

재구성가능한 탐색표연산의 몇가지 성질

송현준, 림명호

정애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 나라의 경제발전과 인민생활향상에서 전망적으로 풀어야 할 문제들과 현실에서 제기되는 과학기술적문제들을 풀고 첨단을 돌파하여 지식경제건설의 지름길을 열어놓아야 합니다.》

우리는 프로그램가능한 논리집적회로(PLD)설계기술을 발전시키는데서 제기되는 재구성가능한 탐색표(LUT)연산의 몇가지 성질을 연구하였다.

선행연구[2]에서는 LUT의 입출력자료구조를 논리값배렬의 범위에서 2진논리식으로 국한하여 해석하였고 선행연구[1]에서는 논리값배렬을 정보배렬로 일반화하였으나 정보배렬의 간단화문제만을 연구하였다.

본문에서는 입출력자료구조가 정보배렬로 주어지는 경우에 LUT연산의 성질에 대하여 연구하였다.

정의 1 정보배렬에서 무작용정보원소나 정보마디에 대응되는 원소 또는 마디의 값을 어떤 주어진 값으로 변환하는 연산을 정보마스크연산이라고 부른다.

모든 마디들이 동일한 자료구조를 가지며 상태수가 SN 이라고 하면 무작용정보마디의 총 상태수는 무작용정보마디의 존재가 독립성인 경우와 순서의존성인 경우 그리고 존재의존성인 경우에 서로 다른 값을 가지게 되며 다음과 같이 계산된다.

$$T_SN = \begin{cases} N \times SN: \text{독립성정보배렬의 경우} \\ SN^N: \text{순서의존성정보배렬의 경우} \\ \sum_{i=0}^{SN-1} C_{N+i-1}^i: \text{존재의존성정보배렬의 경우} \end{cases}$$

여기서 T_SN 은 무작용정보마디의 총상태수이며 N 은 무작용정보마디의 개수이다.

정리 1 LUT연산에 참가하는 무작용정보마디가 독립성정보배렬인 경우 정보마스크연산을 진행하여도 연산의 결과는 LUT연산의 결과와 같다.

증명 a_i 를 무작용정보마디를 가지는 입력정보배렬의 원소, m_i 를 입력정보배렬의 원소에 대응되는 마스크정보배렬의 원소, d_i 를 출력정보배렬의 원소라고 하면 독립작용의 특성으로부터 d_i 는 $a_i = \{a_i^0, a_i^1, \dots, a_i^{SN_i-1}\}$ 의 원시정보배렬로 확장될수 있으며

$$d_i = \text{Mask}(m_i, a_i), d_i \in a_i$$

의 관계가 항상 성립한다.

한편 확장연산의 특성으로부터 $O_i^k = \text{Op}(a_i^k)$, $0 \leq k \leq (SN_i - 1)$ 의 관계가 존재하며 무작용정보마디의 특성으로부터 $O_i^x = O_i^y$, $0 \leq x \leq (SN_i - 1)$, $0 \leq y \leq (SN_i - 1)$ 의 관계가 존재한다. 따

라서 $Op(a_i) = Op(Mask(m_i : a_i))$ 로 된다.

다른 한편 구성정보배렬이 독립작용정보배렬인 경우에 무작용정보마디에 대한 연산은 마스크연산을 통하여 무작용정보마디들에 일정한 값이 대응된 상태에서 진행된다.

이때 a_x 를 입력정보배렬의 원소, cm_i 를 구성정보배렬의 원소에 대응되는 마스크정보배렬의 원소, c_i 를 무작용정보마디를 가지는 구성정보배렬의 원소, cc_i 를 마스크된 구성정보배렬의 원소라고 하면 독립작용의 특성으로부터 $c_i = \{c_i^0, c_i^1, \dots, c_i^{Sn_i-1}\}$ 의 원시정보배렬로 확장될 수 있으며 다음의 관계 즉 $cc_i = Mask(cm_i : c_i)$, $cc_i \in c_i$ 의 관계가 항상 존재한다.

