

# 이진탐색을 이용한 교통카드 시스템용 오프라인 거래 승인 알고리즘 개발

구지근<sup>○</sup>, 장병근\*, 박영욱\*

<sup>○</sup>한국스마트카드 T-money 기술연구소

e-mail: jk.koo@koreasmartcard.com<sup>○</sup>, {bjjang, yw.park}@koreasmartcard.com\*

## A Development of Offline Authorization Algorithm for Transportation Card System using Binary Search

Jakeun Koo<sup>○</sup>, Byunggeun Jang\*, Youngwook Park\*

<sup>○</sup>T-money Tech. Unit, Korea Smart Card

### ● 요약 ●

교통카드는 1996년 충전방식의 선불카드가 처음 사용되었고, 후불방식의 교통카드는 1998년 6월부터 도입되어 함께 사용되었다. 교통카드 사용할 수 있기 위해서는 사용자의 사용여부 및 각종 신상정보의 변경에 따라 결제방식이 변경되는 것에 대해 카드거래 승인시스템에 적절한 반응이 필요하다. 이를 위해 기존 서울교통시스템에서는 메모리 주소를 이용한 카드거래승인시스템을 이용하고 있으며 본 연구에서는 임베디드 교통카드단말기에서 사용 가능한 오프라인 카드거래 승인 알고리즘을 개발하는 것을 목표로 한다. 본 논문에서는 카드 사용정보를 압축 저장하는 방식을 제안하고 있으며, 사용자 확인정보는 한 카드당 2bit의 공간을 차지하도록 설계 했다. 또한 검색알고리즘으로 이진탐색을 사용하여 기존에 비해 검색 속도가 향상 되었다.

**키워드:** 스마트카드(Smart Card), 교통카드(Transportation Card), 이진탐색(Binary Search)

### I. 서론

서울시에서는 1996년 시내버스에 교통카드를 처음 도입하였다. 이러한 교통카드는 1996년 2월부터 일부 시내버스에 사용되어 7월부터 전체 버스에 실시됐는데 충전방식의 선불카드로 처음 나왔고, 후불방식의 교통카드는 1998년 6월부터 도입되었다.

교통카드를 요금지급, 출입통제 등 다양한 분야에서 활용할 수 있기 위해서는 사용자의 사용여부 및 각종 신상정보의 변경에 따라 결제방식이 변경되는 것에 대해 카드거래 승인시스템에 적절한 반응이 필요하며 현재 서울교통시스템에서는 메모리 주소를 이용한 카드거래승인시스템을 이용하고 있다.

기존의 경우 메모리 주소에 플래그 정보를 저장하는 방식은 모든 카드번호에 대응하는 식별번호에 대한 변화정보를 단말 승인시스템에 저장하는 방식을 적용하고 있다.

본 연구에서는 임베디드 교통카드단말기에서 최적화된 오프라인 카드거래 승인 알고리즘을 개발하는 것을 목표로 하며, 카드 사용정보를 압축 저장하기 위하여, 다음 카드 사용정보와의 차이(OFFSET)만 저장하고, 사용자 확인정보는 한 카드당 2bit의 공간

을 차지하도록 설계 했다. 또한 검색알고리즘으로 이진탐색을 사용하여 빠른 검색이 가능하도록 하였다.

이를 통해 기존의 메모리 주소에 플래그 정보를 저장하는 방식이 갖고 있는 고정적인 메모리 영역 할당으로 카드 수와 변경 정보 수의 증가에 따른 용량 폭증, 단말기 내에서의 변경정보 갱신에 따른 물리적인 처리속도 지연, 비정상적인 갱신으로 발생하는 승인 오류 등의 문제를 개선할 수 있다. 특히 변경정보를 기존 방식에 비해 효율적으로 저장하여 다양한 종류의 카드 정보를 쉽게 관리할 수 있어 카드 승인 서비스의 품질을 극대화할 수 있을 것이라 기대한다.

### II. 기존 연구 고찰

기존 메모리 주소를 이용한 카드거래 승인 시스템 그림1과 같으며 카드번호에 대응하는 메모리 주소에 카드 사용 여부를 나타내는 플래그정보를 순차적으로 저장 하는 방법이다. 이는 직관적인 구조로 구현하기에 용이하다는 장점을 가진다.

