Version 1.0 2004. 5.

# 민관겸용 블록 암호 알고리즘

# ARIA

## 알고리즘 명세서

# 목 차

# 표 목차

# 그림 목차

# 1 서론

이 문서에서는 블록 암호 ARIA를 자세히 서술한다. 블록 암호 ARIA는 128-비트 데이터 블록을 처리하는 알고리즘으로 128, 192, 256 비트 암호키를 사용한다.

ARIA는 위의 세 가지 길이의 암호키로 사용될 수 있으며 요구되는 안전성 기준에 따라 용도가 구분될 수 있다. 이 문서에는 암호키의 길이에 따라 *ARIA-128, ARIA-192, ARIA-256*으로 구분하여 표기한다.

이후 절들은 다음과 같은 내용으로 구성되어있다.

- 용어 정의, 약어, 알고리즘 파라미터, 기호, 함수
- 알고리즘 명세서에 사용된 표기, 규약
- 알고리즘 설명에 사용된 수학적 배경 지식
- 키 확장, 암호화/복호화 과정을 서술한 알고리즘 명세서
- 암/복호화 예제

# 2 정의

## 2.1 용어 와 약어

이 문서에서는 다음의 용어와 약어를 사용한다.

| | |
|---|---|
| ARIA | Academy, Research Institute, Agency의 약어로 학·연·관이 공동으로 개발한 정보보호의 핵심 기술임을 함축하고 있음 |
| Involution 구조 | 암호화 과정과 복호화 과정이 같은 구조 |
| S-box | 비선형 치환 테이블로 바이트 치환에 사용됨 |
| SPN 구조 | Substitution-Permuatation-Networks 구조로 S-box와 확산 함수가 반복적으로 사용되는 구조 |
| Feistel 구조 | 데이터를 두 블록으로 나누어 좌 · 우부분에 교대로 비선형 변환을 적용시키는 구조 |
| 대칭키 암호 | 암·복호화 키가 같은 암호 |
| 라운드 키 | 암호키로부터 키 확장을 통하여 생성되는 값들로 암호화 및 복호화 상태에 적용됨 |
| 라운드 함수 | 블록 암호의 각 라운드에서 사용되는 함수 |
| 바이트 | 여덟 비트 군으로 단일 개체 또는 여덟 비트의 배열로 다루어진다. |
| 배열 | 바이트 등의 순차적 모임 |

| | |
|---|---|
| 복호화 | 암호키를 이용하여 암호문을 평문으로 바꾸는 일련의 변환들 |
| 블록 | 입력, 상태, 출력, 라운드 키를 구성하는 비트 열로 열의 길이는 포함하는 비트 수를 표시, 블록은 바이트의 배열로도 해석됨 |
| 블록 암호 | 고정된 길이의 평문 블록을 고정된 길이의 암호문 블록으로 변환하는 함수 |
| 비트 | 0 또는 1의 값을 갖는 한자리 숫자. |
| 상태 | 암호화, 복호과정의 중간 값 |
| 아핀 변환 | 행렬 곱과 벡터 합이 순차적으로 구성된 변환 |
| 암호화 | 암호키를 이용하여 평문을 암호문으로 바꾸는 일련의 변환들 |
| 암호문 | 평문을 합당하게 푸는 방법을 모르는 사람에게는 알 수 없는 형태로 변환한 데이터 |
| 암호키 | 평문 또는 암호문의 암호화, 복호화에 사용되는 비밀정보 |
| 키 확장 | 암호키로 부터 라운드 키들을 생성하는 과정 |
| 평문 | 암호화되지 않은 원래의 정보 |

## 2.2 알고리즘 파라미터, 기호, 함수

이 문서에서는 다음과 같은 알고리즘 파라미터, 기호, 함수들이 사용된다.

| | |
|---|---|
| **AddRoundKey()** | 라운드 키를 상태와 XOR하는 암호화, 복호화 과정의 변환 |
| **SubstLayer()** | S-box와 이의 역변환으로 이루어진 계층 |
| **DiffLayer()** | 상태의 바이트들을 섞는 암호화, 복호화 과정의 변환 계층 |
| $\boldsymbol{MK}$ | 암호키 |
| XOR | 배타적 논리합 연산 |
| $\oplus$ | 배타적 논리합 연산 |
| $A^{\lll k}$ | $A$의 각 비트를 왼쪽으로 $k$비트씩 순환이동 |
| $A^{\ggg k}$ | $A$의 각 비트를 오른쪽으로 $k$비트씩 순환이동 |

# 3 표기와 규약

## 3.1 입력과 출력

블록 암호 ARIA의 입력과 출력은 각각 128비트들의 수열로 구성된다. 이때 블록 길이는 이 나열들에서 블록에 포함된 비트 수를 의미한다. 블록 암호 ARIA의 암호키는 128, 192 또는 256 비트들의 수열이다.

수열에서의 비트들은 0에서부터 시작하여 수열 길이(블록 길이 또는 키 길이)보다

하나 작은 수에서 끝나도록 번호를 붙인다. 비트에 부여된 수 $i$는 비트 색인이며 블록 길이와 키 길이에 따라 $0 \le i < 128, 0 \le i < 192, 0 \le i < 256$ 중 하나의 범위에 있다.

## 3.2 바이트

블록 암호 ARIA의 기본 연산 단위는 바이트(여덟 비트의 수열)이다. 입력·출력과 암호키의 비트 수열은 연속된 여덟 바이트들로 묶은 바이트의 배열로 3.3절에서와 같이 처리된다.

$a$를 입력, 출력 또는 암호키라고 할 때, 해당 바이트 배열은 $a_n$ 또는 $a[n]$으로 표시된다. $n$은 다음과 같은 범위에 있다.

키 길이 = 128 비트, $0 \le n < 16$; 블록 길이 = 128 비트, $0 \le n < 16$;
키 길이 = 192 비트, $0 \le n < 24$;
키 길이 = 256 비트, $0 \le n < 32$;

블록 암호 ARIA의 모든 바이트 값은 괄호 $\{b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1, b_0\}$ 안의 각 비트 값(0 또는 1)의 연접으로 표현된다. 바이트들은 다음과 같은 다항식 표현을 통하여 유한체 원소로 해석할 수도 있다.

$$b_7x^7 + b_6x^6 + b_5x^5 + b_4x^4 + b_3x^3 + b_2x^2 + b_1x + b_0 = \sum_{i=0}^{7} b_i x^i.$$

예들 들면, {01100011}은 유한체 원소로 표현하면 $x^6 + x^5 + x + 1$이 된다. 또한, 바이트 값은 16진법을 이용한 표기가 많이 이용되는데, 이 표기는 바이트의 여덟 비트를 네 비트 씩 두 군으로 묶고 네 비트를 다음과 같이 단일 문자에 대응시켜 표기한다.

<표 1> 비트 패턴의 16진법 표현

| 비트 패턴 | 문자 | 비트 패턴 | 문자 | 비트 패턴 | 문자 | 비트 패턴 | 문자 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0000 | 0 | 0100 | 4 | 1000 | 8 | 1100 | c |
| 0001 | 1 | 0101 | 5 | 1001 | 9 | 1100 | d |
| 0010 | 2 | 0110 | 6 | 1010 | a | 1110 | e |
| 0011 | 3 | 0111 | 7 | 1011 | b | 1111 | f |

{01100011}의 경우 위 표를 이용하면 0110은 6, 0011은 3에 대응되므로 16진법으로 {63}으로 표현된다. {63}은 0x63 표기하기도 한다.

### 3.3 바이트 배열

바이트 배열은 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$a_0 a_1 a_2 \cdots a_{15}$$

128 비트 입력 수열

$$input_0 \ input_1 \ input_2 \ \cdots \ input_{127}$$

로부터 바이트와 비트 정렬은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} a_0 &= \{input_0, input_1, \cdots, input_7\}; \\ a_1 &= \{input_8, input_9, \cdots, input_{15}\}; \\ &\vdots \\ a_{15} &= \{input_{120}, input_{121}, \cdots, input_{127}\} \end{aligned}$$

192 비트, 256 비트 입력 수열에 대해서도 위 정렬 방식이 적용되는데 $n+1$번째 바이트는 다음과 같이 주어진다.

$$a_n = \{input_{8n}, input_{8n+1}, \cdots, input_{8n+7}\}$$

3.2절과 3.3절의 표기를 종합하면 다음과 같다.

<표 2> 바이트와 비트의 색인

| 입력 비트 수열 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | ··· |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 바이트 색인 | 0 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | ··· |
| 바이트 내 비트 색인 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | ··· |

### 3.4 상태(State)

내부적으로, 블록 암호 ARIA의 각 연산은 상태(State)로 불리는 바이트 배열에 대하여 수행된다. 상태는 16개의 바이트로 구성된다. 상태에서 바이트 및 비트 정렬은 3.3절의 블록 내에서의 정렬 방식을 따른다.

## 4 수학적 배경 지식

블록 암호 ARIA의 바이트들은 3.2절의 표기를 이용하여 $GF(2^8)$ 유한체 원소로 해석될 수 있다. 바이트들의 덧셈 및 곱셈은 유한체에서의 곱셈 및 덧셈으로부터 유도된다.

## 4.1 덧셈 연산

유한체 원소의 덧셈은 바이트 내에서 대응되는 비트들의 모듈로 2 연산으로 서술된다. 두 바이트 $\{a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0\}, \{b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0\}$에 대하여 합을 $\{c_7c_6c_5c_4c_3c_2c_1c_0\}$라 하면 $c_i = a_i \oplus b_i, 0 \le i \le 7$이 된다. 예를 들면, 다음의 표현들은 동치이다.

$$\begin{aligned}
&(x^6 + x^2 + x + 1) + (x^7 + x + 1) = x^7 + x^6 + x^2 && \text{(다항식 표현);}\\
&\{01000111\} \oplus \{10000011\} = \{11000100\} && \text{(이진 표현);}\\
&\{47\} \oplus \{83\} = \{c4\} && \text{(16진법 표현);}
\end{aligned}$$

## 4.2 곱셈 연산

블록 암호 ARIA에서 바이트들의 곱셈은 S-box 생성에 이용된다. ARIA 구현 시 S-box를 표 참조로 구현하는 경우에는 이 절의 내용이 필요하지 않다.

바이트들의 곱셈은 $GF(2^8) = \mathbb{Z}_2[x]/m(x)$에서의 곱셈으로 정의되며 $\bullet$으로 표기한다. $m(x)$는 8차 기약 다항식으로 $m(x)$의 선택에 따라 $GF(2^8)$에서의 곱셈이 달라진다. 블록 암호 ARIA에서는 다음과 같은 기약다항식을 $GF(2^8)$ 정의에 사용한다.

$$m(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x + 1.$$

$GF(2^8) = \mathbb{Z}_2[x]/m(x)$에서 두 다항식의 곱은 $\mathbb{Z}_2[x]$에서의 다항식 곱을 $m(x)$로 나눈 나머지로 주어진다.

예를 들면 $\{57\} \bullet \{83\} = \{c1\}$이 되는데 자세히 설명하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
(x^6 + x^4 + x^2 + x + 1)(x^7 + x + 1) =& x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8 + x^7 +\\
& x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x +\\
& x^6 + x^4 + x^2 + x + 1\\
=& x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1
\end{aligned}$$

그리고,

$$\begin{aligned}
&x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1\\
&\qquad = (x^8 + x^4 + x^3 + x + 1)(x^5 + x^3) + x^7 + x^6 + 1
\end{aligned}$$

이므로 $(x^6 + x^4 + x^2 + x + 1) \bullet (x^7 + x + 1) = x^7 + x^6 + 1$이 되고 $x^7 + x^6 + 1$에 해당하는 16진법 표기는 $\{c1\}$이다.

