드에서 인식 장치 등과 연계하여 자재의 정보를 관리하기 위한 PDA, 스마트폰과 같은 모바일 장치가 활용되고 있다.

그리고 이러한 IT 기술은 기존의 수기 및 육안 중심의 관리 방식과 대비하여, 사이클 타임의 단축 (Jaselskis 2003 - 약 30%, Grau 2009- 약 88%), 공사비 절감 (S사 적용 사례 - 0.5%), 물류 관리 단계 감소 (Kang 2008 - 3 단계), 관리 시간 및 야적기간 단축 (Chin 2008, 관리 시간 약 17%, 야적기간 약 43%), 비작업일 단축 및 자원 평준화 기여 (Yoon 2012 - 비작업일 약 28%, 표준편차 약 7 감소) 등 다양한 효과가 제시되고 있다.

또한 바코드에서 RFID 및 USN으로 적용 기술이 발전하면서, 인식률의 향상, 옥외 환경의 제약 해결, 금속 자재에 대한 대응, 인식 거리 확보, 재활용성 향상, 고비용 문제 등 다양한 인식의 한계(Jaselskis 2003, Goodrum 2006)를 다양한 연구와 기술 개발을 통해 극복하고 있다.

하지만 이러한 기술적 발전에도 불구하고 기존의 연구 결과 및 상용화 제품을 현황을 고찰한 결과, 인식기술의 적용을 위해 필요한 바코드, RFID tag, USN 장치와 같은 인식장치의 부착이 필요하고, 인식을 위해서는 별도의 인식 장치(리더, 리시버 등)가 요구되며, 고가의 인식 장치를 소지하지 않은 노무자나 관리자의 인식을 위해 기존의 수기 또는 별도의 자재 인식 문자 표기를 병행해야하는 한계가 존재하는 것으로 조사되었다.

3. 문자인식 기술 및 건설산업에서의 활용 현황

3.1 문자인식 기술 현황

문자인식 기술은 우편번호 추출을 통한 우편물 관리 (Brakensiek 2004), 자동차 번호판 인식(Chang 2004), 모바일 기기를 사용한 명함 인식(Mollah 2009) 등 다양한 산업분야에서 적용되고 있는 기술로, Fig. 3과 같이 인지하고자 하는 문자를 카메라 등의 영상처리 장치를 통해 인식하고, 영상 전처리를 통해 보정된 이미지로부터 문자와 관련된 부분을 추출한 다음, 문자를 인식하여 문자 정보를 출력·활용할 수 있게 만드는 기술이다.

문자인식 기술의 기술 수준은 현재 인쇄체 숫자와 영자를 중심으로 상용화 제품 및 소프트웨어가 판매될 정도로 인식률이 매우 높은 상태에 있으며(인쇄체 기준 99%, Lee 1989), 국내외에서의 다양한 문자 또는 필기체(지능형 문자 인식) 등을 대상으로 문자의 특징을 효과적으로 추출하고 영역분할을 하여 인식률을 향상 시킬 수 있는 방법에 대한 연구와 다양한 산업 및 분야에 이를 적용하기 위한 연구가 수행되어지고 있다.

문자영상 인식기술의 활용 현황을 살펴보면, 이미 타 산업에 적용되어 우편물 자동분류 시스템, 자동차 차량 번호 인식을 통한 교통단속, 타이어 표면 코드인식을 통한 자동 분류 시스템, 금융 기관에서 사용되는 전표 또는 수표의 자

동입력 등 다양한 분야에 걸쳐 실용화되고 있다(Lee 1994). 또한 최근에는 카메라가 장착된 휴대용 기기 또는 스마트폰의 보급이 보편화되어 이 기술을 이용한 다양한 시스템이 개발되고 있으며 적용범위를 넓이고 있다.