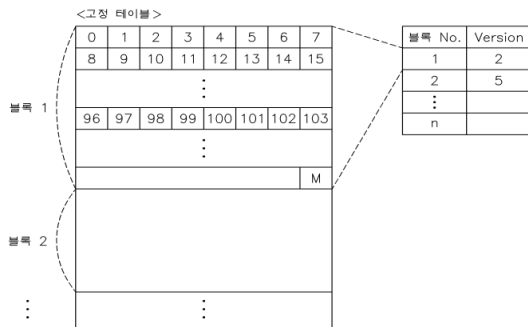


그림 1. 기존 카드거래 승인 구조

하지만 기존 카드번호에 대응하는 메모리 주소에 카드 사용 여부를 나타내는 플래그정보를 저장하는 구조는 실제로 카드 사용 여부의 변경과는 관계없이 초기부터 예상사용 가능한 전체 카드 수에 대응하는 플래그정보를 순차적으로 모두 저장하여야 하기 때문에 많은 메모리영역을 차지한다.

특히 각 카드 발급 사 별로 사용 영역을 결정하기 때문에 초기에 할당하였던 카드번호에 대응하는 메모리 주소에 카드 사용 여부를 나타내는 플래그정보의 메모리 영역을 모두 소진할 경우, 순차적으로 플래그정보를 추가시키는 것이 아니라, 실제 발급되지 않은 카드에 대해서도 별도의 카드번호에 대응하는 메모리 주소 영역을 할당하여 플래그정보를 저장해놓아야 하기 때문에 불필요한 용량 소모가 발생된다. 현재 서울 교통단말기의 경우 1억 2천만 개 카드의 플래그정보를 저장하여 관리하기 위해 약 23Mbyte의 메모리 공간을 사용하고 있으나, 향후 메모리 주소 영역의 소진이 예상되고 있어 추가적으로 1억 2천만 개 카드의 플래그정보를 저장할 수 있도록 메모리 영역을 확장하고 있는 상황이다.

종래 기술의 플래그정보에 대한 변경정보를 관리하기 위해서는 수시로 변경될 카드번호에 대응하는 메모리 주소와 그에 대한 플래그정보가 저장된 변동정보 파일을 수신 받아 별도의 처리방식에 따라 갱신해야만 하는데, 이는 승인 단말기의 환경여건에 따라 변경정보가 불일치하거나 버전정보 등의 오류로 인해 변경정보가 정확하게 갱신이 되지 않은 채로 승인이 이루어질 수 있어 서비스 전체의 신뢰성이 떨어질 수 있다. 뿐만 아니라, 변경정보를 갱신하기 위해 변동정보 파일을 수신 받는데 이에 대한 승인 단말기 내의 추가적인 용량 확보가 필요하고, 단말기 내에서 변경정보를 갱신하는데 특정 위치를 찾는 과정에서 물리적으로 많은 처리시간이 필요하였다.

기존 카드번호에 대응하는 메모리 주소에 카드 사용 여부를 나타내는 플래그정보의 수는 현재 4가지 정도로 ‘사용 불가능한 카드’, ‘사용 가능한 일반’, ‘사용 가능한 학생’, ‘사용 가능한 어린이’의 사용 여부와 확인정보에 대해 관리가 되고 있다.

이는 기존 메모리 주소에 플래그정보를 저장하는 방식의 구조적인 제약으로 1종류의 정보를 추가로 저장할 때 마다 전체 저장되어 있는 메모리 주소만큼의 저장 공간이 폭증하여 현행 메모리 용량과 처리속도에 치명적인 영향을 미친다. 현재 서울 교통단말기의 경우 1억 2천만 개 카드의 플래그 정보를 저장하고 있으나,

1종류의 정보를 추가하기 위해 약 15Mbyte의 메모리 용량이 증가는 문제점이 있다.

### III. 이진탐색기반 카드거래 승인 알고리즘

본 연구에 따른 카드 변화관리 방법 및 이를 활용한 카드거래 승인 시스템은 카드 내의 카드번호에 대응하는 고유 식별 번호 (Alias)를 기준으로 변경정보관리가 필요한 Alias 번호를 기준 Alias 번호와 그 차이 값인 Offset을 기록하여 압축데이터를 생성한다.