위 곱셈은 결합 법칙을 만족하고 $\{01\}$은 곱셈은 대한 항등원이 된다. 0이 아닌 8차 미만의 이진 다항식 $b(x)$는 위 항등원에 대한 역원을 $b^{-1}(x)$로 표기한다.

$$b(x) \bullet b^{-1}(x) = 1.$$

역원은 Euclidean 알고리즘[4]을 이용하여 구할 수 있다.

# 5 알고리즘 구조

ARIA 알고리즘의 구조는 다음과 같다.

- 기본 구조: ISPN(Involutional SPN) 구조
- 입·출력 크기: 128-비트
- 키 크기: 128-,192-,256-비트
- 라운드 키 크기: 128-비트
- 라운드 수: 키 크기에 따라 12,14,16 라운드

이 사양을 블록 단위(8 비트)로 정리하면 <표 3>과 같다. 이때, 입·출력 블록 크기를 $Nb$, 입력 키 블록 크기를 $Nk$, 그리고 라운드 수를 $Nr$로 나타내었다. ARIA의 라운드

<표 3> ARIA 사양

| 구 분 | $Nb$ | $Nk$ | $Nr$ |
|---|---|---|---|
| ARIA-128 | 16 | 16 | 12 |
| ARIA-192 | 16 | 24 | 14 |
| ARIA-256 | 16 | 32 | 16 |

함수는 다음과 같은 세 부분으로 구성되어 있다.

1. 라운드 키 덧셈(AddRoundKey): 128-비트 라운드 키를 라운드 입력 128-비트와 비트별 XOR한다.
2. 치환 계층(SubstLayer): 두 유형의 치환 계층이 있으며 각각은 2종의 8비트 입·출력 S-box와 그들의 역변환으로 구성된다.
3. 확산 계층(DiffLayer): 간단한 $16 \times 16$ involution 이진 행렬을 사용한 바이트 간의 확산 함수로 구성되어 있다.

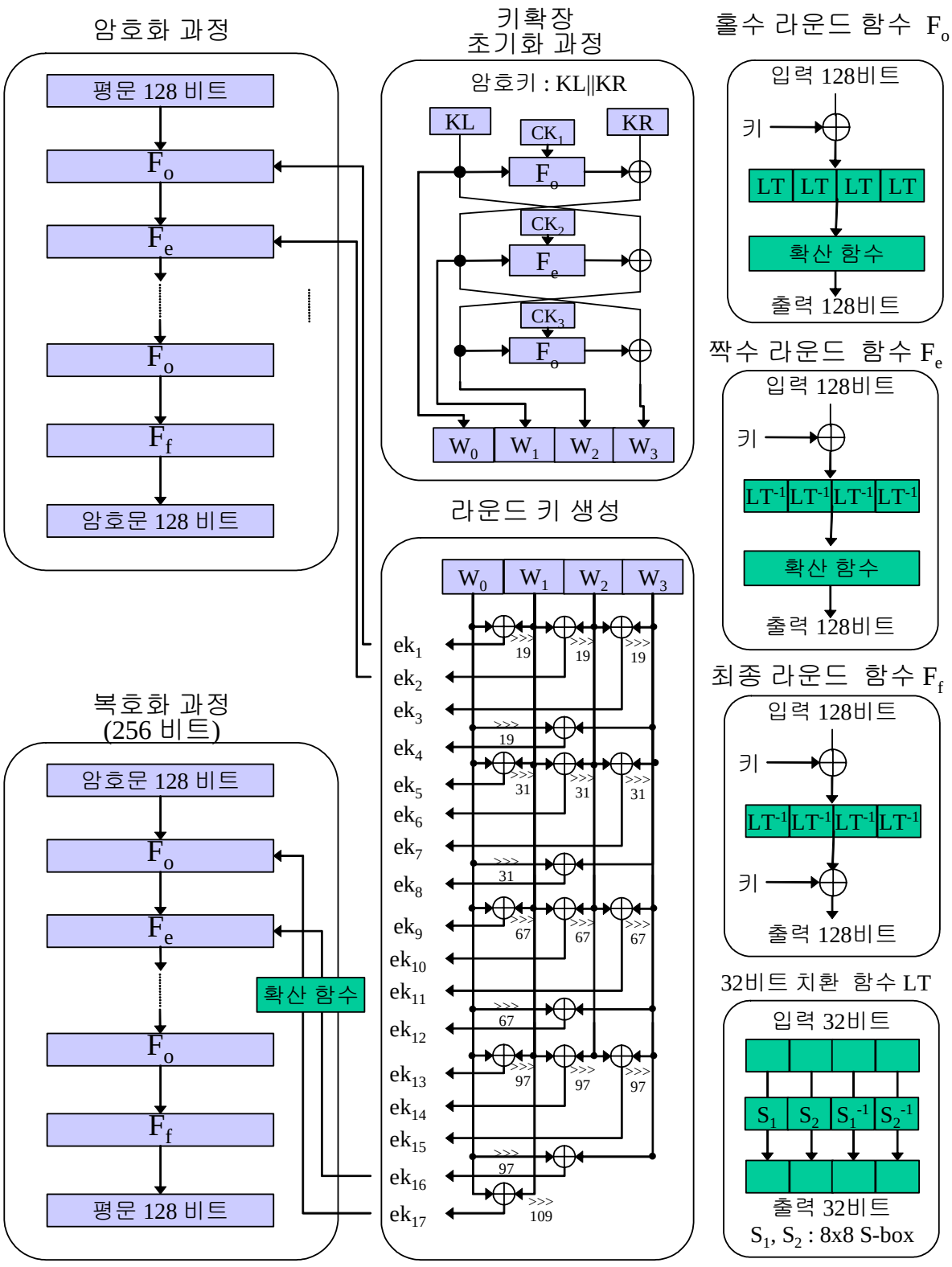
본 알고리즘의 pseudo code는 (그림 1)과 같다. 각 부분 함수들은 이후 구체적으로 설명한다. 이때, w[ ]는 키 확장에 의해 생성된 라운드 키를 의미하며, 그 생성 과정은 5.3절에서 소개한다. 마지막 라운드는 확산 계층이 라운드 키 덧셈으로 대치된다. 암호화 과정과 복호화 과정은 (그림 2)와 같이 주어지며 암호화 과정과 복호화 과정은 라운드 키를 제외하고는 일치한다.

(그림 3)은 암호화 과정과 키 확장 과정을 엮어 평문에 대한 암호문을 출력하는 과정을 설명한 그림이다.

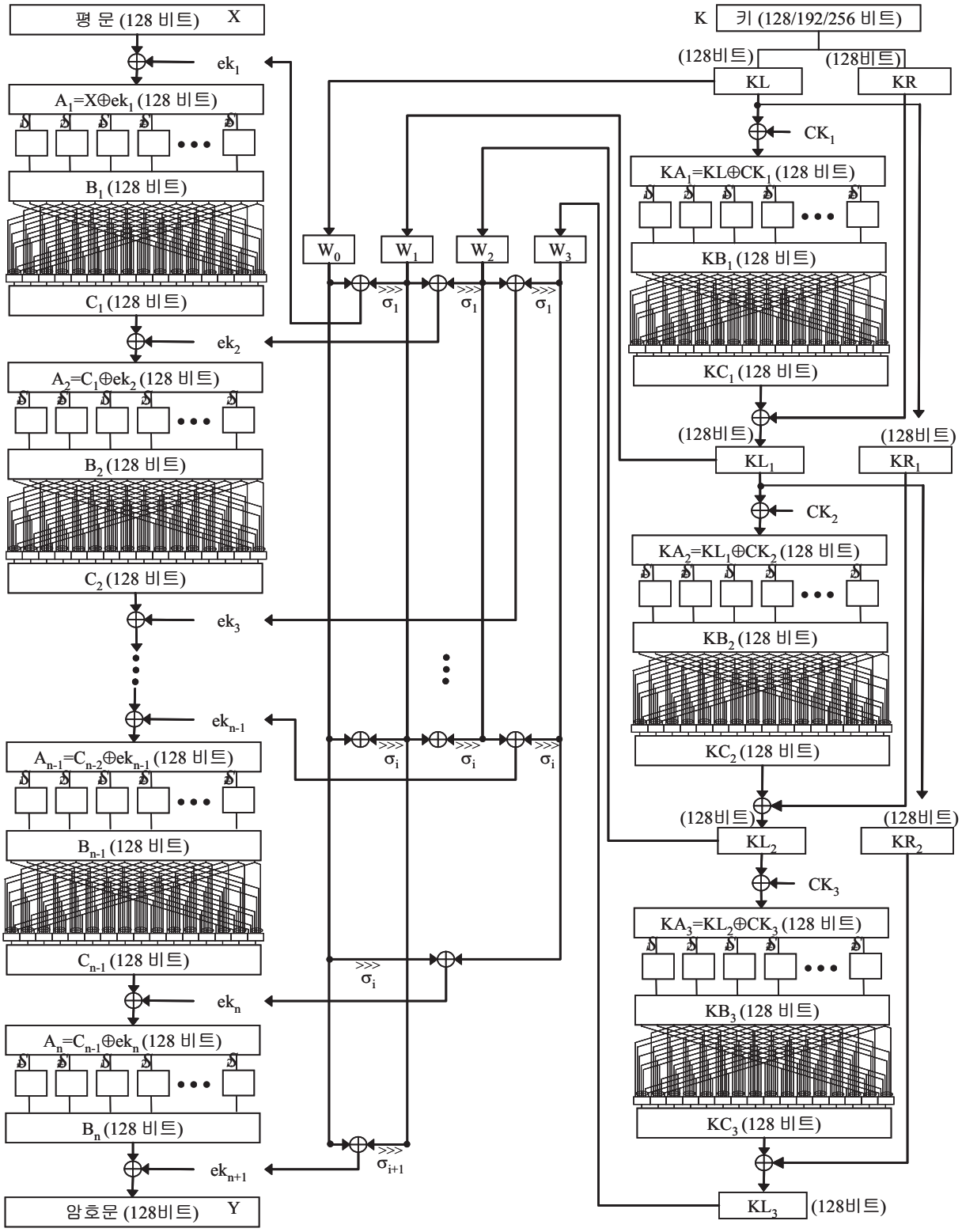
다음에서는 본 알고리즘을 구성하고 있는 각각의 계층들을 구체적으로 설명한다.

```
        Cipher(byte in[Nb], byte out[Nb], byte w[Nb*(Nr+1)])
begin
   byte state[Nb]

  state = in

  AddRoundKey(state, w[0..Nb-1])                          See Sec.  5.3

  for round = 1 to Nr-1
    SubstLayer(state)                                     See Sec.  5.1
    DiffLayer(state)                                      See Sec.  5.2
    AddRoundKey(state, w[round*Nb, (round+1)*Nb-1])
  end for

  SubstLayer(state)
  AddRoundKey(state, w[Nr*Nb, (Nr+1)*Nb-1])

  out = state
end
```

(그림 1) ARIA의 Pseudo Code




(그림 2) 암호화 및 복호화 과정


평 문 (128 비트) X
ek1
A1=X⊕ek1 (128 비트)
B1 (128 비트)
C1 (128 비트)
ek2
A2=C1⊕ek2 (128 비트)
B2 (128 비트)
C2 (128 비트)
ek3
ekn-1
An-1=Cn-2⊕ekn-1 (128 비트)
Bn-1 (128 비트)
Cn-1 (128 비트)
ekn
An=Cn-1⊕ekn (128 비트)
Bn (128 비트)
ekn+1
암호문 (128비트) Y
W0
W1
W2
W3
σ1
σi
σi+1
K
키 (128/192/256 비트)
(128비트)
KL
(128비트)
KR
CK1
KA1=KL⊕CK1 (128 비트)
KB1 (128 비트)
KC1 (128 비트)
KL1
KR1
CK2
KA2=KL1⊕CK2 (128 비트)
KB2 (128 비트)
KC2 (128 비트)
KL2
KR2
CK3
KA3=KL2⊕CK3 (128 비트)
KB3 (128 비트)
KC3 (128 비트)
KL3

(그림 3) 암호화 과정

## 5.1 치환 계층

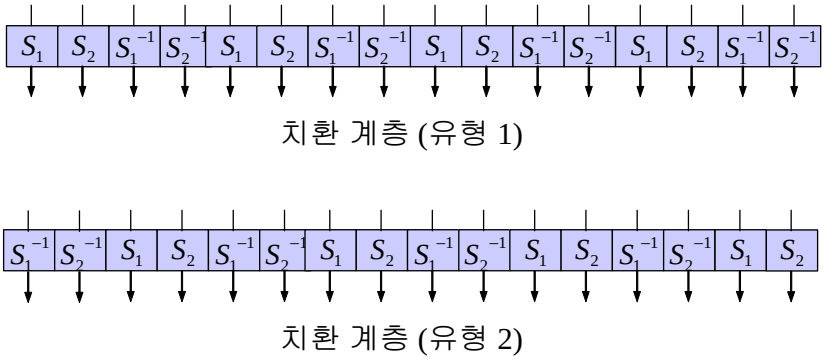
치환 계층은 8-비트 입·출력 S-box들로 구성된다. S-box들은 다음의 성질을 만족하도록 선택되었다.