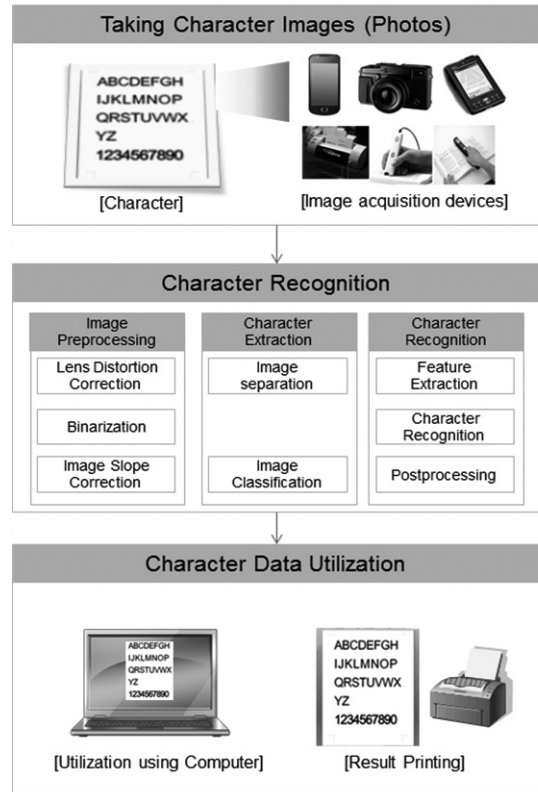


Fig. 3. Character Recognition Process

3.2 건설산업에서의 문자인식 기술 활용 현황

한편, 건설 산업에서의 문자인식 기술은 타 산업에서 활용되고 있는 자동차 번호판, 서류 인식, 계약 문서의 표 인식(Cao 2002) 등과 같이 일반 관리 업무 이외에 아직까지 건설현장, 특히 물류 관리에 문자인식 기술을 적용한 사례는 없는 것으로 조사되었다.

하지만 문자인식과 유사한 원리를 이용하는 이미지 인식 (Image Processing)의 경우는 교량의 크랙 검사 (Abdel-Qader 2003 et al.), 콘크리트의 파손 분석 (Masad 1999, Zhu 2008 et al.), 하자관리(Lee 2006, Laofor 2012 et al.) 등과 같은 품질·하자관리와 도로 크랙 패턴인식 및 이를 이용한 자동 보수 장비 개발(Lee 2004, Iyer 2006, Tsai 2013 et al.) 등 건설 장비 자동화에 활용되고 있다는 측면에서 문자인식 기술 또한 적용 분야 및 프로세스의 정의가 있을 경우, 건설현장의 환경에서 확산 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

4. 철골 및 PC 공사의 물류관리를 위한 문자 인식 기술의 적용성 테스트

4.1 문자 인식 기술의 적용성 테스트 개요

본 연구에서는 바코드와 RFID의 대체 기술로서 문자인식 기술의 적용 가능성을 검토하기 위해 오픈 코드로 제공되고 있는 문자인식 프로그램(ABBYY Finereader 10)을 이용하여, 철골 및 PC 부재에 표기된 부재 코드에서 사용되고 있는 문자들의 인식율에 대한 1차 테스트를 진행하였다.

그리고 1차 테스트에서 테스트한 문자는 아래 Fig. 4와 같이, 국내 철골 및 PC 업체에서 흔히 사용되고 있는 부재 ID 체계를 조사하여, 알파벳 문자 26개 (A~Z)와 숫자 타입의 문자 10개 (0~9)를 대상으로 실시하였다.

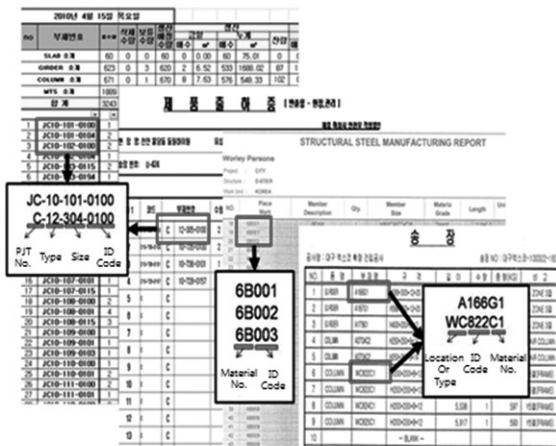


Fig. 4. Test Target Character Extraction

4.2 문자 인식 기술의 인식률 테스트

4.2.1 철골 및 PC 공사 관리 코드에 사용되는 문자 인식률 테스트

철골 및 PC 공사의 ID에 활용되는 문자인 숫자 문자와 영문의 조합으로 이루어진 가상의 코드를 대상으로 테스트한 결과, 자릿수, 형태, 코드의 일관성에 따라 다소 상이하기는 하나 문자 개별로 볼 때 0(숫자)과 O(영문), 1과 I와 같은 유사 문자가 조합된 경우를 제외하고는 인식율이 100%에 가까워 문자인식을 물류 관리에 적용할 가능성이 있는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 앞서 설명한 유사 문자들에 대해, 5가지 글자체와 5가지 문자배열로 25가지의 인쇄물 샘플을 다시 제작하여, 유사문자간의 인식률 테스트를 실시하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에 나타난 테스트 결과에서 보는 바와 같이, 유사 문자 인 0(숫자)은 대부분 O(영문)로 인식되었으며, 일부 테스트에서 I는 1과 l(소문자 l)로 인식되었다. 또한 0(숫자)

과 I에 대한 인식률은 각각 12%, 76%로 테스트에서 사용된 다른 문자들에 비해 낮은 것으로 나타났다.

따라서 0과 I는 문자영상 인식을 위해 그대로 사용하기에는 적합하지 않으며, 이 문자들을 사용하기 위한 대안이 필요한 것으로 나타났다.