따라서 데이터 생성부는 기존에 카드번호에 대응하는 메모리 주소에 카드 사용 여부를 나타내는 플래그정보를 순차적으로 저장하여 데이터를 생성하는 방식이 아닌 그림2와 같은 구조로 이루어진 압축데이터를 생성하는 단계이다. 이는 전체 Alias 번호 중 ‘사용 불가능한 카드’에 해당하는 Alias 번호를 추출하여 한 개의 레코드 당 35 바이트로 나누어 기준 Alias 번호 4 바이트를 저장하고 그 뒤로 Alias 번호와의 차이 값인 Offset 값을 순차적으로 저장한다.

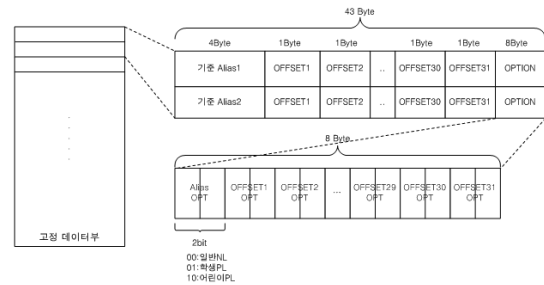


그림 2. 선불식 교통카드의 고정데이터 파일 구조

Offset 1에 해당하는 실제 Alias 번호는 기준 Alias 1 번호에 Offset 1 값을 더한 만큼의 값을 의미한다. 기준 Alias 2 는 기준 Alias 1 번호에 Offset 1부터 Offset 31까지 값을 모두 더한 만큼의 값을 의미한다. 따라서 한 레코드에 최대 32개의 카드 Alias 정보가 저장된다.

OFFSET 범위	1 <sup>st</sup> Byte	2 <sup>nd</sup> Byte	3 <sup>rd</sup> Byte	4 <sup>th</sup> Byte	5 <sup>th</sup> Byte
0 ~ 253	OFFSET	-	-	-	-
254 ~ 506	0x00	OFFSET - 253	-	-	-
507 ~ 65535	0xFE	OFFSET (2byte 값)	-	-	-
65536 이상	0xFF	OFFSET (4byte 값)			

그림 3. Offset 범위에 따른 데이터 구조

먼저, 해당 변경정보에 대응하는 Alias 번호를 추출한 후에 첫 레코드의 기준 Alias 번호를 저장한다. 그림3에서 표현한 것과 같

이 그 다음 해당 Alias 번호와 직전에 저장한 Alias 번호와의 차이를 계산한 후 그 차이가 253 이하인 경우는 그대로 그 차이 값을 저장하고 Offset 위치를 1만큼 오른쪽으로 이동한다. 254부터 506 사이의 값인 경우는 1st Offset바이트에 '0x00'값을, 2nd Offset바이트에는 그 차이 값에서 253을 뺀 나머지 값을 저장하고 Offset 위치를 2만큼 오른쪽으로 이동한다. 507부터 65535 사이의 값인 경우는 1st Offset바이트에 '0xFE'값을, 나머지 2 바이트에 해당하는 그 차이 값을 저장하고 Offset 위치를 3만큼 오른쪽으로 이동한다. 65536 이상의 값인 경우는 1st바이트에 '0xFF'값을, 나머지 4 바이트에 해당하는 그 차이 값을 저장하고 Offset 위치를 5만큼 오른쪽으로 이동한다. 만약, 254 이상인 Offset 값을 저장할 Offset 위치가 마지막 바이트를 넘을 경우는 1st바이트에 '0x00', '0xFE', '0xFF'값만을 기록하고, 2nd바이트에는 1st바이트의 값과 관계없이 '0x00'값으로 저장한다. 그리고 마지막 레코드에서 마지막 해당 Offset 을 저장한 후에는 남아있는 Offset 저장 공간은 '0xFF'값으로 채운다.

이는 후불식 교통카드의 카드 변화정보 데이터 생성방식에 대한 설명으로 선불식 교통카드에 대해서는 '사용 가능한 학생', '사용 가능한 어린이'의 두 가지 변경정보를 추가하며, 해당 Alias 번호에 대응하는 플래그 정보를 순차적으로 저장한다.