- 최대 차분/선형 확률: $2^{-6}$
- 대수적 차수: 7
- 고정점, 반고정점이 없을 것

이러한 성질을 만족하는 것들로는 유한체 $GF(2^8)$상의 함수 $x^{-1}$에 아핀 변환을 취한 형태가 널리 사용되고 있다[6, 1]. $x^{-1}$와 특성이 같은 것으로 $x^{-2^n}, n = 0, \ldots, 7$이 있는데 ARIA에서는 $x^{-1}$와 $x^{247}$에 아핀 변환을 취하여 S-box를 생성하였다. 즉, S-box $S_1, S_2$는 다음의 꼴을 가진다.

$$S_1(x) = Bx^{-1} \oplus b, \quad S_2(x) = Cx^{247} \oplus c.$$

여기서, $B, C$는 $8\times8$ 정칙 행렬(non-singular matrix)이며 $b, c$는 $8\times1$ 행렬이다. ARIA에는 위에서 생성한 $S_1, S_2$와 그 역치환 $S_1^{-1}, S_2^{-1}$가 사용되며 구체적인 값은 <표 4>, <표 5>, <표 6>, <표 7>에 기술하였다. S-box의 값들은 모두 16진법으로 표현하였는데, S-box에 입력되는 8 비트 값이 16진법으로 'xy'이면, 출력은 'x'행 'y'열에 위치한 값이 된다. 예를 들면, $S_1(\texttt{0x00}) = \texttt{0x63}$, $S_1(\texttt{0x05}) = \texttt{0x6b}$ $S_1(\texttt{0x72}) = \texttt{0x40}$과 같다. ARIA의 치환 계층은




(그림 4) 두 유형의 치환 계층

두 유형(유형1, 유형2)으로 되어있는데 다음을 만족하도록 구성되었다.

- 두 유형 모두 S-box $S_1, S_2, S_1^{-1}, S_2^{-1}$로 구성
- 두 유형의 치환 계층은 서로 역의 관계 ((유형1)$^{-1}$=유형2)

- 32-비트 단위로 4종의 S-box 사용

이러한 성질을 만족하는 두 유형의 치환 계층은 다음과 같다.

두 유형의 치환 계층은 (그림 2)와 같이 교대로 사용되어 involution 구조인 확산 계층과 함께 전체 구조가 involution 구조가 되도록 한다.

## 5.2 확산 계층

확산 계층은 ARIA와 다른 블록 암호를 구별 짓는 주요 부분으로 $16 \times 16$ involution 이진 행렬을 사용한다. 확산 함수는 입력 16-바이트에 대하여 바이트 단위의 행렬 곱을 수행한 결과의 16-바이트를 출력으로 한다.

확산 계층 설계에 있어서 중요하게 고려되어야하는 것은 안전성과 각종 적용 환경에서의 효율적 구현 가능성이다. ARIA의 확산 계층은 다음과 같은 설계 방향을 가지고 설계되었다.

- AES[6]에 강력한 분석 방법들에 대하여 내성을 가져야 한다. 이를 위해서 AES의 확산 함수 처리 단위(32-비트) 보다 큰 단위의 확산 함수를 사용한다.
- 8-비트, 32-비트 소프트웨어 및 하드웨어 구현에 적합해야 한다.
- 동종의 확산 함수 중에서 안전성과 효율성을 고려할 때 제일 우수해야 한다.

위 설계 방향을 만족하도록 ARIA의 확산 함수는 다음과 같이 선택되었다. ARIA의 확산 함수 $A: \mathrm{GF}(2^8)^{16} \rightarrow \mathrm{GF}(2^8)^{16}$는 입력을 $(x_0, x_1, \ldots, x_{15})$라 하고 출력을 $(y_0, y_1, \ldots, y_{15})$라 하면, 행렬 (5.1)의 곱으로 표현된다.

행렬 (5.1)의 성질은 다음과 같다.

- $A$는 involution 구조이다. 즉, $A^{-1} = A$이다.
- $A$의 가지수(branch number)는 8이다. 여기서, 가지수 $\beta(A)$는 다음과 같이 정의된다.

$$\beta(A) = \min\{wt(x) + wt(A \cdot x) | x \in \mathrm{GF}(2^8)^{16}, x \neq 0\},$$

$wt(x)$는 $x$의 Hamming weight [1]이다.

[1] x에 표함된 '0'이 아닌 비트수

<표 4> S-box $S_1$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 63 | 7c | 77 | 7b | f2 | 6b | 6f | c5 | 30 | 01 | 67 | 2b | fe | d7 | ab | 76 |
| 1 | ca | 82 | c9 | 7d | fa | 59 | 47 | f0 | ad | d4 | a2 | af | 9c | a4 | 72 | c0 |
| 2 | b7 | fd | 93 | 26 | 36 | 3f | f7 | cc | 34 | a5 | e5 | f1 | 71 | d8 | 31 | 15 |
| 3 | 04 | c7 | 23 | c3 | 18 | 96 | 05 | 9a | 07 | 12 | 80 | e2 | eb | 27 | b2 | 75 |
| 4 | 09 | 83 | 2c | 1a | 1b | 6e | 5a | a0 | 52 | 3b | d6 | b3 | 29 | e3 | 2f | 84 |
| 5 | 53 | d1 | 00 | ed | 20 | fc | b1 | 5b | 6a | cb | be | 39 | 4a | 4c | 58 | cf |
| 6 | d0 | ef | aa | fb | 43 | 4d | 33 | 85 | 45 | f9 | 02 | 7f | 50 | 3c | 9f | a8 |
| 7 | 51 | a3 | 40 | 8f | 92 | 9d | 38 | f5 | bc | b6 | da | 21 | 10 | ff | f3 | d2 |
| 8 | cd | 0c | 13 | ec | 5f | 97 | 44 | 17 | c4 | a7 | 7e | 3d | 64 | 5d | 19 | 73 |
| 9 | 60 | 81 | 4f | dc | 22 | 2a | 90 | 88 | 46 | ee | b8 | 14 | de | 5e | 0b | db |
| a | e0 | 32 | 3a | 0a | 49 | 06 | 24 | 5c | c2 | d3 | ac | 62 | 91 | 95 | e4 | 79 |
| b | e7 | c8 | 37 | 6d | 8d | d5 | 4e | a9 | 6c | 56 | f4 | ea | 65 | 7a | ae | 08 |
| c | ba | 78 | 25 | 2e | 1c | a6 | b4 | c6 | e8 | dd | 74 | 1f | 4b | bd | 8b | 8a |
| d | 70 | 3e | b5 | 66 | 48 | 03 | f6 | 0e | 61 | 35 | 57 | b9 | 86 | c1 | 1d | 9e |
| e | e1 | f8 | 98 | 11 | 69 | d9 | 8e | 94 | 9b | 1e | 87 | e9 | ce | 55 | 28 | df |
| f | 8c | a1 | 89 | 0d | bf | e6 | 42 | 68 | 41 | 99 | 2d | 0f | b0 | 54 | bb | 16 |

<표 5> S-box $S_1^{-1}$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 52 | 09 | 6a | d5 | 30 | 36 | a5 | 38 | bf | 40 | a3 | 9e | 81 | f3 | d7 | fb |
| 1 | 7c | e3 | 39 | 82 | 9b | 2f | ff | 87 | 34 | 8e | 43 | 44 | c4 | de | e9 | cb |
| 2 | 54 | 7b | 94 | 32 | a6 | c2 | 23 | 3d | ee | 4c | 95 | 0b | 42 | fa | c3 | 4e |
| 3 | 08 | 2e | a1 | 66 | 28 | d9 | 24 | b2 | 76 | 5b | a2 | 49 | 6d | 8b | d1 | 25 |
| 4 | 72 | f8 | f6 | 64 | 86 | 68 | 98 | 16 | d4 | a4 | 5c | cc | 5d | 65 | b6 | 92 |
| 5 | 6c | 70 | 48 | 50 | fd | ed | b9 | da | 5e | 15 | 46 | 57 | a7 | 8d | 9d | 84 |
| 6 | 90 | d8 | ab | 00 | 8c | bc | d3 | 0a | f7 | e4 | 58 | 05 | b8 | b3 | 45 | 06 |
| 7 | d0 | 2c | 1e | 8f | ca | 3f | 0f | 02 | c1 | af | bd | 03 | 01 | 13 | 8a | 6b |
| 8 | 3a | 91 | 11 | 41 | 4f | 67 | dc | ea | 97 | f2 | cf | ce | f0 | b4 | e6 | 73 |
| 9 | 96 | ac | 74 | 22 | e7 | ad | 35 | 85 | e2 | f9 | 37 | e8 | 1c | 75 | df | 6e |
| a | 47 | f1 | 1a | 71 | 1d | 29 | c5 | 89 | 6f | b7 | 62 | 0e | aa | 18 | be | 1b |
| b | fc | 56 | 3e | 4b | c6 | d2 | 79 | 20 | 9a | db | c0 | fe | 78 | cd | 5a | f4 |
| c | 1f | dd | a8 | 33 | 88 | 07 | c7 | 31 | b1 | 12 | 10 | 59 | 27 | 80 | ec | 5f |
| d | 60 | 51 | 7f | a9 | 19 | b5 | 4a | 0d | 2d | e5 | 7a | 9f | 93 | c9 | 9c | ef |
| e | a0 | e0 | 3b | 4d | ae | 2a | f5 | b0 | c8 | eb | bb | 3c | 83 | 53 | 99 | 61 |
| f | 17 | 2b | 04 | 7e | ba | 77 | d6 | 26 | e1 | 69 | 14 | 63 | 55 | 21 | 0c | 7d |