한편 확정연산의 특성으로부터 $O_i^k = Op(c_i : a_i^k)$, $0 \leq k \leq (Sn_i - 1)$ 의 관계가 존재하며 무작용정보마디의 특성으로부터 $O_i^x = O_i^y$, $0 \leq x \leq Sn_i - 1$, $0 \leq y \leq Sn_i - 1$ 의 관계가 존재한다.

따라서 $Op(c_i : a_i) = Op(cc_i : a_i) = Op(Mask(m_i : c_i) : a_i)$ 로 된다.(증명끝)

정의 2 LUT연산에서 출력정보배렬의 원소들을 출력가능하게 하는 시동신호를 연산 촉발신호(Ts : trigger signal)라고 하며 연산촉발신호의 작용으로 진행되는 연산을

$$^{Ts_i} o_i = Op(a_i), Ts \leftarrow \text{촉발조건}$$

으로 표시한다.

정의 3 $^{Ts_i} o_i = Op(a_i)$, $Ts_i \leftarrow (Mask(m_i : a_i) = Mask(m_i : c_i))$ (c_i 는 구성정보배렬의 원소, a_i 는 입력정보배렬의 원소, m_i 는 연산에 포함된 마스크정보배렬의 원소, o_i 는 연산에 포함된 출력정보배렬의 원소)의 연산규칙을 따르는 연산을 마스크가능한 LUT연산(mask enable LookUp Table operation)이라고 한다.

정의 4 연산에 포함되는 마스크정보배렬 및 구성정보배렬과 출력정보배렬의 원소값들을 입출력할 수 있는 연산을 재구성자료마스크가능한 LUT(reconfigurable and mask enable lookup table)연산이라고 하며 $rmOp()$ 로 표시한다.

정리 2 N 개의 순차적으로 호출되는 $rmOp_i()$ ($0 \leq i \leq N-1$)는 1개의 $rmOp()$ 로 통합될 수 있으며 구성정보배렬에 대한 간단화가 진행되지 않은 경우에는 구성정보배렬의 크기에서 $A_Size(rmOp()) = A_Size(rmOp_0())$ 의 관계가 존재한다.

정리 3 병렬로 실행되는 N 개의 $rmOp_i()$ ($0 \leq i \leq N-1$)는 1개의 원시 $rmPOp()$ 로 통합될 수 있으며 구성정보배렬에 대한 간단화가 진행되지 않은 경우에는 구성정보배렬의 크기

에서 $A_Size(rmOp()) = \prod_{i=0}^{N-1} A_Size(rmOp_i())$ 의 관계가 존재한다.

정리 4 2진수체계의 $rmOp()$ 연산을 구성하기 위한 구성정보배렬의 면적은

$$CA_A = CA_S \times (IA_NN + \sum_{i=0}^{IA_NN-1} ROUND(\log_2(ISN_i) + 0.5) + \sum_{i=0}^{OA_NN-1} ROUND(\log_2(OSN_i) + 0.5))$$

로 된다. 여기서 CA_A 는 구성정보배렬의 면적이고 CA_S 는 구성정보배렬의 크기이다. 그리고 ISN_i 는 입력정보배렬의 정보마디들의 상태수이며 IA_NN 은 입력정보배렬의 마디수, OSN_i 는 출력정보배렬의 정보마디들의 상태수, OA_NN 은 출력정보배렬의 마디수, $ROUND()$ 는 올림수화연산이다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성 종합대학학보(자연과학), 53, 11, 44, 주체96(2007).
- [2] R. Woods; FPGA-based Implimentation of Signal Processing System, John Wiley & Sons, 111~125, 2008.

주체103(2014)년 8월 5일 원고접수

Some Properties of the Reconfigurable Lookup Table Operation

Song Hyon Jun, Rim Myong Ho

We study some properties of reconfigurable lookup table(LUT) operation based on the definition such as mask enable LUT operation and trigger signal for the programable logic device(PLD) design.

Key words: reconfigurable system, lookup table operation, trigger signal