그림2는 선불식 교통카드의 카드 변화정보 데이터 구조를 도식화한 것이다. 전체 Alias 번호 중 '사용 불가능한 카드', '사용 가능한 학생', '사용 가능한 어린이'에 해당하는 Alias 번호를 추출하여 한 개의 레코드 당 43 바이트로 나누어 기준 Alias 번호 4 바이트를 저장하고 그 뒤로 Alias 번호와의 차이 값인 Offset 값을 순차적으로 저장한다. 그리고 뒤에 플래그 정보에 해당하는 8 바이트의 Option 값을 저장하는데, 이는 32개의 카드 Alias 정보에 대응하는 플래그 정보를 2 비트씩 순차적으로 저장한다.

본 연구에 따른 데이터 검색부는 카드 내부의 저장된 Alias 번호를 카드 승인 단말기에서 인식하여 해당 Alias 번호가 변경정보가 저장된 데이터 내에 속해 있는지를 비교 검색 한다.

데이터 검색부의 동작은 우선, 고정 데이터를 열어 검색할 레코드의 시작 위치와 끝 위치를 판단하여 검색 범위를 결정한다. 만약, 시작 위치가 끝 위치보다 크다면 Alias 번호 검색을 실패로 종료한다. 범위가 결정되면 해당 범위의 중간 위치를 검색할 레코드의 위치로 선택하여 Alias 번호 검색을 진행한다.

검색할 레코드의 위치가 정해지면 해당 레코드를 읽어 대상 Alias 번호와 기준 Alias 번호가 동일한지를 체크하는데, 동일하면 대상 Alias 번호가 변경정보 데이터에 속해 있다고 판단한다. 만약, 대상 Alias 번호가 기준 Alias 번호보다 작다면 현재 검색 레코드의 위치보다 상위 레코드를 검색해야 하므로, 상위 레코드의 위치를 검색 범위의 끝 위치로 하여 검색 범위를 새로 결정하고 검색 시작 위치가 끝 위치 보다 크다면 Alias 번호 검색을 실패로 종료한다. 그렇지 않다면 다시 해당 범위의 중간 위치를 검색할 레코드의 위치로 선택하여 Alias 번호 검색을 진행한다. 대상 Alias 번호가 기준 Alias 번호보다 크고, 검색 위치가 검색 범위의 끝 위치인 경우는 해당 레코드의 Offset 바이트 검색을 진행한다. 만약, 상기의 조건을 만족하지 않는다면 현재 검색 레코드의 위

치보다 하위 레코드를 읽어 대상 Alias 번호와 기준 Alias 번호가 동일한지를 체크하는데, 동일하면 대상 Alias 번호가 변경정보 데이터에 속해 있다고 판단한다. 대상 Alias 번호가 기준 Alias 번호보다 작거나 해당 레코드의 위치가 검색 범위의 끝 위치인 경우는 해당 레코드의 Offset 바이트 검색을 진행한다. 그 이외의 조건인 경우는 하위 레코드의 위치를 검색 범위의 시작 위치로 하여 검색 범위를 새로 결정하고 검색 시작 위치가 끝 위치 보다 크다면 Alias 번호 검색을 실패로 종료한다. 그렇지 않다면, 다시 해당 범위의 중간 위치를 검색할 레코드의 위치로 선택하여 Alias 번호 검색을 진행한다.

#### IV. 제안 시스템 평가

앞 절에서 제시한 '이진탐색을 이용한 임베디드 오프라인 카드 거래 승인 알고리즘'을 현재 운영 중인 포항시의 교통카드 버스단말기에 적용하여 기존의 '메모리 주소를 이용한 카드거래 승인 시스템'과 비교 및 평가 하였다.

적정성 평가 방법으로는 교통카드단말기에서 '이진탐색을 이용한 임베디드 오프라인 카드거래 승인 알고리즘'을 구현하고 변환된 파일의 사이즈 및 검색 시간을 측정하여 현재 적용 운영 중인 '메모리 주소를 이용한 카드거래 승인 시스템'과 비교를 하여 평가 하였다.

