

## КОДУВАННЯ ЦИФРОВОГО ПОТОКУ МЕРЕЖЕВОГО РІВНЯ ЗА ПРИНЦИПАМИ ФОРМАЛЬНОЇ ГРАМАТИКИ

*Тихонов Віктор, Тахер Абулла, Тихонова Олена*

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

### Анотація

*Розглядаються питання застосування принципів формальної граматики для формування мультимедійного цифрового потоку на мережевому рівні моделі OSI з метою обґрунтування уніфікованого способу між-мережевої взаємодії. Комутатори цифрового потоку виконують роль абстрактних автоматів.*

### Abstract

*The issues of formal grammar application discussed with respect to multimedia digital flow shaping on the OSI network layer aimed to justify a uniformed method of internetworking. Switches of digital streams act as abstract automats.*

### Вступ

Міграція сучасних телекомунікаційних систем та мереж у напрямку мереж наступного покоління (NGN) стикається з відомими труднощами забезпечення якості обслуговування (QoS) у додатках реального часу, а також в системах між-машинної взаємодії (M2M). Зазначені труднощі частково долаються в межах окремих автономних систем або мереж на каналному рівні. Однак головна проблема виникає на рівні між-мережевої взаємодії, оскільки найбільш поширений на сьогодні протокол IP не має дієвих механізмів забезпечення QoS при передачі даних реального часу. Традиційні методи в моделях IntServ та DiffServ, а також протоколи резервування ресурсів RSVP та NSIS, виявилися занадто складними і недостатньо масштабованими для широкого практичного застосування [1]. Популярна концепція програмно конфігурованих мереж SDN [2] отримала позитивні результати у деяких напрямках, зокрема, адмініструванні центрів обробки даних певних компаній, втім, даний підхід ускладнює управління, має суттєві затримки зворотного зв'язку, а також викликає запитання щодо системної надійності.

В останні роки, принцип побудови різних типів сервісу поверх IP (All Over IP) отримав подальший розвиток в мережах мобільного зв'язку 4G на основі технології передачі мови по LTE (VoLTE); тим не менш, ця технологія не повністю еквівалентна техніці передачі мови поверх IP (VoIP), оскільки підтримує віртуальні мовні з'єднання лише в межах конкретної автономної системи (AS). Таким чином, інтеграція телекомунікаційних послуг на основі пакетної передачі даних залишається актуальною науково-технічною задачею. *Метою даної роботи є обґрунтування уніфікованого способу кодування цифрового потоку мережевого рівня за принципами формальної граматики.*

### Цифровий потік як текст формальної граматики

Розглянемо послідовний цифровий потік у телекомунікаційному каналі (рівень L2 моделі OSI) у вигляді напівнескінченної упорядкованої множини символів  $\alpha := \{\alpha_n\}$ ,  $0 \leq n < +\infty$  деякої формальної граматики  $G := \langle Alphabet, C \rangle$  з алфавітом  $Alphabet := \langle S, L \rangle$  та правилами виводу (командами)  $C$ , де  $S$  – множина синтаксичних знаків;  $L$  – множина літер алфавіту  $Alphabet$ .

Вважатимемо, що послідовність  $\alpha := \{\alpha_n\}$  проходить скрізь інтерпретатор цифрового потоку, що являє собою кінцевий автомат  $A(C)$  з обмеженою множиною команд  $C$ , рис.1. На мережевому рівні моделі OSI, потік символів  $\alpha := \{\alpha_n\}$  вважатимемо послідовністю окремих речень  $R(C, D)$ , утворених командами  $c \in C$  та сегментами інформаційних даних  $d \in D$ ; кожне речення починається з команди і може супроводжуватися одним або декількома сегментами даних. Прості речення складаються лише з одних команд. Речення не мають обмежень довжини.

Кожна команда починається ключовим словом команди (СК – command keyword) і супроводжується одним або декількома операндами команд (СО – command operand); прості команди утворюються лише одним ключовим словом команди. Ключові слова команд є зарезервованими семантичними одиницями формальної граматики; вони утворюються комбінаціями з одного або декількох синтаксичних знаків та літер алфавіту. Множина команд  $C$  містить команду Reset, яка переводить автомат  $A(C)$  у початковий стан  $\text{Reset}(A) \rightarrow A_0$ , а також деякі спеціальні команди (Start / Stop, Pause / Continue тощо), які знаходяться поза межами формальної граматики (наприклад, реалізуються фізично кнопками управління). Ключові слова команд і самі команди мають обмежену довжину; максимальний розмір ключового слова команди СК визначає розмір переміщуваного вікна СКВ для детектування СК (див. рис.1). Так само, максимальний розмір команди  $c \in C$  визначає відповідний розмір вікна СВ детектування команди.

Кінцева множина послідовних речень утворює змістовний текст (або файл) формальної граматики; з точки зору функціонування кінцевого автомата, даний текст є формалізованим програмним алгоритмом що керує даним автоматом.

Достатньо очевидно, що мінімальний алфавіт формальної граматики складається з двох символів (один синтаксичний знак – умовно пробіл) та одна літера. Команди утворюються комбінацією одного пробілу та декількох літер; кожна команда відрізняється від інших кількістю літер. За таким синтаксисом, множина можливих операндів для команд є суттєво обмеженою. Відома машина Тьюринга розпізнає послідовність, утворену трьома можливими символами – одним синтаксичним знаком (пробіл) та двома літерами (нуль та одиниця).