Table 1. Recognition Test Results between Similar Characters (I)

Fonts Type	ID Type	Numeric Characters		Alphabetic Character	
		0	1	O	I
I	1	X	O	O	X
	2	X	O	X	O
	3	X	O	O	X
	4	X	O	O	O
	5	X	O	O	O
Accuracy (%)		0	100	80	60
II	1	X	O	O	O
	2	O	O	O	O
	3	X	O	O	O
	4	X	O	O	O
	5	X	O	O	O
Accuracy (%)		20	100	100	100
III	1	X	O	O	X
	2	O	O	O	O
	3	X	O	O	X
	4	X	O	O	O
	5	X	O	O	O
Accuracy (%)		20	100	100	60
IV	1	X	O	O	X
	2	X	O	O	O
	3	X	O	O	X
	4	X	O	O	O
	5	X	O	O	O
Accuracy (%)		0	100	100	60
V	1	X	O	O	O
	2	O	O	O	O
	3	X	O	O	O
	4	X	O	O	O
	5	X	O	O	O
Accuracy (%)		20	100	100	100
Average accuracy (%)		12	100	96	76

4.2.2 유사문자 개선 후 인식률 테스트

본 연구에서는 앞서 문제 시 되었던 유사문자의 인식률 문제를 개선하기 위해, 기존 문자인식에서 유사문자 해결을 위해 사용되던 방식을 채용하여 숫자 0은 Ø으로, 영문 I는 소문자 i로 표기를 변경하고, 앞서 수행한 유사 문자 인식 테스트 방식과 동일한 방식으로 테스트를 실시하였다. Table 2는 테스트 결과를 나타낸 것이다.

Table 2의 테스트 결과에 나타난 바와 같이 개선된 Ø과 소문자 i에 대한 인식률은 기존의 0과 I와 달리, 100%의 인식률을 가지는 것으로 나타났다. 따라서 이 대안은 문자영상 인식용 코드체계 정의의 조건으로서 부재의 분류체계 표현과 확장성을 만족시키기 위한 숫자, 영문의 혼합 물류 코드에 사용하기 적합한 것으로 결론 내었다.

Table 2. Recognition Test Results between Similar Characters (II)

Fonts Type	ID Type	Numeric Characters		Alphabetic Character	
		∅	1	O	i
I	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
Accuracy (%)		100	100	100	100
II	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
Accuracy (%)		100	100	100	100
III	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	X	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
Accuracy (%)		100	100	80	100
IV	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
Accuracy (%)		100	100	100	100
V	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
Accuracy (%)		100	100	100	100
Average accuracy (%)		100	100	96	100

5. 문자 인식 기술 적용성 향상을 위한 코드 체계 제안 및 검증

5.1 문자 인식 기술 적용을 위한 코드체계의 필요성

문자 이미지를 인식할 경우 코드의 자릿수, 형태, 코드의 일관성은 인식률과 인식시간에 직접적인 영향을 미치며, 코드가 가지는 정보의 양을 결정짓는다. 현재 철골, PC 부재에 사용되는 물류코드의 경우, 앞 서 설명한 유사 문자 간의 문자 형상의 특징을 변경할 경우, 문자영상 인식기술을 활용한 자재의 인식이 가능한 것으로 나타났다.

하지만 Fig. 4의 예와 같이, 기존의 철골 및 PC 자재에서 사용되는 관리 코드를 조사한 결과, 부재에 부여된 대부분의 물류코드에는 물류관리를 위한 분류단계가 부족하여 다양한 물류정보를 포함하기 힘들며 개별적으로 부재를 구분하기 어려운 수준으로 파악되었다. 또한 각 업체별로 다른 코드체계를 사용하여 통합물류관리 시스템을 이용하기에는 한계가 있는 것으로 조사되었다.

따라서 본 연구에서는 문자영상 인식기술을 이용한 건설 물류관리에 적합하며, 통합물류관리 시스템을 이용한 정보

의 교환에 적합한 새로운 코드체계를 제안하는 것이 보다 효율적이라는 판단으로, 기존의 자재 코드의 분류 기준을 참조하여 아래의 사항을 만족하는 새로운 물류 코드 체계를 제안하였다.

- 개별 자재의 관리를 위한 코드의 유일성
- 코드체계의 일관성
- 부재의 분류체계표현
- 시장 변화, 부재 증가에 따른 코드체계의 확장성, 다양성
- 부재의 타입 및 속성 표현
- 부재의 위치정보 표현
- 인식률을 고려한 코드의 자릿수 및 형태
- 유사 문자에 대한 인식문제 해결

5.2 문자 인식 기술 적용을 위한 코드체계 제안

본 연구에서는 앞 서 제안한 코드의 생성원칙을 반영하여, Fig. 5와 같이 새로운 코드체계를 제안하였다.