표 1. 실험의 입력 데이터 건수

항목	건수
선불 일반 NL 데이터 건수	1,458 건
선불 어린이, 학생 PL 데이터 건수	3,678,772 건 (370만 건)

표 2. 실험 결과

구 분	메모리주소방식	이진탐색방식
카드별 데이터 크기	2bit	1byte ~ 4byte
저장 데이터의 수	6천만건	약370만건
변환된 파일 크기	약 14 MB	약 4.95MB
검색속도 (10만건 평균)	2ms	2~3 ms

입력데이터로는 표1과 같이 T-money 선불카드의 일반 NL (Negative List) 데이터와 어린이, 학생 PL(Positive List) 데이터를 사용하였다.

표2와 같이 교통카드 버스단말기에서 메모리주소를 이용한 카드거래승인 시스템과, 본 연구에서 개발한 이진탐색을 이용한 카드거래승인 알고리즘을 비교 분석한 결과, 검색 시간은 이진탐색 방식이 메모리주소방식에 비해 평균적으로 1ms정도 느리게 측정되었다. 이는 메모리주소방식의 경우 카드고유번호를 이용하여 데이터의 위치를 계산, 읽어오는 방식이므로 비교 검색하여 데이터

를 찾는 이진탐색방식에 비해 검색시간이 빠르게 나타났다. 하지만 카드 거래시간이 200~300ms임을 감안하면 1ms의 차이는 전체 카드처리속도에서 영향이 적다.

저장 공간의 경우에는 이진탐색방식이 약 70% 절약 효과를 나타내었다. 메모리주소방식은 할당된 모든 영역의 데이터를 모두 저장하지만 이진탐색방식은 사용할 수 없는 NL(Negative List)데이터 및 어린이, 학생PL(Positive List)데이터만 저장하므로 카드 데이터1건당 저장용량은 크지만, 데이터의 수가 메모리주소방식에 비해 적기 때문에 전체파일 사이즈는 줄어들게 된다. 특히 저장 공간에 제약이 있는 임베디드 시스템에서 파일사이즈를 줄임으로써 얻는 이익은 많을 것으로 예상된다.

#### IV. 결론

본 연구에 따라 승인 단말 시스템을 운영하면 상기 종래기술이 갖고 있는 문제점인 고정적인 메모리 영역 할당으로 카드 수와 변경 정보 수의 증가에 따른 용량이 폭증하는 현상을 막고, 변경정보를 단말기 내에서 별도의 처리방식에 따라 갱신하는데 있어 발생하는 물리적인 처리속도의 지연 및 비정상적인 갱신으로 발생하는 승인 오류 등의 현상을 막을 수 있다. 뿐만 아니라, 적은 공간에서 신속한 승인 처리가 가능하며 정보의 변화관리가 용이하여 안정적인 시스템의 운영이 가능하다. 특히, 종래기술은 단말기 내에서 변경정보 갱신을 처리하는데 있어 해당 기능의 처리 지연 및 오작동

이 발생되면 다른 기능에는 큰 지장을 초래할 수가 있으나 본 연구에 따른 기술은 별도의 갱신 처리가 없어 다른 기능에 영향을 미치지 않아 단말기 작동 전반의 장애를 구조적으로 방지하고 필요한 경우 다양한 종류의 카드 정보를 관리할 수 있어 서비스의 품질을 극대화할 수 있다.

본 연구를 통해 새로운 카드승인 시스템을 개발 하였으나, 실 환경에 적용을 하기 위해서는 많은 테스트 및 검증 작업이 필요하다. 또한 본 논문에서는 이진탐색을 이용하여 방법론을 제시하였으나, 여러 알고리즘을 적용하여 본 연구와 비교 평가하여 최적의 모형을 선택하는 것이 추가 연구되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

이 논문은 2010년도 지식경제부의 지원을 받아 수행된 연구 사업임(WBS AFC 표준 SW 솔루션 개발, 과제번호 10038474)

#### 참고문헌

- [1] Seoul City, "Writing an new history of transportation", Transportation white paper of Seoul city, 2006.
- [2] EB Company, "Card transaction system and method using memory address", Patent number 10-2003-0080830, 2003.
- [3] Y. Cho, Y. Hong, J. Lee, M. Kim, "Algorithm", ehan publisher, 2005.