Criptografie și Securitate

- Prelegerea 9.2 -
Advanced Encryption Standard - AES

Adela Georgescu, Ruxandra F. Olimid

Facultatea de Matematică și Informatică
Universitatea din București

Cuprins

AES - Advanced Encryption Standard

- ianuarie 1997 - NIST anunță competiția pentru selecția unui nou sistem de criptare bloc care să înlocuiască DES;

AES - Advanced Encryption Standard

- ianuarie 1997 - NIST anunță competiția pentru selecția unui nou sistem de criptare bloc care să înlocuiască DES;
- septembrie 1997 - 15 propuneri: CAST-256, CRYPTON, DEAL, DFC, E2, FROG, HPC, LOKI97, MAGENTA, MARS, RC6, Rijndael, SAFER+, Serpent, and Twofish;

AES - Advanced Encryption Standard

- ianuarie 1997 - NIST anunță competiția pentru selecția unui nou sistem de criptare bloc care să înlocuiască DES;
- septembrie 1997 - 15 propuneri: CAST-256, CRYPTON, DEAL, DFC, E2, FROG, HPC, LOKI97, MAGENTA, MARS, RC6, Rijndael, SAFER+, Serpent, and Twofish;
- 1998, 1999 - au loc 2 workshop-uri în urma carora ramân 5 finaliști: MARS, RC6, Rijndael, Serpent, Twofish;

AES - Advanced Encryption Standard

- ianuarie 1997 - NIST anunță competiția pentru selecția unui nou sistem de criptare bloc care să înlocuiască DES;
- septembrie 1997 - 15 propuneri: CAST-256, CRYPTON, DEAL, DFC, E2, FROG, HPC, LOKI97, MAGENTA, MARS, RC6, Rijndael, SAFER+, Serpent, and Twofish;
- 1998, 1999 - au loc 2 workshop-uri în urma carora ramân 5 finaliști: MARS, RC6, Rijndael, Serpent, Twofish;
- octombrie 2000 - după un al treilea workshop se anunță câștigătorul: Rijndael.

AES - Advanced Encryption Standard

[Google Scholar - User profiles]

[`http://keccak.noekeon.org/team.html`]

Rijndael = **Rij**men + **Dae**men

Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare pe 128 biți care poate folosi chei de 128, 192 sau 256 biți;

Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare pe 128 biți care poate folosi chei de 128, 192 sau 256 biți;
- Lungimea cheii determină numărul de runde:

Lungime cheie (biți)	128	192	256
Număr runde	10	12	14

Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare pe 128 biți care poate folosi chei de 128, 192 sau 256 biți;
- Lungimea cheii determină numărul de runde:

Lungime cheie (biți)	128	192	256
Număr runde	10	12	14

- Folosește o matrice de octeți 4×4 numită **stare**;

Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare pe 128 biți care poate folosi chei de 128, 192 sau 256 biți;
- Lungimea cheii determină numărul de runde:

Lungime cheie (biți)	128	192	256
Număr runde	10	12	14

- Folosește o matrice de octeți 4×4 numită **stare**;
- Starea inițială este mesajul clar ($4 \times 4 \times 8 = 128$);

Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare pe 128 biți care poate folosi chei de 128, 192 sau 256 biți;
- Lungimea cheii determină numărul de runde:

Lungime cheie (biți)	128	192	256
Număr runde	10	12	14

- Folosește o matrice de octeți 4×4 numită **stare**;
- Starea inițială este mesajul clar ($4 \times 4 \times 8 = 128$);
- Starea este modificată pe parcursul rundelor prin 4 tipuri de operații: *AddRoundKey*, *SubBytes*, *ShiftRows*, *MixColumns*;

Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare pe 128 biți care poate folosi chei de 128, 192 sau 256 biți;
- Lungimea cheii determină numărul de runde:

Lungime cheie (biți)	128	192	256
Număr runde	10	12	14

- Folosește o matrice de octeți 4×4 numită **stare**;
- Starea inițială este mesajul clar ($4 \times 4 \times 8 = 128$);
- Starea este modificată pe parcursul rundelor prin 4 tipuri de operații: *AddRoundKey*, *SubBytes*, *ShiftRows*, *MixColumns*;
- Ieșirea din ultima rundă este textul criptat.