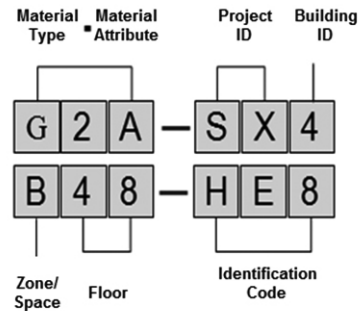


Fig. 5. Proposed New Code Structure

본 연구에서 제안된 코드체계는 총 12개의 자릿수를 가지며 문자영상의 인식률과 부재 표면에 표시되는 공간 활용을 고려하여 2열로 배열하였다는 특징을 가지고 있다. 또한 유사문자에 대해서는 0은 ∅, 1은 소문자 i로 사용함으로써 인식오류를 줄일 수 있도록 하였고, 또한 문자간 구별이 쉽도록 ‘0’와 ‘-’ 기호를 활용하여 문자간 자리 수간의 이미지 인식이 손쉽게 이루어지도록 코드체계를 제안하였다.

그리고 부재의 분류체계 표현과 확장성을 고려하여 숫자(10개)와 영문(26개)을 조합하여 총 3612개의 코드를 생성하여 관리할 수 있고 코드의 각 자릿수에 의미를 부여하여 코드체계의 일관성과 분류체계 표현이라는 조건을 만족시켰다. 또한 제안된 코드체계에는 부재의 타입 및 속성에 대한 정보와 부재의 위치정보를 표현할 수 있고, 식별코드(Identification Code) 3자리를 두어 36³개의 식별 코드를 부여할 수 있기 때문에 프로젝트별로 개별 부재가 같은 속성 및 공간정보를 가지는 경우에도 각 자재에 대한 개별적 관리가 가능하도록 하였다.

6. 제안 코드를 반영한 부재 적용 테스트 및 결과 분석

6.1 부재 적용 문자영상 인식 테스트 개요

건설물류관리에 문자영상 인식기술을 적용하기 위해서는 기본적으로 직접 부재에 적용하여 적용 가능한 기술인가에 대한 평가를 하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 건설물류관리에 문자영상 인식기술의 적용 가능성 판단을 위해 적용 대상으로 선정된 철골, PC부재 샘플 표면에 앞에서 정의한 코드체계를 기반으로 코드를 표시하고 문자영상 인식기술 적용 테스트를 통해 인식의 정확성과 소요시간을 측정하였다.

테스트를 위해 철골, PC 부재의 샘플을 Fig. 6과 같이 철골 및 PC를 대상으로 제작하였으며, 다양한 문자 타입의 테스트를 위해 숫자와 영자의 누락 없이 코드를 조합하여, Table 3과 같이 철골 및 PC 타입별로 6개의 샘플을 제작하여 테스트를 실시하였다.

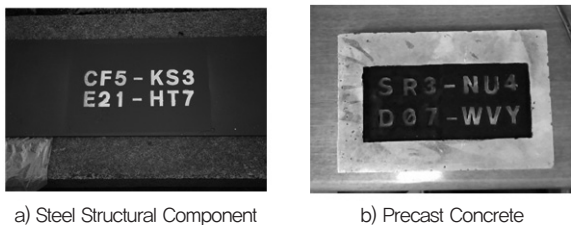


Fig. 6. Samples

그리고 실제 건설현장에서 유사한 샘플을 만들기 위하여, 철골 부재는 적갈색 방청 페인트위에 흰색 페인트를 이용하여 인쇄체 코드를 표기 하였으며, PC부재 샘플은 인쇄체의 코드가 음각으로 나타날 수 있도록 콘크리트를 양생하는 방식으로 코드를 표기하였다.

또한 테스트의 인식 속도에 영향을 미치는 컴퓨터와 촬영 장치는 Table 4와 같이 DualCore 1,86GHz Processor, 1GB RAM의 컴퓨터와 1024×768 픽셀의 해상도를 가진 영상을 촬영할 수 있는 카메라를 사용하였다.

테스트의 수행은 Fig. 3의 일반적인 문자인식 프로세스에 따라 오픈 코드로 제공되고 있는 문자인식 프로그램 (ABBYY Finereader 10)을 이용하여, Table 3에 나타난 총 12개의 철골, PC 부재 샘플을 대상으로 수행하였다. 그리고 테스트 회수는 통계적 의미를 가질 수 있도록 부재 샘플별로 50회, 각 부재별로 총 300회, 총 테스트 600회로 반복적인 테스트를 수행하여, 인식률, 소요시간, 순 인식시간을 측정하는 방식으로 진행하였다. 여기서 본 연구에서 제시하는 인식률은 각 샘플의 테스트마다 코드 12개의 자릿수 중 몇 개의 코드가 정확하게 인식되었는지를 의미하

고, 소요시간은 사용자에게 의한 영상 촬영, 영상정보 전송, 데이터 로드, 영상 전처리, 영역 추출, 영상 인식, 결과 출력, 사용자에게 의한 오류 확인까지의 총 시간을 의미하며, 순 인식시간은 문자영상 인식 시스템에서 영상 전처리, 영역 추출, 영상 인식 단계의 소요시간만을 나타내는 순수한 데이터 처리 시간을 의미한다.

