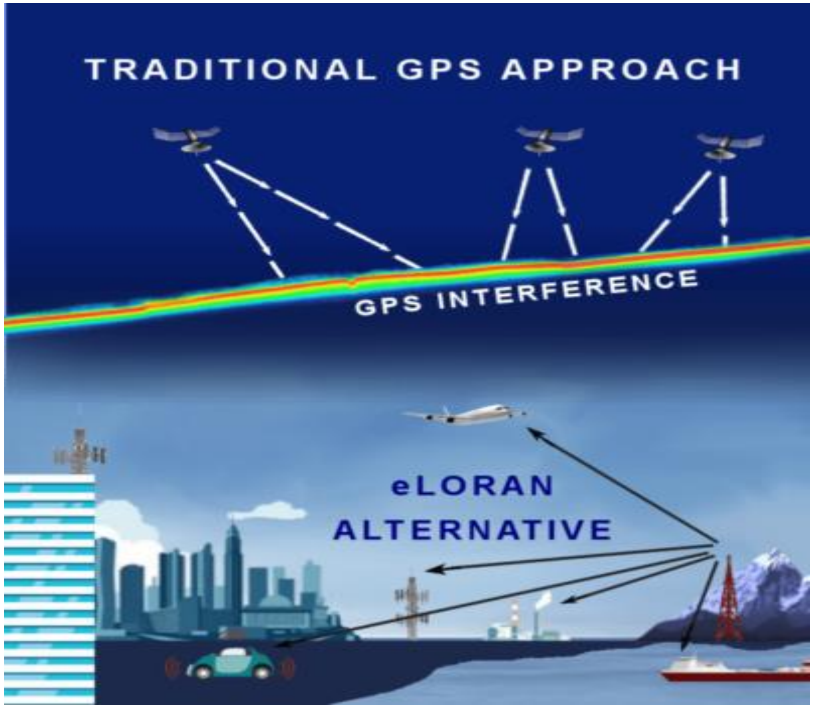
Practical Consideration for Reed-Solomon encoder in Eurofix

Yonsei University

School of Electrical and Electronic Engineering

조현우, 김강산, Zhi Jing, 송홍엽*

서론



- Eurofix는 Loran-C 항법 신호를 기반으로 저주파, 고전력 지상파 항법 시스템
- Global navigation satellite system (GNSS) 등장으로 그 중요성이 낮아짐
- 전파교란 및 간섭에 취약한 GNSS를 보완/독립적인 PNT 정보 제공 시스템의 필요성 대두
- 현대화 Loran-C 시스템인 enhanced Loran (eLoran) 시스템 구축
- eLoran 신호는 다른 반복율 신호 간 발생 간섭을 Reed-Solomon (RS) 부호를 통해 오류율 낮춤
- 본 논문은 eLoran 오류정정부호인 RS 부호의 데이터 표현 및 구현 시 고려사항에 대해 소개

본론

- eLoran 신호의 (30,10) Reed-Solomon 부호
  - Primitive polynomial $p(x) = x^7 + x^3 + 1$ 통해 정의된 $GF(2^7)$ 원소를 심볼로 표현
  - Generator polynomial : $g(x) = \prod_{i=1}^{20}(x - \alpha^i)$

	MSB				LSB
$Coefficient$	S_n	S_{n-1}	$\cdots$	S_1	S_0
$Multiple\ with$	x^{n-1}	x^{n-2}	$\cdots$	x^1	x^0

$Transmit\ order$

- (30,10) Reed-Solomon 부호화 과정

Step 1 : 7-bit 데이터를 원시 다항식을 통한 $GF(2^7)$ 원소인 심볼로 변환

Step 2 : Step 1에서 얻은 심볼 표현을 내림차순으로 대응된 다항식으로 변환

Step 3 : Step 2에서 얻은 다항식에 x^{20} 을 곱함

Step 4 : Step 3에서 얻은 다항식을 생성 다항식으로 나눔

Step 5 : Step 3과 Step 4에서 얻은 다항식을 더함

Step 6 : Step 5에서 얻든 다항식을 $GF(2^7)$ 원소인 심볼 또는 7-bit 데이터로 변환

본론

7-bit data to decimal (spec)		Elements of $GF(128) = GF(2^7)$	7-bit data to decimal (conventional)	
7-bit data	ex-decimal		7-bit data (polynomial coefficient)	pc-decimal
0000000	0	α^0	0000001	1
0000001	1	α^1	0000010	2
0000010	2	α^2	0000100	4
0000011	3	α^3	0001000	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0011111	31	α^{31}	0000011	3
0100000	32	α^{32}	0000110	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1111100	124	α^{124}	0010001	125
1111101	125	α^{125}	0100010	126
1111110	126	α^{126}	1000100	127
1111111	127	0	0000000	0

- eLoran specification :
  "The relationship between $GF(128)$ elements and binary data should be to consider the value of the power of as a 7-bit binary value converted to decimal. The symbol "0" should correspond to a 7-bit value of 127."