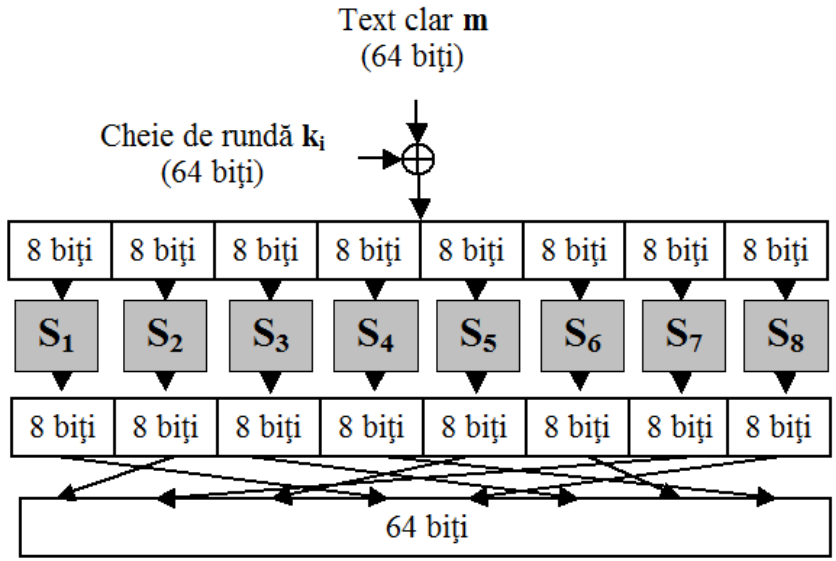
Descriere AES

- Rijndael Animation - CrypTool Project:

[http://www.cryptool.org/en/]

Descriere AES

- Să ne reamintim exemplul de rețea de substituție - permutare prezentat în cursurile anterioare:
  1. XOR cu cheia de rundă;
  2. aplicarea S-box-urilor pentru a obține *confuzie*;
  3. amestecarea biților pentru a obține *difuzie*.



Descriere AES

- AES este o rețea de substituție - permutare:
  - **AddRoundKey**: XOR cu cheia de rundă;
  - **SubBytes**: fiecare octet este înlocuit de un alt octet conform tabelei de substituție S-box (unică pentru AES!);
  - **ShiftRows** și **MixColumns**: *amestecarea* biților presupune mai mult decât o simplă permutare, folosind o transformare liniară pe biți.

Securitatea sistemului AES

- Singurele atacuri netriviale sunt asupra AES cu număr redus de runde:
  - AES-128 cu 6 runde: necesită 2^{72} criptări;
  - AES-192 cu 8 runde: necesită 2^{188} criptări;
  - AES-256 cu 8 runde: necesită 2^{204} criptări.

Securitatea sistemului AES

- Singurele atacuri netriviale sunt asupra AES cu număr redus de runde:
  - AES-128 cu 6 runde: necesită 2^{72} criptări;
  - AES-192 cu 8 runde: necesită 2^{188} criptări;
  - AES-256 cu 8 runde: necesită 2^{204} criptări.
- Nu există un atac mai eficient decât căutarea exhaustivă pentru AES cu număr complet de runde.

Securitatea sistemului AES

- Singurele atacuri netriviale sunt asupra AES cu număr redus de runde:
  - AES-128 cu 6 runde: necesită 2^{72} criptări;
  - AES-192 cu 8 runde: necesită 2^{188} criptări;
  - AES-256 cu 8 runde: necesită 2^{204} criptări.
- Nu există un atac mai eficient decât căutarea exhaustivă pentru AES cu număr complet de runde.

"It is free, standardized, efficient, and highly secure."

(J.Katz, Y.Lindell, *Introduction to Modern Cryptography*)

Important de reținut!

- AES este standard actual NIST;
- AES are la bază algoritmul Rijndael, fiind o rețea de substituție-permutare;
- Pentru AES cu număr complet de runde nu se cunoaște nici un atac mai eficient decât căutarea exhaustivă.