Table 3. Sample Code for test

Steel Structural Component		Precast Concrete	
No.	Code	No.	Code
ST-1	SX7 - YM2 F15 - V2N	PC-1	BQ2 - TU8 G13 - RIV
ST-2	CF5 - KS3 E21 - HT7	PC-2	SR3 - NU4 D07 - WVY
ST-3	BL1 - PW7 E05 - 2TM	PC-3	SH5 - MD4 F27 - W9Z
ST-4	G6H - UX4 C27 - 5RZ	PC-4	CK6 - TM5 B24 - XZQ
ST-5	CQ4 - DN8 A39 - FEY	PC-5	CE0 - KJ8 A36 - LPX
ST-6	Si8 - JH9 A40 - COL	PC-6	GN8 - HP9 F17 - YOL

Table 4. The Specification of Test Devices

Test Device	Specifications	
Test PC	CPU	DualCore 1.86GHz, L1 Cache-32KBx2, L2 Cache-2MB
	RAM	DDR2 1GB, 667GHz
	VGA	GeForce 7900GS, 256MB, 256bit, core clock-450MHz, Memory clock-600MHz
	OS	window 7 32bit
Test Camera	Image Sensor	CMOS
	Effect Pixels	1.3 Mega Pixels
	Image Size	1280 x 960, 1024 x 768, 640 x 480
	Function	Auto Focus

6.2 부재 적용 문자영상 인식 테스트 결과

Table 5는 앞서 설명한 테스트 환경 및 절차를 바탕으로 부재 적용 문자영상 인식 테스트를 수행한 결과를 나타낸 것으로, 철골과 PC 부재 각각에 대한 인식률, 소요시간 및 순 인식시간의 측정결과를 분석하면 다음과 같다.

먼저, 인식률 측면에서 철골 부재의 경우는 98.83%로 철골 부재의 물류관리 단계에서 사용 가능한 수준의 높은 인

식물의 결과를 나타내었고, PC 부재의 경우는 95.20%로 철골 부재에 비해 낮게 나타났다. 그리고 철골과 PC 부재의 인식을 저감의 원인을 분석해 본 결과, 철골 부재의 경우는 촬영 시 영상의 떨림, 렌즈의 부정확한 초점, 렌즈에 의한 영상의 왜곡 현상 발생으로 1.17%의 인식 불능이 발생하는 것으로 나타났으며, PC의 경우는 철골과 같은 영상의 떨림, 렌즈의 부정확한 초점, 렌즈에 의한 영상의 왜곡 현상 외에 PC 부재에 음각된 코드 외곽선이 불명확하게 양생되거나 음각 표기로 인한 그림자 발생에 의해 4.8%가 인식을 되지 않는 경우가 나타났다. 즉, 철골의 경우는 물류관리 시, 철골에 표기된 코드의 촬영에 주의를 할 경우 보다 높은 인식률로 기존의 바코드나 RFID와 유사 수준의 인식이 가능하다는 것을 의미하고, PC의 경우는 기존 PC 공사에서 채택하고 있는 음각 방식의 코드 표기의 경우 인식 불능의 경우가 일부 생길 수 있으므로 철골 부재와 같이, 코드를 페인트 등으로 표기하는 것이 보다 효과적이라는 결론을 도출할 수 있었다.

다음으로 인식에 걸리는 전체 소요 시간의 경우는 철골 및 PC 부재 각각 13.61초와 14.18초로 나타났으나, 문자 인식을 위한 순 인식 시간은 0.79초와 0.82초로 나타났다.

Table 5. Results of Test (50 times per a test unit)

No.	Recognition percentage		Time (Sec.)	Net recognition time	
	N (total 12)	%			
Steel Structural Component	ST-I	11.90	99.17	13.04	0.75
	ST-II	11.84	98.67	14.44	0.80
	ST-III	11.82	98.50	12.92	0.85
	ST-IV	11.92	99.33	13.62	0.78
	ST-V	11.88	99.00	13.12	0.77
	ST-VI	11.80	98.33	14.54	0.81
	Average	11.86	98.83	13.61	0.79
PC	PC-I	11.38	94.83	13.60	0.84
	PC-II	11.48	95.67	14.08	0.81
	PC-III	11.50	95.83	13.66	0.77
	PC-IV	11.54	96.17	15.04	0.87
	PC-V	11.42	95.17	14.18	0.80
	PC-VI	11.22	93.50	14.52	0.82
	Average	11.42	95.19	14.18	0.82

그리고 이러한 전체 소요 시간(철골 13.61초, PC 14.18초)과 순 인식 시간 테스트 결과(철골 0.79초, PC 0.82초)를 볼 때, 본 연구진은 전체 소요 시간을 단축(촬영, 정보 전송, 데이터 로드 등) 할 수 있는 영상 처리용 어플리케이션의 개발 및 사용자의 숙련도 향상이 있을 경우, 철골 및 PC 부재의 물류관리의 각 단계에서 기존의 바코드 또는

RFID의 대체 기술로 문자 인식 기술을 적용 가능하다는 결론을 내렸다.