<표 6> S-box $S_2$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | e2 | 4e | 54 | fc | 94 | c2 | 4a | cc | 62 | 0d | 6a | 46 | 3c | 4d | 8b | d1 |
| 1 | 5e | fa | 64 | cb | b4 | 97 | be | 2b | bc | 77 | 2e | 03 | d3 | 19 | 59 | c1 |
| 2 | 1d | 06 | 41 | 6b | 55 | f0 | 99 | 69 | ea | 9c | 18 | ae | 63 | df | e7 | bb |
| 3 | 00 | 73 | 66 | fb | 96 | 4c | 85 | e4 | 3a | 09 | 45 | aa | 0f | ee | 10 | eb |
| 4 | 2d | 7f | f4 | 29 | ac | cf | ad | 91 | 8d | 78 | c8 | 95 | f9 | 2f | ce | cd |
| 5 | 08 | 7a | 88 | 38 | 5c | 83 | 2a | 28 | 47 | db | b8 | c7 | 93 | a4 | 12 | 53 |
| 6 | ff | 87 | 0e | 31 | 36 | 21 | 58 | 48 | 01 | 8e | 37 | 74 | 32 | ca | e9 | b1 |
| 7 | b7 | ab | 0c | d7 | c4 | 56 | 42 | 26 | 07 | 98 | 60 | d9 | b6 | b9 | 11 | 40 |
| 8 | ec | 20 | 8c | bd | a0 | c9 | 84 | 04 | 49 | 23 | f1 | 4f | 50 | 1f | 13 | dc |
| 9 | d8 | c0 | 9e | 57 | e3 | c3 | 7b | 65 | 3b | 02 | 8f | 3e | e8 | 25 | 92 | e5 |
| a | 15 | dd | fd | 17 | a9 | bf | d4 | 9a | 7e | c5 | 39 | 67 | fe | 76 | 9d | 43 |
| b | a7 | e1 | d0 | f5 | 68 | f2 | 1b | 34 | 70 | 05 | a3 | 8a | d5 | 79 | 86 | a8 |
| c | 30 | c6 | 51 | 4b | 1e | a6 | 27 | f6 | 35 | d2 | 6e | 24 | 16 | 82 | 5f | da |
| d | e6 | 75 | a2 | ef | 2c | b2 | 1c | 9f | 5d | 6f | 80 | 0a | 72 | 44 | 9b | 6c |
| e | 90 | 0b | 5b | 33 | 7d | 5a | 52 | f3 | 61 | a1 | f7 | b0 | d6 | 3f | 7c | 6d |
| f | ed | 14 | e0 | a5 | 3d | 22 | b3 | f8 | 89 | de | 71 | 1a | af | ba | b5 | 81 |

<표 7> S-box $S_2^{-1}$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 30 | 68 | 99 | 1b | 87 | b9 | 21 | 78 | 50 | 39 | db | e1 | 72 | 09 | 62 | 3c |
| 1 | 3e | 7e | 5e | 8e | f1 | a0 | cc | a3 | 2a | 1d | fb | b6 | d6 | 20 | c4 | 8d |
| 2 | 81 | 65 | f5 | 89 | cb | 9d | 77 | c6 | 57 | 43 | 56 | 17 | d4 | 40 | 1a | 4d |
| 3 | c0 | 63 | 6c | e3 | b7 | c8 | 64 | 6a | 53 | aa | 38 | 98 | 0c | f4 | 9b | ed |
| 4 | 7f | 22 | 76 | af | dd | 3a | 0b | 58 | 67 | 88 | 06 | c3 | 35 | 0d | 01 | 8b |
| 5 | 8c | c2 | e6 | 5f | 02 | 24 | 75 | 93 | 66 | 1e | e5 | e2 | 54 | d8 | 10 | ce |
| 6 | 7a | e8 | 08 | 2c | 12 | 97 | 32 | ab | b4 | 27 | 0a | 23 | df | ef | ca | d9 |
| 7 | b8 | fa | dc | 31 | 6b | d1 | ad | 19 | 49 | bd | 51 | 96 | ee | e4 | a8 | 41 |
| 8 | da | ff | cd | 55 | 86 | 36 | be | 61 | 52 | f8 | bb | 0e | 82 | 48 | 69 | 9a |
| 9 | e0 | 47 | 9e | 5c | 04 | 4b | 34 | 15 | 79 | 26 | a7 | de | 29 | ae | 92 | d7 |
| a | 84 | e9 | d2 | ba | 5d | f3 | c5 | b0 | bf | a4 | 3b | 71 | 44 | 46 | 2b | fc |
| b | eb | 6f | d5 | f6 | 14 | fe | 7c | 70 | 5a | 7d | fd | 2f | 18 | 83 | 16 | a5 |
| c | 91 | 1f | 05 | 95 | 74 | a9 | c1 | 5b | 4a | 85 | 6d | 13 | 07 | 4f | 4e | 45 |
| d | b2 | 0f | c9 | 1c | a6 | bc | ec | 73 | 90 | 7b | cf | 59 | 8f | a1 | f9 | 2d |
| e | f2 | b1 | 00 | 94 | 37 | 9f | d0 | 2e | 9c | 6e | 28 | 3f | 80 | f0 | 3d | d3 |
| f | 25 | 8a | b5 | e7 | 42 | b3 | c7 | ea | f7 | 4c | 11 | 33 | 03 | a2 | ac | 60 |

$$\begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \\ y_8 \\ y_9 \\ y_{10} \\ y_{11} \\ y_{12} \\ y_{13} \\ y_{14} \\ y_{15} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ x_{14} \\ x_{15} \end{pmatrix} \tag{5.1}$$

## 5.3 키 확장

ARIA의 키 확장은 초기화 과정과 라운드 키 생성 과정의 두 부분으로 나뉜다.

### 5.3.1 초기화 과정

초기화 과정에서는 암/복호화 한 라운드를 $F$ 함수로 하는 256-비트 입·출력 3라운드 Feistel 암호를 이용하여, 암호키 $MK$로부터 네 개의 128-비트 값 $W_0, W_1, W_2, W_3$를 생성한다.

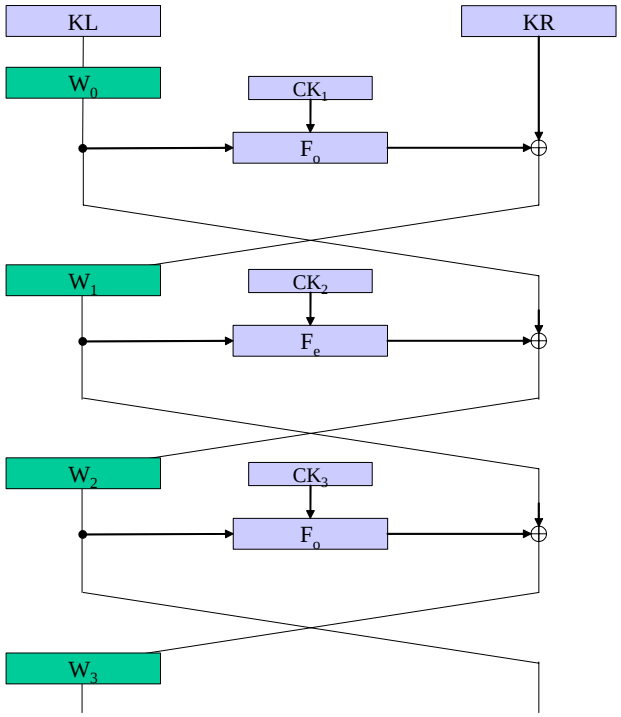
암호키 $MK$의 길이는 128, 192, 또는 256이므로 위 Feistel 암호의 입력에 필요한 256비트 $(KL, KR)$을 다음과 같이 구성한다.

- 128-비트 $KL$는 $MK$의 상위 128-비트를 취한다.
- $MK$의 남은 비트를 이용하여 $KR$의 상위 비트를 채우고 나머지는 0으로 채운다.

$$KL||KR = MK||0\cdots0.$$

$F_o$ 와 $F_e$를 각각 홀수(치환 계층(유형1) 사용), 짝수(치환 계층 (유형2) 사용) 라운드 함수라고 할 때 다음과 같이 $W_0, W_1, W_2, W_3$를 생성한다.

$$\begin{aligned} W_0 &= KL, & W_2 &= F_e(W_1, CK_2) \oplus W_0, \\ W_1 &= F_o(W_0, CK_1) \oplus KR, & W_3 &= F_o(W_2, CK_3) \oplus W_1. \end{aligned}$$




(그림 5) 키 확장 초기화 과정

Feistel 암호의 128-비트 라운드 키 $CK_i$는 $\pi^{-1}$의 유리수 부분의 128-비트 상수

$$C1 = \texttt{0x517cc1b727220a94fe13abe8fa9a6ee0}$$
$$C2 = \texttt{0x6db14acc9e21c820ff28b1d5ef5de2b0}$$
$$C3 = \texttt{0xdb92371d2126e9700324977504e8c90e}$$

를 이용하여 암호키의 길이에 따라 다음과 같이 결정된다.

<표 8> 암호키 길이에 따른 초기화 상수

| 암호키 길이 | $CK_1$ | $CK_2$ | $CK_3$ |
|---|---|---|---|
| 128-비트 | $C1$ | $C2$ | $C3$ |
| 192-비트 | $C2$ | $C3$ | $C1$ |
| 256-비트 | $C3$ | $C1$ | $C2$ |

초기화 부분은 (그림 5)와 같다.

```
Keyexpansion(byte key[Nk], byte w[Nb*(Nr+1)])
 begin

     KL = key[0..15]          // initial part
     KR = key[16..31]
     W[0] = KL
     W[1] = F_o(W[0], CK_1) XOR KR
     W[2] = F_e(W[1],CK_2) XOR W[0]
     W[3] = F_o(W[2], CK_3) XOR W[1]

     for i= 1 to Nr+1          // round key generation part
       w[i] = ROT(W[ ]) XOR ROT(W[ ])
     end for
 end
```

(그림 6) ARIA 키 확장의 Pseudo Code

### 5.3.2 라운드 키 생성 과정

라운드 키 생성 과정에서는 네 개의 128-비트 $W_0, W_1, W_2, W_3$를 조합하여 암호화 라운드 키 $ek_i$와 복호화 라운드 키 $dk_i$를 생성한다. 라운드 수는 암호키의 크기가 128,192,256비트인 경우 각각 12, 14, 16 라운드이고 마지막 라운드에는 키 덧셈 계층이 두 번 있으므로 각각 13, 15, 17개의 라운드 키를 생성해야 한다. 암호화 라운드 키는 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
ek_1 &= (W_0) \oplus (W_1^{\ggg 19}), & ek_2 &= (W_1) \oplus (W_2^{\ggg 19}),\\
ek_3 &= (W_2) \oplus (W_3^{\ggg 19}), & ek_4 &= (W_0^{\ggg 19}) \oplus (W_3),\\
ek_5 &= (W_0) \oplus (W_1^{\ggg 31}), & ek_6 &= (W_1) \oplus (W_2^{\ggg 31}),\\
ek_7 &= (W_2) \oplus (W_3^{\ggg 31}), & ek_8 &= (W_0^{\ggg 31}) \oplus (W_3),\\
ek_9 &= (W_0) \oplus (W_1^{\lll 61}), & ek_{10} &= (W_1) \oplus (W_2^{\lll 61}),\\
ek_{11} &= (W_2) \oplus (W_3^{\lll 61}), & ek_{12} &= (W_0^{\lll 61}) \oplus (W_3),\\
ek_{13} &= (W_0) \oplus (W_1^{\lll 31}), & ek_{14} &= (W_1) \oplus (W_2^{\lll 31}),\\
ek_{15} &= (W_2) \oplus (W_3^{\lll 31}), & ek_{16} &= (W_0^{\lll 31}) \oplus (W_3),\\
ek_{17} &= (W_0) \oplus (W_1^{\lll 19})
\end{aligned}
$$

위에서 설명한 키 확장 과정을 정리하면 (그림 6)의 pseudo code로 나타낼 수 있다. 여기서 ROT( )는 각 라운드별로 주어진 순환량에 따른 좌, 우 순환이동을 의미한다.