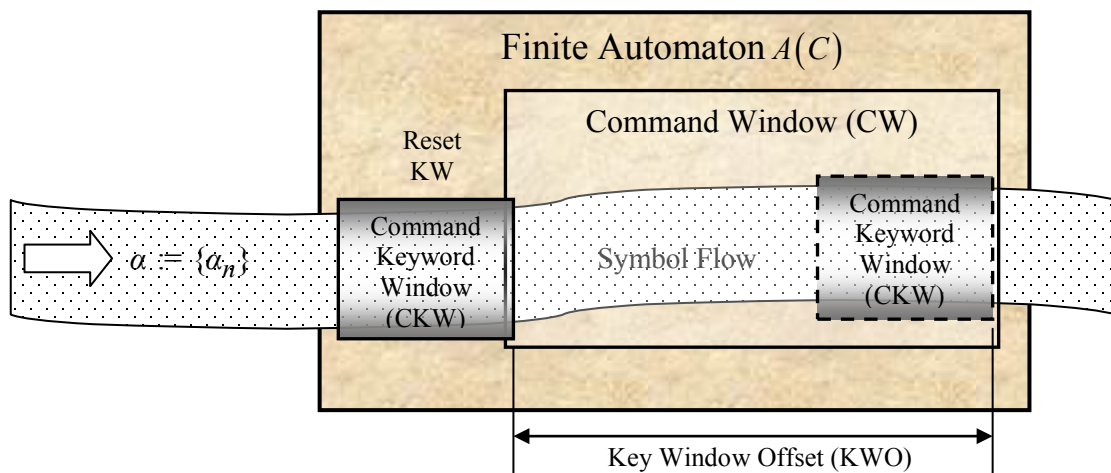


Рисунок 1 – Інтерпретація потоку символів кінцевим автоматом

Узагальнений алгоритм роботи автомату  $A(C)$  на рис.1 полягає у наступному. Спочатку по команді Reset вікно ключа команди СКW переміщується у крайнє ліве положення, після чого починає накопичуватися послідовність символів у цьому вікні (яке просувається праворуч на одну позицію з кожним введеним символом. Після введення кожного нового символу у вікно СКW перевіряється наявність ключового слова команди СК; у разі розпізнавання СК, вікно СКW скорочується до розміру СК, і далі просувається праворуч для розпізнавання усіх необхідних операндів команди. В разі успішної ідентифікації команди, вона виконується, тобто змінюється внутрішній стан автомату  $A(C)$ , який далі функціонує згідно модифікованого способу обробки даних (тобто обробляє вхідні інформаційні сегменти даних аж до кінця поточного речення).

Сучасні методи кодування інформації на фізичному рівні (наприклад, OFDM) дозволяють передавати символи з алфавітом 2, 4, 16, 64, ... символів, в якому кількість символів є ступінь двійки. Відомо, що найбільш інформативним (оптимальним)

кодуванням є утворення чисел за трансцендентною основою  $e = \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n$ .

Найбільш наближена до оптимального (майже-оптимальна) ціла основа є число 3. В роботі [3] запропоновано трійкове кодування розрядів символів передачі даних на першому підрівні фізичного рівня, що дозволяє простим шляхом реалізувати алгоритм машини Тьюринга на цьому підрівні. Як відомо, машина Тьюринга дозволяє реалізувати достатньо повний обсяг алгоритмічних задач, однак має невисоку ефективність практичного застосування, оскільки містить обмежений алфавіт з трьох символів і лише один синтаксичний знак. Чим багатший алфавіт граматики, тим простіше і коротше виглядають окремі речення і загальний формалізований текст; втім реалізація багато символного алфавіту має технічні складнощі надійного розпізнавання окремих літер за умови впливу випадкових завад при передачі символів через комунікаційні канали.

В даній роботі запропоновано уніфікований спосіб кодування цифрового потоку мережевого рівня за принципами формальної граматики, яка має відкритий алфавіт що утворюється на другому підрівні фізичного рівня за рахунок того, що цифровий потік передається символами з динамічно змінюваною кількістю трійкових розрядів (від одного і більше) в залежності від поточної пропускної спроможності каналу зв'язку. Так, у разі двох трійкових розрядів алфавіт має 9 символів, з яких чотири використовуються для передачі двох біт змістовної інформації, а п'ять символів є синтаксичними знаками для побудови ключових слів, команд і речень формальної граматики.

Канальний рівень забезпечує передачу потоку символів між суміжними вузлами транспортної мережі (наприклад, за допомогою синхронних фреймів Ethernet). Драйвери мережевого рівня інтерпретують потік символів як змістовний текст, що містить команди та інформаційні блоки. Такий підхід розширює можливості створення множини прикладних протоколів управління мультимедійними потоками на базі декількох нормалізованих протоколів базового підрівня.

### Список використаних джерел:

1. Analysis of existing Quality of Service signaling protocols (RFC 4094). – 2005. – Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc4094>.
2. Packet and Circuit Network Convergence with OpenFlow / S.Das, G.Parulkar, N.McKeown and others. – Available at: [http://yuba.stanford.edu/~nickm/papers/Openflow-OFC10\\_invited.pdf](http://yuba.stanford.edu/~nickm/papers/Openflow-OFC10_invited.pdf).
3. Tikhonov V.I. Orthogonal Quasi Harmonic Piecewise Linear Functions Based on IQ Modulation Technique / V.I.Tikhonov, A.Taher // Proceedings of the 13th international conference "Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science" TCSET-2016 (February 23-26, 2016). – Lviv-Slavske, 2016. – p.47-51.