7. 문자영상 인식기술 적용 효과 분석

본 연구에서는 앞서 제시한 문자인식 기술의 기술적 타당성 이외에, 본 연구에서 제시한 문자인식 기술 기반의 물류 프로세스의 효과 제시를 위해 기존의 RFID 기반의 물류 프로세스와 비교·분석을 수행하였다.

분석 방법은 기존 RFID 기반의 프로젝트 사례(Chin 2008의 S사의 서초 C 프로젝트, 철골 부재 2,356개 사용)와 제안된 문자인식 기술을 가상으로 적용하는 방식으로 수행하였으며, 적용 프로세스는 Table 6에 나타난 프로세스와 같이, RFID의 프로세스는 기존 논문에 발표된 단계를 그대로 이용하였고, 제안된 문자인식의 프로세스의 경우는 철골 및 PC 표면에 부재 코드를 표시하는 것이 S 프로젝트에서도 병행되었다는 측면에서 시간에 포함하지 않고, 인식 시간 및 소요 시간은 기존 서초 프로젝트에서 사용된 RFID 장비와 문자인식 장치의 인식 속도를 30회 측정된 데이터를 이용하여 비교·분석을 수행하였다.

Table 6. Time Study (RFID based Process vs. Proposed Process)

Location	Process (Measurement unit)	Time		Saving (min)
		RFID	Character Recognition	
Factory	Inspection (min/piece)	5.5	5.5	-
	RFID tag attachment (min/piece)			
	Assign RFID tag ID to a Steel component ID (min/piece)	1.5	-	1.5
	Stockyard at factory (day/piece)	8.69	8.69	-
	Shipping (min/piece)	6.7	6.7	-
	Receipt (min/piece)	1	1	-
	Data input for Received members (min/piece)	0.07	0.07	-
Construction Site	Unloading (min/piece)	6	6	-
	Stockyard at Construction Site (day/piece)	2.07	2.07	-
	Removal of RFID tags	0.5	-	0.5
	Lifting up (min/piece)	14.5	14.5	-
	General contractor's daily report confirm (min/piece)	0.5	0.5	-
	Subcontractor's daily report (min/piece)	0.5	0.5	-
	Data input for installed members (min/piece)	-	-	-
Total process time		36.77	34.77	2

위의 Table 6에 나타난 바와 같이, 기존 RFID 기반의 물류관리 프로세스와 문자영상 인식기술기반의 프로세스를 비교해 보면, RFID태그 부착과 탈착, 그리고 부재ID와 태그ID의 매칭 단계이외에는 동일함을 알 수 있다. 그리고 30회의 인식 속도 분석 결과 1초 이내의 유사 속도를 나타내는 것으로 나타나 이에 대한 시간의 차이는 무의미한 것으로 조사되었다. 따라서 문자영상 인식기술 적용 시 변화되는 업무단계를 제외한 나머지 단계는 업무시간이 같은 것으로 가정하였으며, 그 결과 부재별로 약 2분의 시간 단축과 3단계의 업무 단계 감소 등의 효과 나타나는 것으로 조사되었다.

이는 서초 C 프로젝트의 전체 2,356개의 철골 부재를 대상으로 할 경우, 총 4,712분의 프로세스 시간 절감 효과가 있다는 것을 의미하며, 한편 비용 측면에서는 관리자 또는 노무자가 사용하고 있는 스마트 폰을 사용하여 문자 인식을 할 경우, 별도 비용 발생이 없기 때문에 기존 프로세스에서 사용된 RFID tag (1개당 약 5,000원)과 RFID 리더(1개당 약 100만원)의 비용이 절감되는 효과가 있다.

8. 결론

본 연구에서는 건설 자재에 수기, 프린팅 또는 펀칭 방식 등으로 표기된 문자를 문자 인식 기술을 이용하여 인식하여, 기존 RFID 등과 같은 Auto ID 기반의 건설물류관리 기술을 대체할 수 있는 지에 대한 기술적 검토와 이를 실제 적용하기 위한 문자 표기 및 코드 체계를 제안 및 가능성 테스트를 수행하였다. 또한 기존 RFID 기반의 물류관리 프로세스와의 가상의 비교 분석을 통해 문자인식 기반 물류 프로세스의 효과를 예측하여 제시하였다.