복호화 라운드 키는 암호화 라운드 키와 다르며 암호화 라운드 키로부터 유도된다. 먼저 키의 순서가 바뀌고 처음과 마지막 라운드 키를 제외하고 암호키를 입력으로 하는 확산 함수 $A$의 출력이 복호화 라운드 키가 된다. 라운드 수가 $n$일 때, 복호화 라운드 키는 다음과 같다.

$$dk_1 = ek_{n+1}, dk_2 = A(ek_n), dk_3 = A(ek_{n-1}), \cdots, dk_n = A(ek_2), dk_{n+1} = ek_1.$$

# 6 암/복호화 예제

본 절에서는 위에서 서술한 ARIA 알고리즘에 의한 키 확장 및 평문 암/복호화 과정에서의 중간값 변화를 예시하도록 한다. 예시는 키 크기 128/192/256에 대해 각각 제시되며, 중간값 상태를 나타내기 위해 다음과 같은 기호가 사용된다.

- `input`: 평문 입력값
- `start`: 라운드가 시작할 때의 라운드 입력값
- `key_add`: 입력과 키와의 XOR 후의 값
- `s_box`: 치환 계층 통과 후의 값
- `diff_lay(er)`: 확산 계층 통과 후의 값
- `output`: 암호문 출력값

## 6.1 키 확장 : 128비트 암호키

본 소절에서는 다음의 128비트 키에 대한 키 확장 결과를 제시한다.

암호키 : `000102030405060708090a0b0c0d0e0f`

키 확장에 사용되는 네 개의 값 $W_0, W_1, W_2, W_3$을 <표 9>에 정리하였다.

<표 9> 키 확장을 위한 중간값: 128 비트

| 상수 | 값 |
|---|---|
| $W_0$ | `000102030405060708090a0b0c0d0e0f` |
| $W_1$ | `2afbea741e1746dd55c63ba1afcea0a5` |
| $W_2$ | `7c8578018bb127e02dfe4e78c288e33c` |
| $W_3$ | `6785b52b74da46bf181054082763ff6d` |

<표 10>은 위의 $W_0, W_1, W_2, W_3$의 계산에 사용된 Feistel 구조의 중간값을 나타낸다.

암/복호화 라운드 키들을 <표 11>에 정리하였다.

<표 10> 키 확장 초기화: 128 비트

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | key_round[1].input | 000102030405060708090a0b0c0d0e0f |
| | key_round[1].key_add | 517dc3b423270c93f61aa1e3f69760ef |
| | key_round[1].s_box | d1b933142669815c422ef194426590d3 |
| | key_round[1].diff_layer | 2afbea741e1746dd55c63ba1afcea0a5 |
| 2 | key_round[2].start | 2afbea741e1746dd55c63ba1afcea0a5 |
| | key_round[2].key_add | 474aa0b880368efdaaee8a7440934215 |
| | key_round[2].s_box | 1606e0703a6419ba623d7ec4725c2c97 |
| | key_round[2].diff_layer | 7c847a028fb421e725f74473ce85ed33 |
| 3 | key_round[3].start | 7c8578018bb127e02dfe4e78c288e33c |
| | key_round[3].key_add | a7174f1caa97ce902edad90dc6602a32 |
| | key_round[3].s_box | 5c2b92d6ac65ece03180e509b4ff956c |
| | key_round[3].diff_layer | 4d7e5f5f6acd00624dd66fa988ad5fc8 |
| | key_round[3].output | 6785b52b74da46bf181054082763ff6d |

<표 11> 키 생성 — 128 비트

| 라운드 | 암호화 키 | 복호화 키 |
|---|---|---|
| 1 | d415a75c794b85c5e0d2a0b3cb793bf6 | 0f0aa16daee61bd7dfee5a599970fb35 |
| 2 | 369c65e4b11777ab713a3e1e6601b8f4 | ccb3a0230b6dac1d53eef49d961aa57f |
| 3 | 0368d4f13d14497b6529ad7ac809e7d0 | 60ea3252ac3ea9bc9ac78e79df20b5b5 |
| 4 | c644552b549a263fb8d0b50906229eec | 5794eadaece652f8a2ccbf68ee82a730 |
| 5 | 5f9c434951f2d2ef342787b1a781794c | 468a335e49ec1db45d112aaf2109e5bf |
| 6 | afea2c0ce71db6de42a47461f4323c54 | 938ebbda880c6bb87fa01c97e68811a9 |
| 7 | 324286db44ba4db6c44ac306f2a84b2c | bfda5018ab33d14cc538ea5c81bd1011 |
| 8 | 7f9fa93574d842b9101a58063771eb7b | b5a90e77d5b94bb56e47af759fcfa05e |
| 9 | aab9c57731fcd213ad5677458fcfe6d4 | 21a6c28c5e1175a4378cd34dd3195a83 |
| 10 | 2f4423bb06465abada5694a19eb88459 | 8d726063ca2ceddc92afb45dd7db643e |
| 11 | 9f8772808f5d580d810ef8ddac13abeb | 27efd355eb17e90e5963c46515016f8d |
| 12 | 8684946a155be77ef810744847e35fad | d000e81367819b077b0a657f6740e8e4 |
| | 0f0aa16daee61bd7dfee5a599970fb35 | d415a75c794b85c5e0d2a0b3cb793bf6 |

## 6.2 키 확장 : 192비트 암호키

본 소절에서는 192비트 키에 대한 키 확장 결과를 제시한다. 내용의 구성은 전 소절의 128비트의 경우와 동일하므로 설명은 생략하도록 한다.

암호키 : 000102030405060708090a0b0c0d0e0f1011121314151617

<표 12> 키 확장을 위한 중간값: 192 비트

| 상수 | 값 |
|---|---|
| $W_0$ | 000102030405060708090a0b0c0d0e0f |
| $W_1$ | e48c52301e91d991b649ed7bb7cde8ad |
| $W_2$ | a356ea6cafe4869797a1b4eea56d38cc |
| $W_3$ | e1898f2e0e626ccf1f58bd50713c93bb |

<표 13> 키 확장 초기화: 192 비트

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | key_round[1].input | 000102030405060708090a0b0c0d0e0f |
| | key_round[1].key_add | 6db048cf9a24ce27f721bbdee350ecbf |
| | key_round[1].s_box | 3ca7d445b855ecc66806fef9110883a5 |
| | key_round[1].diff_layer | f49d40230a84cf86b649ed7bb7cde8ad |
| 2 | key_round[2].start | e48c52301e91d991b649ed7bb7cde8ad |
| | key_round[2].key_add | 3f1e652d3fb730e1b56d7a0eb32521a3 |
| | key_round[2].s_box | 25c44ddf2570040bd2efda8b4b9dfd17 |
| | key_round[2].diff_layer | a357e86fabe180909fa8bee5a96036c3 |
| 3 | key_round[3].start | a356ea6cafe4869797a1b4eea56d38cc |
| | key_round[3].key_add | f22a2bdb88c68c0369b21f065ff7562c |
| | key_round[3].s_box | 89180b59c427f01bf9d0cb21cff8b9d4 |
| | key_round[3].diff_layer | 0505dd1e10f3b55ea911502bc6f17b16 |
| | key_round[3].output | e1898f2e0e626ccf1f58bd50713c93bb |

<표 14> 키 생성 — 192 비트

| 라운드 | 암호화 키 | 복호화 키 |
|---|---|---|
| 1 | bd14be928e4305d5333b3cc231a278f6 | a467dc0b2048d83faf3ffd3355a9ff5b |
| 2 | 4395c65ac3dc4c6d269b1f8f81503c00 | 4dd0b9831c584a7f72e931dd8ede23f5 |
| 3 | 3121965d9e01475bda385705b2c736eb | b4a02c5b7e7cff4981137b76a1e8af63 |
| 4 | 40486f2e2e220c4fbf985c51507df23a | e58ecdefea05c868b394d7dabc7298b3 |
| 5 | 6f9ad358cd1da267352ab928609ed4f8 | dc94b739beef8d4acd30f3fb4bbd0a19 |
| 6 | ae5623a9583c0d48e980e054988e8170 | 518c97ed5d0bfaac5240e7f2dd6e2087 |
| 7 | 412fcd1b6cf798cb8b656d709bdc426c | a3cffeff0406d3f6fcce825184d8f470 |
| 8 | f99393300e6068c91752b15e612e87ad | bab3d61669640fcd9fda3fd0cce02c65 |
| 9 | 36c83fac72fcbb12b498804d0fdf353d | 9fe831feae7e081014a882cd3f3396f3 |
| 10 | 167864adca3c7e88222330362231787f | 9ad65f61fd36b359f684ac037cc53668 |
| 11 | 40bdfdc6a1c314e0eb90850b64a17555 | 622efcce90b0b68380d667bfeee031ed |
| 12 | 0088ae6f6fe3cd0eff589d1011bc337b | a44f0daf2b4489a972d5971afdb359f2 |
| 13 | 0f49eecbdf21f0bad3effe5dfe4b2717 | 9777f3c8a450e691aed77bb2243af84e |
| 14 | b37e117bd54103e6e4ff711de6669d9b | 044b0b0eccb4bdfb37747a14e7512e75 |
|  | a467dc0b2048d83faf3ffd3355a9ff5b | bd14be928e4305d5333b3cc231a278f6 |

## 6.3 키 확장 : 256비트 암호키

본 소절에서는 256비트 키에 대한 키 확장 결과를 제시한다. 내용의 구성은 전 소절들의 128, 192비트의 경우와 동일하므로 설명은 생략하도록 한다.

암호키 : 000102030405060708090a0b0c0d0e0f101112131415161718191a1b1c1d1e1f

<표 15> 키 확장을 위한 중간값: 256 비트

| 상수 | 값 |
|---|---|
| $W_0$ | 000102030405060708090a0b0c0d0e0f |
| $W_1$ | 15169e6ec54aaf0c975414fead1c71f3 |
| $W_2$ | 90ec92c2a800405af99389e9c88b4e62 |
| $W_3$ | b68cd7a1ba16abee905f7009a8e968a9 |

<표 16> 키 확장 초기화: 256 비트

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | key_round[1].input | 000102030405060708090a0b0c0d0e0f |
| | key_round[1].key_add | db93351e2523ef770b2d9d7e08e5c701 |
| | key_round[1].s_box | b957d9c43f6b61192bdf75a8305a3168 |
| | key_round[1].diff_layer | 05078c7dd15fb91b8f4d0ee5b1016fec |
| 2 | key_round[2].start | 15169e6ec54aaf0c975414fead1c71f3 |
| | key_round[2].key_add | 446a5fd9e268a5986947bf1657861f13 |
| | key_round[2].s_box | 860acf6f3bb4063be45808bedabec0cb |
| | key_round[2].diff_layer | 90ed90c1ac05465df19a83e2c486406d |
| 3 | key_round[3].start | 90ec92c2a800405af99389e9c88b4e62 |
| | key_round[3].key_add | fd5dd80e3621887a06bb383c27d6acd2 |
| | key_round[3].s_box | 54a42d62050697516f8a760ccc1caac9 |
| | key_round[3].diff_layer | a39a49cf7f5c04e2070b64f705f5195a |
| | key_round[3].output | b68cd7a1ba16abee905f7009a8e968a9 |