본론

7-bit data to decimal (spec)		Elements of $GF(128) = GF(2^7)$	7-bit data to decimal (conventional)	
7-bit data	ex-decimal		7-bit data (polynomial coefficient)	pc-decimal
0000000	0	α^0	0000001	1
0000001	1	α^1	0000010	2
0000010	2	α^2	0000100	4
0000011	3	α^3	0001000	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0011111	31	α^{31}	0000011	3
0100000	32	α^{32}	0000110	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1111100	124	α^{124}	0010001	125
1111101	125	α^{125}	0100010	126
1111110	126	α^{126}	1000100	127
1111111	127	0	0000000	0

- 대부분 오류정정부호의 교재 :
  - 고정된 원시 다항식의 원시 원소 α 및 α로 표현되는 $GF(128)$의 원소들은 $\alpha^6, \alpha^5, \alpha^4, \alpha^3, \alpha^2, \alpha^1, \alpha^0 = 1$로 유일한 방법의 다항식 표현
  - 계수는 $GF(2)$의 원소

본론

7-bit data to decimal (spec)		Elements of $GF(128) = GF(2^7)$	7-bit data to decimal (conventional)	
7-bit data	ex-decimal		7-bit data (polynomial coefficient)	pc-decimal
0000000	0	α^0	0000001	1
0000001	1	α^1	0000010	2
0000010	2	α^2	0000100	4
0000011	3	α^3	0001000	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0011111	31	α^{31}	0000011	3
0100000	32	α^{32}	0000110	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1111100	124	α^{124}	0010001	125
1111101	125	α^{125}	0100010	126
1111110	126	α^{126}	1000100	127
1111111	127	0	0000000	0

- eLoran specification에서 언급된 7-bit 데이터와 $GF(128)$ 원소인 심볼과의 변환 관계
  - Specification 방식이 직관적으로 자연스러워 보이나, 연산법칙이 <u>대수적으로 부자연스러움</u>
  - Conventional 방식은 연산법칙을 설명하는 방법이 <u>대수적으로 자연스러움</u>

본론

7-bit data to decimal (spec)		Elements of $GF(128) = GF(2^7)$	7-bit data to decimal (conventional)	
7-bit data	ex-decimal		7-bit data (polynomial coefficient)	pc-decimal
0000000	0	α^0	0000001	1
0000001	1	α^1	0000010	2
0000010	2	α^2	0000100	4
0000011	3	α^3	0001000	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0011111	31	α^{31}	0000011	3
0100000	32	α^{32}	0000110	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1111100	124	α^{124}	0010001	125
1111101	125	α^{125}	0100010	126
1111110	126	α^{126}	1000100	127
1111111	127	0	0000000	0

- '0000001'과 '0000010'의 연산 예시

Specification

- $\alpha^1 \leftarrow$ '0000001', $\alpha^2 \leftarrow$ '0000010'
- $\alpha^{32} = \alpha^1 + \alpha^2$, $\alpha^3 = \alpha^1 \times \alpha^2$

$\neq$

Conventional

$\alpha^0 \leftarrow$ '0000001', $\alpha^1 \leftarrow$ '0000010'

$\alpha^{31} = \alpha^0 + \alpha^1$, $\alpha^1 = \alpha^0 \times \alpha^1$

본론

(1)

(2)

7-bit data to decimal (spec)		Elements of $GF(128) = GF(2^7)$	7-bit data to decimal (conventional)	
7-bit data	ex-decimal		7-bit data (polynomial coefficient)	pc-decimal
0000000	0	α^0	0000001	1
0000001	1	α^1	0000010	2
0000010	2	α^2	0000100	4
0000011	3	α^3	0001000	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0011111	31	α^{31}	0000011	3
0100000	32	α^{32}	0000110	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1111100	124	α^{124}	0010001	125
1111101	125	α^{125}	0100010	126
1111110	126	α^{126}	1000100	127
1111111	127	0	0000000	0

(3)

감사합니다.