테스트 대상 자재는 부재의 표면에 코드를 일반적으로 표기하고, 기존 RFID 기반 프로세스가 적용된 바 있는 철골과 PC 부재를 대상으로 하여 연구를 수행하였으며, 총 3회의 인식 테스트 (1차: 표기 문자의 인식률 테스트, 2차: 유사문자 처리 후 인식률 테스트, 3차: 철골 및 PC 부재 샘플 대상 인식률 테스트)를 수행하여 기술적 가능성을 제시하였다.

1차 테스트 결과, 철골 및 PC 부재에 표기되는 문자의 경우 유사성을 가진 문자(0-숫자/O-영문, 1-숫자/I-영문, 2-숫자/Z-영문, 8-숫자/B-영문)의 처리가 필요한 것으로 나타났으며, 2차 테스트의 경우 이러한 문자를 처리하였을 경우 거의 100%의 문자 인식이 가능한 것으로 나타나 사용 문자의 구분이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

그리고 3차 테스트의 경우는 철골 및 부재의 물류 관리에 필요한 코드를 반영하여 실제 철골 및 PC 부재의 표면 환경을 반영한 샘플을 이용하여 테스트를 수행한 것으로, 철골의 경우 인식률 98.83% 및 순 인식속도 0.79초로 적용

가능성이 높은 것으로 나타났으며, PC 부재의 경우는 인식률 95.20% 및 순 인식속도 0.82초로 인식률이 기대에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그리고 본 연구에서는 PC 부재의 인식률 저하원인(표면의 코드 표기 방식인 콘크리트 양생에 의한 음각 표현이 그림자를 발생시키고 또한 글자의 경계선을 모호하기 때문)을 규명하고 이를 개선하기 위해 페인트를 이용한 표기 방식을 제안하였다.

추가로, 본 연구에서는 제안된 문자인식 기반의 물류 프로세스와 RFID 기반의 물류 프로세스의 비교를 통해, 제안된 방식의 시간, 업무 단계, 그리고 비용 절감 효과를 제시하였다.

끝으로 본 연구에서 제안한 문자인식 기반의 건설물류관리 방식은 기존 물류관리기술의 확산의 장애 요인 중의 하나인 추가 업무(tag 부착, 매핑 등) 및 비용 발생을 새로운 기술로 해결하기 위한 기술적 가능성을 제시했다는 것에 의의를 가진다. 그리고 추후 제안된 문자인식 기반 물류 관리 프로세스의 실용화를 위해서는 시스템 개발을 통한 현장검증, 본 연구에서 제안한 코드체계를 표준화하기 위한 추가 연구, 그리고 문자 인식각도에 따른 인식률 향상에 관한 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설핵심기술(09건설핵심D16) 결과의 일부임.

References

- Abdel-Qader, I., Abudayyeh, O. and Kelly, M.E. (2003). "Analysis of Edge-Detection Techniques for Crack Identification in Bridges", *Journal of Computing in Civi Engineering*, ASCE, 17(4), pp. 255-263.
- Bell, L.C. (1988). "Bar Code Applications in Construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 114, Issue 2, ASCE, pp. 263-278.
- Brakensiek, A. (2004). "Handwrtnen Address Recognition Using Hidden Markov Models", *Lecture Notes in Computer Science(LNCS)*, 2956, pp. 103-122.
- Cao, Y., Wang, S. and Li, H. (2002). "Automatic recognition of tables in construction tender documents", *Automation in Construction*, 11(5), pp. 573-584.