<표 17> 키 생성 — 256 비트

| 라운드 | 암호화 키 | 복호화 키 |
|---|---|---|
| 1 | 8e3f60a1d7c8deae5de898e18e92dbac | f37728567c61bca7affc62e88395a6bb |
| 2 | 7cdacc735712fa0c9f5f4bccdc2148e2 | fd62e7342bfde4dbd9499dbb605b04bf |
| 3 | bdf9a41332f477182cee5be2268a7b7f | 0fddde54a27fd06456f6779dcf03c84d |
| 4 | 174d37a19a56cb6e309f910889a80928 | a1d0cf146ae42a0d5dad9e70003bdec0 |
| 5 | 5a39e1e52e283ada829c541222a527f2 | d8e599b24da2fa817d5093a776793345 |
| 6 | 840002abe4938a89c754944b5e3b6220 | bfc0e457ae1820ff7e0efbbd80db257e |
| 7 | c13e4391c519ef198dbede34e835ae71 | ec43f94c756c16adb2acd64b19b6c5d8 |
| 8 | ae96cbbfba14afe898557c07b8fb7cbf | 80f83e941cc54e3630d40048da4028d7 |
| 9 | 92eb809cd1a688396aabd9c6d4a45bee | fbe497edad612923021e12d063a84f41 |
| 10 | 4a24ef53fc5bc6c0c54986a6f81c79f8 | e0fdffae2d79e75a524013b7f04991a8 |
| 11 | 42e77cc39d1d6d4fcf42131dffc99b1f | 13e967b0fdd52624b97bedf6e9c0a883 |
| 12 | 578df6e0db970a2f705f5049c869c869 | 0ff5cf18dbcdaac866ea6cac40442506 |
| 13 | 62a455854faf0c785e8732f286864138 | 6dddbb6cd6ef2ef19466c369942c10fa |
| 14 | 4116be43b9836bf87311b3cfe56a3892 | fe0124176f59613ebf4fbb7dc11ae43f |
| 15 | 4de7c735e02ff85e2de73dbd13cd25b2 | 65d35c19276918ffc078ed2e183c1f93 |
| 16 | 348e54a23e122eeb1659f70e28e9e9a8 | 772cce8c5b4055fd75160b2faf0c9165 |
| | f37728567c61bca7affc62e88395a6bb | 8e3f60a1d7c8deae5de898e18e92dbac |

## 6.4 암/복호화 예제 : 128 비트 암호키

본 소절에서는 128 비트 키에 대한 암/복호화 결과의 중간값들을 제시하도록 한다. 평문은 본 소절 뿐 아니라 그 뒤 소절의 192, 256 비트의 경우에 대해서도 공통적으로

00112233445566778899aabbccddeeff

를 사용하기로 한다. 또한 128 비트의 경우 키로는

000102030405060708090a0b0c0d0e0f

를 사용한 결과를 제시한다.

<표 18> ARIA-128 암호화 예제 벡터

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | round[ 0].input | 00112233445566778899aabbccddeeff |
| | round[ 1].start | 00112233445566778899aabbccddeeff |
| | round[ 1].key_add | d404856f3d1ee3b2684b0a0807a4d509 |
| | round[ 1].s_box | 489467d927594dd54595a350c5a9b539 |
| | round[ 1].diff_lay | 7fc7f12befd0a0791de87fa96b469f52 |
| 2 | round[ 2].start | 7fc7f12befd0a0791de87fa96b469f52 |
| | round[ 2].key_add | 495b94cf5ec7d7d26cd241b70d4727a6 |
| | round[ 2].s_box | a4e222da9d5b0ea2b8c98334f358ccd4 |
| | round[ 2].diff_lay | ac8de17e49f7c5117618993162b189e9 |
| 3 | round[ 3].start | ac8de17e49f7c5117618993162b189e9 |
| | round[ 3].key_add | afe5358f74e38c6a1331344baab86e39 |
| | round[ 3].s_box | 795ad99a9233f00a7d7328c3ac7045aa |
| | round[ 3].diff_lay | c3e8d59ec2e62d5249ca2741653cb7dd |
| 4 | round[ 4].start | c3e8d59ec2e62d5249ca2741653cb7dd |
| | round[ 4].key_add | 05ac80b5967c0b6df11a9248631e2931 |
| | round[ 4].s_box | 3644cdf235ee2bca2bfb4f8d00c4a573 |
| | round[ 4].diff_lay | 5d4aebb165e141ff759f669e1e85cc45 |
| 5 | round[ 5].start | 5d4aebb165e141ff759f669e1e85cc45 |
| | round[ 5].key_add | 02d6a8f83413931041b8e12fb904b509 |
| | round[ 5].s_box | 771c6ff718cb223e8370e04d5694d239 |
| | round[ 5].diff_lay | 7806e469f68874c5004b5f4a046bbcfa |
| 6 | round[ 6].start | 7806e469f68874c5004b5f4a046bbcfa |
| | round[ 6].key_add | d7ecc8651195c21b42ef2b2bf05980ae |
| 뒷 페이지에서 계속 | | |

전 페이지 이어 계속

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| | round[ 6].s_box | 0d80e821e34b2503f6d3f1ae171ecd9d |
| | round[ 6].diff_lay | 110f93c9a630cdd51f97d2202413345a |
| 7 | round[ 7].start | 110f93c9a630cdd51f97d2202413345a |
| | round[ 7].key_add | 234d1512e28a8063dbdd1126d6bb7f76 |
| | round[ 7].s_box | 262f2f5e98f13a2cb944e377f68a6bad |
| | round[ 7].diff_lay | e054428ef088fef97928241cd3be499e |
| 8 | round[ 8].start | e054428ef088fef97928241cd3be499e |
| | round[ 8].key_add | 9fcbebbb8450bc4069327c1ae4cfa2e5 |
| | round[ 8].s_box | 6e13e98a4f8c652de46c102eae453a5a |
| | round[ 8].diff_lay | 5734f38ea1ca3ddd102e71f95e1d5f97 |
| 9 | round[ 9].start | 5734f38ea1ca3ddd102e71f95e1d5f97 |
| | round[ 9].key_add | fd8d36f99036efcebd7806bcd1d2b943 |
| | round[ 9].s_box | 541f244c6085614e7a07a5183ea2dbaf |
| | round[ 9].diff_lay | 4903325be3e500cccd52fba4354a39ae |
| 10 | round[10].start | 4903325be3e500cccd52fba4354a39ae |
| | round[10].key_add | 664711e0e5a35a7617046f05abf2bdf7 |
| | round[10].s_box | d35882902ababe428787a8c20eb57af8 |
| | round[10].diff_lay | cb8c508e2c4f87880639dc896d25ec9d |
| 11 | round[11].start | cb8c508e2c4f87880639dc896d25ec9d |
| | round[11].key_add | 540b220ea312df8587372454c1364776 |
| | round[11].s_box | 204694620a64ef3617e4a602788516ad |
| | round[11].diff_lay | e7e0d2457ed73d23d481424095afdca0 |
| 12 | round[12].start | e7e0d2457ed73d23d481424095afdca0 |
| | round[12].key_add | 6164462f6b8cda5d2c913608d24c830d |
| | round[12].s_box | d8125abb058257a4424705627f35ec4d |
| | round[12].output | d718fbd6ab644c739da95f3be6451778 |

<표 19> ARIA-128 복호화 예제 벡터

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | round[ 0].input | d718fbd6ab644c739da95f3be6451778 |
| | round[ 1].start | d718fbd6ab644c739da95f3be6451778 |
| | round[ 1].key_add | d8125abb058257a4424705627f35ec4d |
| | round[ 1].s_box | 6164462f6b8cda5d2c913608d24c830d |
| | round[ 1].diff_lay | ecf534410109432b440a529fee9fb3d2 |
| 2 | round[ 2].start | ecf534410109432b440a529fee9fb3d2 |
| | round[ 2].key_add | 204694620a64ef3617e4a602788516ad |
| | round[ 2].s_box | 540b220ea312df8587372454c1364776 |
| | round[ 2].diff_lay | b3b2b0c2868417fe1d4026bbd195cf4d |
| 3 | round[ 3].start | b3b2b0c2868417fe1d4026bbd195cf4d |
| | round[ 3].key_add | d35882902ababe428787a8c20eb57af8 |
| | round[ 3].s_box | 664711e0e5a35a7617046f05abf2bdf7 |
| | round[ 3].diff_lay | 038bce968c6333b6d8cb1a70d0207c9f |
| 4 | round[ 4].start | 038bce968c6333b6d8cb1a70d0207c9f |
| | round[ 4].key_add | 541f244c6085614e7a07a5183ea2dbaf |
| | round[ 4].s_box | fd8d36f99036efcebd7806bcd1d2b943 |
| | round[ 4].diff_lay | 2899dad406607899b97d3a818f4cdfe5 |
| 5 | round[ 5].start | 2899dad406607899b97d3a818f4cdfe5 |
| | round[ 5].key_add | 6e13e98a4f8c652de46c102eae453a5a |
| | round[ 5].s_box | 9fcbebbb8450bc4069327c1ae4cfa2e5 |
| | round[ 5].diff_lay | b5a1948410fd5194c6e4ffe010027a04 |
| 6 | round[ 6].start | b5a1948410fd5194c6e4ffe010027a04 |
| | round[ 6].key_add | 262f2f5e98f13a2cb944e377f68a6bad |
| | round[ 6].s_box | 234d1512e28a8063dbdd1126d6bb7f76 |
| | round[ 6].diff_lay | b25ab8394878f44f33eb1bf296a3dd8c |
| 7 | round[ 7].start | b25ab8394878f44f33eb1bf296a3dd8c |
| | round[ 7].key_add | 0d80e821e34b2503f6d3f1ae171ecd9d |
| | round[ 7].s_box | d7ecc8651195c21b42ef2b2bf05980ae |
| | round[ 7].diff_lay | c2b56180cd72698bed374f38c95b7267 |
| 8 | round[ 8].start | c2b56180cd72698bed374f38c95b7267 |
| | round[ 8].key_add | 771c6ff718cb223e8370e04d5694d239 |
| | round[ 8].s_box | 02d6a8f83413931041b8e12fb904b509 |
| | round[ 8].diff_lay | 17e20f7e6bff5e6e1c779cc0d3ddfff0 |

뒷 페이지에서 계속

| 전 페이지 이어 계속 | | |
|---|---|---|
| 라운드 | 함수 | 값 |
| 9 | round[ 9].start | 17e20f7e6bff5e6e1c779cc0d3ddfff0 |
| | round[ 9].key_add | 3644cdf235ee2bca2bfb4f8d00c4a573 |
| | round[ 9].s_box | 05ac80b5967c0b6df11a9248631e2931 |
| | round[ 9].diff_lay | f428b9f9581f1dd6efdc9c9e7bab2194 |
| 10 | round[10].start | f428b9f9581f1dd6efdc9c9e7bab2194 |
| | round[10].key_add | 795ad99a9233f00a7d7328c3ac7045aa |
| | round[10].s_box | afe5358f74e38c6a1331344baab86e39 |
| | round[10].diff_lay | 830df18f764ce7ace1aa4751e659a359 |
| 11 | round[11].start | 830df18f764ce7ace1aa4751e659a359 |
| | round[11].key_add | a4e222da9d5b0ea2b8c98334f358ccd4 |
| | round[11].s_box | 495b94cf5ec7d7d26cd241b70d4727a6 |
| | round[11].diff_lay | 98948fca40d8d6d23e9fc62fa2e95ddd |
| 12 | round[12].start | 98948fca40d8d6d23e9fc62fa2e95ddd |
| | round[12].key_add | 489467d927594dd54595a350c5a9b539 |
| | round[12].s_box | d404856f3d1ee3b2684b0a0807a4d509 |
| | round[12].output | 00112233445566778899aabbccddeeff |

## 6.5 암/복호화 예제 : 192비트 암호키

본 소절에서는 192비트 키에 대한 암/복호화 결과의 중간값들을 제시하도록 한다. 평문은 128비트의 경우와 동일하며, 키는

000102030405060708090a0b0c0d0e0f1011121314151617

를 사용한 결과를 제시한다.

<표 20> ARIA-192 암호화 예제 벡터

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | round[ 0].input | 00112233445566778899aabbccddeeff |
| | round[ 1].start | 00112233445566778899aabbccddeeff |
| | round[ 1].key_add | bd059ca1ca1663a2bba29679fd7f9609 |
| | round[ 1].s_box | 7ac21ce974be00d2eafd35bd54403539 |
| | round[ 1].diff_lay | ff0a53eb839b686852dad8cf18de2cf2 |
| 2 | round[ 2].start | ff0a53eb839b686852dad8cf18de2cf2 |
| | round[ 2].key_add | bc9f95b1404724057441c740998e10f2 |
| | round[ 2].s_box | 78d72ae1725836c2ca22c62df969cae0 |
| | round[ 2].diff_lay | ee4161aac78ae47750dfe66aff08763b |
| 3 | round[ 3].start | ee4161aac78ae47750dfe66aff08763b |
| | round[ 3].key_add | df60f7f7598ba32c8ae7b16f4dcf40d0 |
| | round[ 3].s_box | 9eff26eacb4f71d47ef356d9e3da72b2 |
| | round[ 3].diff_lay | 75619b2290bbf0fa4017e4b1b523a8c7 |
| 4 | round[ 4].start | 75619b2290bbf0fa4017e4b1b523a8c7 |
| | round[ 4].key_add | 3529f40cbe99fcb5ff8fb8e0e55e5afd |
| | round[ 4].s_box | d943bf3c5a26b0f27d9a6c902a10beba |
| | round[ 4].diff_lay | 9f1cc55fa9d75818f408c2259ea62d2b |
| 5 | round[ 5].start | 9f1cc55fa9d75818f408c2259ea62d2b |
| | round[ 5].key_add | f086160764cafa7fc1227b0dfe38f9d3 |
| | round[ 5].s_box | 8c84ff78436e144178410309bb3a691c |
| | round[ 5].diff_lay | 454e7efa1988f1182fa9a316dde0f831 |
| 6 | round[ 6].start | 454e7efa1988f1182fa9a316dde0f831 |
| | round[ 6].key_add | eb185d5341b4fc50c6294342456e7941 |
| | round[ 6].s_box | 3c2a4c38f814b008c7431af468cab67f |
| | round[ 6].diff_lay | 88c39bb29e7a83334998a21901abe928 |
| 7 | round[ 7].start | 88c39bb29e7a83334998a21901abe928 |
| 뒷 페이지에서 계속 | | |

| 전 페이지 이어 계속 | | |
|---|---|---|
| 라운드 | 함수 | 값 |
| | round[ 7].key_add | c9ec56a9f28d1bf8c2fdcf699a77ab44 |
| | round[ 7].s_box | ddd6b9a4891f44f725ba5f27b8260edd |
| | round[ 7].diff_lay | deab0665aacde8aad1c1986ff9967c5e |
| 8 | round[ 8].start | deab0665aacde8aad1c1986ff9967c5e |
| | round[ 8].key_add | 27389555a4ad8063c693293198b8fbf3 |
| | round[ 8].s_box | 3d532a831d46cd31c75ca573e25a0fa5 |
| | round[ 8].diff_lay | 9d8112c94f9e6711187b1a34487ac5e5 |
| 9 | round[ 9].start | 9d8112c94f9e6711187b1a34487ac5e5 |
| | round[ 9].key_add | ab492d653d62dc03ace39a7947a5f0d8 |
| | round[ 9].s_box | 6278fa97270e931b913337bda0bf1790 |
| | round[ 9].diff_lay | 297d76553d4b984f3e8d4ed52464459d |
| 10 | round[10].start | 297d76553d4b984f3e8d4ed52464459d |
| | round[10].key_add | 3f0512f8f777e6c71cae7ee306553de2 |
| | round[10].s_box | 25b9c98926198ef6c42bf333a524275b |
| | round[10].diff_lay | cd372f097eb243c8c0ba6c39b5c7ac23 |
| 11 | round[11].start | cd372f097eb243c8c0ba6c39b5c7ac23 |
| | round[11].key_add | 8d8ad2cfdf7157282b2ae932d166d976 |
| | round[11].s_box | 5df17f459eabda57f118eb6c3e58e5ad |
| | round[11].diff_lay | 55f9a19b5c91e0957b6a4f3049d7bc0c |
| 12 | round[12].start | 55f9a19b5c91e0957b6a4f3049d7bc0c |
| | round[12].key_add | 55710ff433722d9b8432d220586b8f77 |
| | round[12].s_box | edfa763d66dcd83e4f6cb51d5e237326 |
| | round[12].diff_lay | f0cf94f7402d0130ff23055245ef68ea |
| 13 | round[13].start | f0cf94f7402d0130ff23055245ef68ea |
| | round[13].key_add | ff867a3c9f0cf18a2cccfb0fbba44ffd |
| | round[13].s_box | 1684bd0cdb3c2bbb7116633ceaa992a2 |
| | round[13].diff_lay | a01563f5ea1626ad9ac1dcbf6931456e |
| 14 | round[14].start | a01563f5ea1626ad9ac1dcbf6931456e |
| | round[14].key_add | 136b728e3f57254b7e3eada28f57d8f5 |
| | round[14].s_box | 8223401325933f958a9b95fd73936122 |
| | round[14].output | 26449c1805dbe7aa25a468ce263a9e79 |

<표 21> ARIA-192 복호화 예제 벡터

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | round[ 0].input | 26449c1805dbe7aa25a468ce263a9e79 |
| | round[ 1].start | 26449c1805dbe7aa25a468ce263a9e79 |
| | round[ 1].key_add | 8223401325933f958a9b95fd73936122 |
| | round[ 1].s_box | 136b728e3f57254b7e3eada28f57d8f5 |
| | round[ 1].diff_lay | 5b54048fc76461c403ff52e16477b157 |
| 2 | round[ 2].start | 5b54048fc76461c403ff52e16477b157 |
| | round[ 2].key_add | 1684bd0cdb3c2bbb7116633ceaa992a2 |
| | round[ 2].s_box | ff867a3c9f0cf18a2cccfb0fbba44ffd |
| | round[ 2].diff_lay | 595a5a6618a02777ce7fce6bffcbdc45 |
| 3 | round[ 3].start | 595a5a6618a02777ce7fce6bffcbdc45 |
| | round[ 3].key_add | edfa763d66dcd83e4f6cb51d5e237326 |
| | round[ 3].s_box | 55710ff433722d9b8432d220586b8f77 |
| | round[ 3].diff_lay | b87fb2aa74ae123f428c3cb6822a7d1e |
| 4 | round[ 4].start | b87fb2aa74ae123f428c3cb6822a7d1e |
| | round[ 4].key_add | 5df17f459eabda57f118eb6c3e58e5ad |
| | round[ 4].s_box | 8d8ad2cfdf7157282b2ae932d166d976 |
| | round[ 4].diff_lay | f92d7eb098f603bc091b00c8ee992d42 |
| 5 | round[ 5].start | f92d7eb098f603bc091b00c8ee992d42 |
| | round[ 5].key_add | 25b9c98926198ef6c42bf333a524275b |
| | round[ 5].s_box | 3f0512f8f777e6c71cae7ee306553de2 |
| | round[ 5].diff_lay | 33f46d7a7a0569b7c373d04f7dd13717 |
| 6 | round[ 6].start | 33f46d7a7a0569b7c373d04f7dd13717 |
| | round[ 6].key_add | 6278fa97270e931b913337bda0bf1790 |
| | round[ 6].s_box | ab492d653d62dc03ace39a7947a5f0d8 |
| | round[ 6].diff_lay | 9e9cd47c19401ec73b9227226682fbd5 |
| 7 | round[ 7].start | 9e9cd47c19401ec73b9227226682fbd5 |
| | round[ 7].key_add | 3d532a831d46cd31c75ca573e25a0fa5 |
| | round[ 7].s_box | 27389555a4ad8063c693293198b8fbf3 |
| | round[ 7].diff_lay | 67656fb2e07b4b3aba6060f774c622b8 |
| 8 | round[ 8].start | 67656fb2e07b4b3aba6060f774c622b8 |
| | round[ 8].key_add | ddd6b9a4891f44f725ba5f27b8260edd |
| | round[ 8].s_box | c9ec56a9f28d1bf8c2fdcf699a77ab44 |
| | round[ 8].diff_lay | a3c27dc6566ab818d3eb983957f9208c |

뒷 페이지에서 계속

전 페이지 이어 계속

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 9 | round[ 9].start | a3c27dc6566ab818d3eb983957f9208c |
| | round[ 9].key_add | 3c2a4c38f814b008c7431af468cab67f |
| | round[ 9].s_box | eb185d5341b4fc50c6294342456e7941 |
| | round[ 9].diff_lay | 1652a019be58a7188ec5af0ac7ff5f74 |
| 10 | round[10].start | 1652a019be58a7188ec5af0ac7ff5f74 |
| | round[10].key_add | 8c84ff78436e144178410309bb3a691c |
| | round[10].s_box | f086160764cafa7fc1227b0dfe38f9d3 |
| | round[10].diff_lay | bb6d43f2ca960671fd4c0b2fc4f08f57 |
| 11 | round[11].start | bb6d43f2ca960671fd4c0b2fc4f08f57 |
| | round[11].key_add | d943bf3c5a26b0f27d9a6c902a10beba |
| | round[11].s_box | 3529f40cbe99fcb5ff8fb8e0e55e5afd |
| | round[11].diff_lay | 3ab02b45e00bf87d0c26c1c31e692b40 |
| 12 | round[12].start | 3ab02b45e00bf87d0c26c1c31e692b40 |
| | round[12].key_add | 9eff26eacb4f71d47ef356d9e3da72b2 |
| | round[12].s_box | df60f7f7598ba32c8ae7b16f4dcf40d0 |
| | round[12].diff_lay | efa0d929d608d05364f5bd9fdd5332ae |
| 13 | round[13].start | efa0d929d608d05364f5bd9fdd5332ae |
| | round[13].key_add | 78d72ae1725836c2ca22c62df969cae0 |
| | round[13].s_box | bc9f95b1404724057441c740998e10f2 |
| | round[13].diff_lay | 7e8917e7b80abd29dd894fa9b3111b4c |
| 14 | round[14].start | 7e8917e7b80abd29dd894fa9b3111b4c |
| | round[14].key_add | 7ac21ce974be00d2eafd35bd54403539 |
| | round[14].s_box | bd059ca1ca1663a2bba29679fd7f9609 |
| | round[14].output | 00112233445566778899aabbccddeeff |

## 6.6 암/복호화 예제 : 256비트 암호키

본 소절에서는 256비트 키에 대한 암/복호화 결과의 중간값들을 제시하도록 한다. 평문은 128, 192비트의 경우와 동일하며, 키는

000102030405060708090a0b0c0d0e0f101112131415161718191a1b1c1d1e1f

를 사용한 결과를 제시한다.