- Chang S. (2004). "Automatic License Plate Recognition", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, 5 (1), pp. 42-53.
- Chin, S., Yoon, S.W, Choi, C.H. and Cho, C.Y. (2008). "RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 22(2), pp. 74-89
- Ergen, E. Burcu, A. and Rafael, S. (2007). "Tracking and Locating Components in a Precast Storage Yard Utilizing Radio Frequency Identification Technology and GPS", Automation in Construction, 16(3), pp. 354-367.
- Goodrum, P. M., McLaren, M. A. and Durfee, A. (2006). The application of active radio frequency identification technology for tool tracking on construction job sites, Automation in Construction, 15(3), pp. 292-302.
- Grau, D., Caldas, C.H., Hass, C.T., Goodrum, P.M. and Gong, J. (2009). "Assessing the impact of materials tracking technologies on construction craft productivity", Automation in Construction, 18(7), pp. 903-911.
- Iyer, S. and Sinha, S.K. (2006). "Segmentation of pipe for crack detection in buried sewers", Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 21, pp. 395-410.
- Jasslskis, E.J. and Elmisalmi, T. (2003). "Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(6), pp. 680-688.
- Kang, H.K., Ha, Y.S., Lim, C.W., Kim, C.D. and Yu, J.H (2008). "Efficiency Analysis for RFID-based Curtain Wall of Unit Type Construction", Korea Journal of Construction Engineering and Management, Korea Institute of Construction Engineering and Management, KICEM, 9(3), pp. 206-212.
- Laofor, C. and Peansupap, V. (2012). "Defect detection and quantification system to support subjective visual quality inspection via a digital image processing: A tiling work case study", Automation in Construction, 24, pp. 160-174.
- Lee, B.J. and Lee, H.D. (2004). "Position-invariant neural network for digital pavement crack analysis", Computer-Aid Civil and Infrastructure Engineering, 19, pp. 105-118.
- Lee, G.R., Jeong, H.S. and Kim, M.W. (1989). "A Study on Character Recognition", Electronics and telecommunications trends, 4(2), pp. 124-142.
- Lee, S., Chang, L. and Skibniewski, M. (2006). "Automated recognition of surface defects using digital color image processing", Automation in Construction, 15(4), pp. 540-549.
- Lee, S.W. (1994). 「Character Recognition 1 (Theory and Practice)」, Hongrung Publishing company, pp. 3-34.
- Lee, W.J., Shin, T.H., Chin, S., Yoon, J.S., Kwon, S.W. and Kim, Y.S. (2009). "A Process Reference Model and Information Model Development for RFID/USN based Construction Supply Chain Management" Journal of The Architectural Institute of Korea (Structure & Construction Section), Architectural Institute of Korea, 25(6), pp. 147-158.
- Masad, E., B. Muhunthan, N. Shashidhar, and T. Harman. (1999). "Internal Structure Characterization of Asphalt Concrete Using Image Analysis", Journal of Computing in Civil Engineering, 13(2), pp. 88-95.
- McCullouch, G. and Lueprasert, K. (1993). "2D Bar-Code Applications in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 120(4), pp. 739-752.
- Mollah, A. F. (2009). "Text/Graphics Separation for Business Card Images for Mobile Device", IAPR International Workshop on Graphics Recognition, IAPR, pp. 263-270.
- Navon, R. (2007). "Research in Automated Measurement of Project Performance Indicators", Automation in Construction, 16(2), pp. 176-188.
- Song, J.C., Hass, C.T. and Caldas, C.H. (2006). "Tracking the Location of Materials on Construciton Job Sites", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 132(9), pp. 911-918.
- Stukhart, G. and Bell, L.C. (1987). "Costs and Benefits of Materials Management Systems", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 113 (2)

- Tsai, Y., Kaul, V. and Yezzi, A. (2013). “Automating the crack map detection process for machine operated crack sealer” , Automation in Construction, 31, pp. 10-18.
- Yoo, J., Choi, N., Kim, C., Kim, H., Han, S.H. and Kim, M.K. (2007). “A Performance Test for Assessment of the RFID/USN Inter-working System’s Applicability to the Construction Industry” , Proc. of KICEM Annual Conference 2007, KICEM, pp. 880-885.
- Yoon, S.W. Chin, S., and Kim, Y.S (2012). “Assessing the Impact of RFID based Materials Tracking; Focusing on Curtain-Wall Work” Korea Journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 13(1), pp. 24-35.
- Wannt, R. (2004). 「RFID: A Key to Automating Everything」 , Scientific American Jan 2004, pp. 56-65.
- Zhu, Z. and Brilakis, I. (2008). “Detecting air pockets for architectural concrete quality assessment using visual sensing” , ITcon 13, pp. 86-102.

요약 : 건설 프로젝트가 대형화, 복잡화됨에 따라 건설 프로젝트에 투입되는 자재의 효과적 관리를 위하여, 바코드, RFID 등의 다양한 인식 기술의 적용이 시도되고 있다. 하지만 기존의 바코드, RFID 등의 기술의 적용은 기존 관리 업무에서 사용되지 않던 RFID 장비의 추가 투입과 부재 관리를 위한 RFID tag 부착 등의 추가 작업이 요구됨으로써, 공장 및 현장의 작업자들에게 관리 비용 증가, 추가 작업의 번거로움 등의 문제를 발생시키는 한계를 가지고 있었다. 또한 해당 장치를 인식하기 위한 별도의 RFID 리더를 소지하지 않는 경우, 해당 부재를 작업자가 해당 부재의 정보를 인식하기 어려운 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 Long-lead item 자재 중 철골과 PC 부재를 대상으로, 앞 서 제기된 문제점 개선을 위해 스마트 폰 등의 영상 처리 기능을 이용한 문자인식 기술을 대체 기술로 제안하고, 제안된 문자인식 기술의 적용 가능성 테스트를 통해 기술의 적용 가능성을 제시하였다. 또한 제안된 문자인식 기술을 보다 효과적으로 적용하기 위한 문자 표기 방식, 코드 체계를 제안하고, 기존 RFID 기반 물류 관리 프로세스와 비교를 통해 문자인식 기술이 실제 적용될 경우의 효과를 제시하였다.

키워드 : 문자 인식 기술, 건설정보 관리, 물류관리, 건설 공급망 관리, 건설 자재 관리