<표 22> ARIA-256 암호화 예제 벡터

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | round[ 0].input | 00112233445566778899aabbccddeeff |
| | round[ 1].start | 00112233445566778899aabbccddeeff |
| | round[ 1].key_add | 8e2e4292939db8d9d571325a424f3553 |
| | round[ 1].s_box | 19e7f69edc259a7b03aba1e52ccdd95f |
| | round[ 1].diff_lay | 64739617aa297fe46a5146919209e915 |
| 2 | round[ 2].start | 64739617aa297fe46a5146919209e915 |
| | round[ 2].key_add | 18a95a64fd3b85e8f50e0d5d4e28a1f7 |
| | round[ 2].s_box | 34a4be36219897617762d7a4b65732f8 |
| | round[ 2].diff_lay | f01c2fdb0bccbf37a8bf5f2e9c034ffb |
| 3 | round[ 3].start | f01c2fdb0bccbf37a8bf5f2e9c034ffb |
| | round[ 3].key_add | 4de58bc83938c82f845104ccba893484 |
| | round[ 3].s_box | e35ace4a123ab14d5f7a3007f4232886 |
| | round[ 3].diff_lay | c7eebca8e1e6fd2e73e9f57de119d455 |
| 4 | round[ 4].start | c7eebca8e1e6fd2e73e9f57de119d455 |
| | round[ 4].key_add | d0a38b097bb036404376647568b1dd7d |
| | round[ 4].s_box | 60ba3d0d03eb052d64ad4356f76fc1b9 |
| | round[ 4].diff_lay | 6c7ce71dfc22061861546c85a30dbff1 |
| 5 | round[ 5].start | 6c7ce71dfc22061861546c85a30dbff1 |
| | round[ 5].key_add | 364506f8d20a3cc2e3c8389781a89803 |
| | round[ 5].s_box | 05cfa5f7b56a6d05113576150c7ee21b |
| | round[ 5].diff_lay | 97f963953737942369362139 2e83efc9 |
| 6 | round[ 6].start | 97f963953737942369362139 2e83efc9 |
| | round[ 6].key_add | 13f9613ed3a41eaaae62b57270b88de9 |
| | round[ 6].s_box | 824cef10a95d7239be08d50cd05a5da1 |
| | round[ 6].diff_lay | 7a4c3f387ed40316706095ea3ce83f9d |
| 7 | round[ 7].start | 7a4c3f387ed40316706095ea3ce83f9d |
| 뒷 페이지에서 계속 | | |

전 페이지 이어 계속

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| | round[ 7].key_add | bb727ca9bbcdec0ffdde4bded4dd91ec |
| | round[ 7].s_box | ea0c01a4ea82833c549bccf94844ac80 |
| | round[ 7].diff_lay | eab89889e8398c8a38fa340c982de87d |
| 8 | round[ 8].start | eab89889e8398c8a38fa340c982de87d |
| | round[ 8].key_add | 442e5336522d2362a0af480b20d694c2 |
| | round[ 8].s_box | 861aed854840260e47fc524654ec2251 |
| | round[ 8].diff_lay | 9e1d6512590a730035caf4a431d293bb |
| 9 | round[ 9].start | 9e1d6512590a730035caf4a431d293bb |
| | round[ 9].key_add | 0cf6e58e88acfb395f612d62e576c855 |
| | round[ 9].s_box | feb32a69c4fe63aacf87fa08d942b124 |
| | round[ 9].diff_lay | 75cb1bab78f698e5bfb077c2062993b2 |
| 10 | round[10].start | 75cb1bab78f698e5bfb077c2062993b2 |
| | round[10].key_add | 3feff4f884ad5e257af9f164fe35ea4a |
| | round[10].s_box | 25d3bf894f4658f0bd4ca1360cc887c8 |
| | round[10].diff_lay | 203c974b18b7434de855954eb2d058b1 |
| 11 | round[11].start | 203c974b18b7434de855954eb2d058b1 |
| | round[11].key_add | 62dbeb8885aa2e02271786534d19c3ae |
| | round[11].s_box | aa0a3c529739c399cc2bdc5fe377332b |
| | round[11].diff_lay | a5b315cd24206c9c2ed5049bfbc511a3 |
| 12 | round[12].start | a5b315cd24206c9c2ed5049bfbc511a3 |
| | round[12].key_add | f23ee32dffb766b35e8a54d233acd9ca |
| | round[12].s_box | 049b11df7d7033f59dbb20a26644356e |
| | round[12].diff_lay | c6ba5f7201f9596a1d2d3aae33e4fa54 |
| 13 | round[13].start | c6ba5f7201f9596a1d2d3aae33e4fa54 |
| | round[13].key_add | a41e0af74e56551243aa085cb562bb6c |
| | round[13].s_box | 4959a3ea2f2aed5e1a39bf54d50efedf |
| | round[13].diff_lay | fbfe7a26af3be9cb0fa8452af1bb3585 |
| 14 | round[14].start | fbfe7a26af3be9cb0fa8452af1bb3585 |
| | round[14].key_add | bae8c46516b882337cb9f6e514d10d17 |
| | round[14].s_box | c09c1c21ff5a13fb017d425a9b0fd72b |
| | round[14].diff_lay | 6971d8a121818c613e035108d445b44d |
| 15 | round[15].start | 6971d8a121818c613e035108d445b44d |
| | round[15].key_add | 24961f94c1ae743f13e46cb5c78891ff |
| | round[15].s_box | 367bcb04789dcaed7d7db8fec649ac60 |

뒷 페이지에서 계속

전 페이지 이어 계속

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| | round[15].diff_lay | 531d29e52f0e5ab9498ecc4dd299f8f0 |
| 16 | round[16].start | 531d29e52f0e5ab9498ecc4dd299f8f0 |
| | round[16].key_add | 67937d47111c74525fd73b43fa701158 |
| | round[16].s_box | 0a5cff91e3d692888473e22914b88247 |
| | round[16].output | f92bd7c79fb72e2f2b8f80c1972d24fc |

<표 23> ARIA-256 복호화 예제 벡터

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 1 | round[ 0].input | f92bd7c79fb72e2f2b8f80c1972d24fc |
| | round[ 1].start | f92bd7c79fb72e2f2b8f80c1972d24fc |
| | round[ 1].key_add | 0a5cff91e3d692888473e22914b88247 |
| | round[ 1].s_box | 67937d47111c74525fd73b43fa701158 |
| | round[ 1].diff_lay | cb192c3053602e36a4342545a612a8df |
| 2 | round[ 2].start | cb192c3053602e36a4342545a612a8df |
| | round[ 2].key_add | 367bcb04789dcaed7d7db8fec649ac60 |
| | round[ 2].s_box | 24961f94c1ae743f13e46cb5c78891ff |
| | round[ 2].diff_lay | cf41c2755d25c39f578b35c7540c1f66 |
| 3 | round[ 3].start | cf41c2755d25c39f578b35c7540c1f66 |
| | round[ 3].key_add | c09c1c21ff5a13fb017d425a9b0fd72b |
| | round[ 3].s_box | bae8c46516b882337cb9f6e514d10d17 |
| | round[ 3].diff_lay | e8896cfe45cec75347942124d535201f |
| 4 | round[ 4].start | e8896cfe45cec75347942124d535201f |
| | round[ 4].key_add | 4959a3ea2f2aed5e1a39bf54d50efedf |
| | round[ 4].s_box | a41e0af74e56551243aa085cb562bb6c |
| | round[ 4].diff_lay | dc7e886d30d2c974e0ebb305103d062b |
| 5 | round[ 5].start | dc7e886d30d2c974e0ebb305103d062b |
| | round[ 5].key_add | 049b11df7d7033f59dbb20a26644356e |
| | round[ 5].s_box | f23ee32dffb766b35e8a54d233acd9ca |
| | round[ 5].diff_lay | 15cad8053921e366b22527e263ac1655 |
| 6 | round[ 6].start | 15cad8053921e366b22527e263ac1655 |
| | round[ 6].key_add | aa0a3c529739c399cc2bdc5fe377332b |
| | round[ 6].s_box | 62dbeb8885aa2e02271786534d19c3ae |
| | round[ 6].diff_lay | c99046c53a2a4e5d0fe0777d157e4210 |

뒷 페이지에서 계속

전 페이지 이어 계속

| 라운드 | 함수 | 값 |
|---|---|---|
| 7 | round[ 7].start | c99046c53a2a4e5d0fe0777d157e4210 |
| | round[ 7].key_add | 25d3bf894f4658f0bd4ca1360cc887c8 |
| | round[ 7].s_box | 3feff4f884ad5e257af9f164fe35ea4a |
| | round[ 7].diff_lay | 7e4b14fdd83b2d9cff53fa40030299f3 |
| 8 | round[ 8].start | 7e4b14fdd83b2d9cff53fa40030299f3 |
| | round[ 8].key_add | feb32a69c4fe63aacf87fa08d942b124 |
| | round[ 8].s_box | 0cf6e58e88acfb395f612d62e576c855 |
| | round[ 8].diff_lay | 7dfe7a68e5210f2d45e2409637446d10 |
| 9 | round[ 9].start | 7dfe7a68e5210f2d45e2409637446d10 |
| | round[ 9].key_add | 861aed854840260e47fc524654ec2251 |
| | round[ 9].s_box | 442e5336522d2362a0af480b20d694c2 |
| | round[ 9].diff_lay | 0af1fe0ac7fb646606dbdf4eb80d3d28 |
| 10 | round[10].start | 0af1fe0ac7fb646606dbdf4eb80d3d28 |
| | round[10].key_add | ea0c01a4ea82833c549bccf94844ac80 |
| | round[10].s_box | bb727ca9bbcdec0ffdde4bded4dd91ec |
| | round[10].diff_lay | 91a588a05488541d077338fa399af522 |
| 11 | round[11].start | 91a588a05488541d077338fa399af522 |
| | round[11].key_add | 824cef10a95d7239be08d50cd05a5da1 |
| | round[11].s_box | 13f9613ed3a41eaaae62b57270b88de9 |
| | round[11].diff_lay | 0a3a6aef6ea7c7cd77df1ab94c3ac71d |
| 12 | round[12].start | 0a3a6aef6ea7c7cd77df1ab94c3ac71d |
| | round[12].key_add | 05cfa5f7b56a6d05113576150c7ee21b |
| | round[12].s_box | 364506f8d20a3cc2e3c8389781a89803 |
| | round[12].diff_lay | 0d678661d5042bdcf0cb803f6343d143 |
| 13 | round[13].start | 0d678661d5042bdcf0cb803f6343d143 |
| | round[13].key_add | 60ba3d0d03eb052d64ad4356f76fc1b9 |
| | round[13].s_box | d0a38b097bb036404376647568b1dd7d |
| | round[13].diff_lay | 1d5bea5d7d63d073e0358b7a3539ccb9 |
| 14 | round[14].start | 1d5bea5d7d63d073e0358b7a3539ccb9 |
| | round[14].key_add | e35ace4a123ab14d5f7a3007f4232886 |
| | round[14].s_box | 4de58bc83938c82f845104ccba893484 |
| | round[14].diff_lay | 5177e22f06f18f9eb71a3a8aae6b2d6b |
| 15 | round[15].start | 5177e22f06f18f9eb71a3a8aae6b2d6b |
| | round[15].key_add | 34a4be36219897617762d7a4b65732f8 |

뒷 페이지에서 계속

| | | 전 페이지 이어 계속 |
|---|---|---|
| 라운드 | 함수 | 값 |
| | round[15].s_box | 18a95a64fd3b85e8f50e0d5d4e28a1f7 |
| | round[15].diff_lay | 6ecb38128765cf8676bdaaca83c1483a |
| 16 | round[16].start | 6ecb38128765cf8676bdaaca83c1483a |
| | round[16].key_add | 19e7f69edc259a7b03aba1e52ccdd95f |
| | round[16].s_box | 8e2e4292939db8d9d571325a424f3553 |
| | round[16].output | 00112233445566778899aabbccddeeff |

# 참고 문헌


[1] Kazumaro Aoki, Tetsuya Ichikawa, Masayuki Kanda, Mitsuru Matsui, Shiho Moriai, Junko Nakajima, and Toshio Tokita, Camellia: A 128-bit block cipher suitable for multiple platforms - design and analysis, LNCS 2012 , pages 39–56. Springer, 2000.

[2] Joan Daemen and Vincent Rijmen, *The Design of Rijndael*. Springer, 2001.

[3] J. Daemen, V. Rijnmen, *AES proposal: Rijndael (2nd Version)*, AES Submission, 1999.

[4] A. Menezes, P. van Oorshot, S. Vanstone, *Handbook of Applied Cryptography*, CRC Press, New York, 1997, pp.81–83.

[5] NIST FIPS PUB 46: Data Encryption Standard, January, 1977.

[6] NIST FIPS PUB 197: Advanced Encryption Standard, November, 2001.

[7] NESSIE Project, New European Schemes for Signatures, Integrity and Encryption, Homepage-avaiable at http://cryptonessie.org.