

# ***Parsing Incremental para Acompanhamento em Tempo Real***

**Giordano Cabral<sup>1</sup>, Jean-Pierre Briot<sup>1</sup>, François Pachet<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Informatique de Paris 6 – Université Pierre et Marie Curie  
8 Rue du Capitaine Scott 75018 Paris – France

<sup>2</sup>Sony Computer Science Lab Paris  
6 Rue Amyot 75005 Paris – France

{Giordano.CABRAL, Jean-Pierre.BRIOT}@lip6.fr, pachet@csl.sony.fr

**Abstract.** *The incremental parsing (IP) algorithm has been successfully used in real-time applications, due to its efficiency and power of modeling musical style. Musical systems using IP can continue phrases played by a musician in a consistent way. This paper proposes some alterations in the original algorithm in order to allow the development of systems able to respect adaptation and continuity in musical accompaniment.*

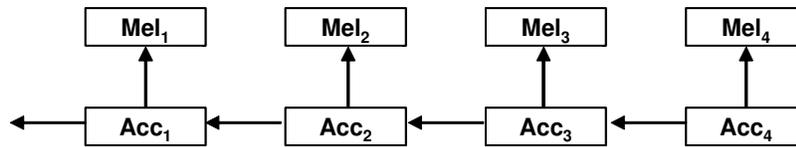
**Resumo.** *O algoritmo de parsing incremental tem sido usado para o desenvolvimento de aplicações musicais em tempo real devido à sua eficiência e capacidade de modelar estilos musicais. Esta capacidade permite a tais sistemas continuarem frases tocadas por um músico, coerentemente ao estilo destas. Este artigo propõe uma alteração no algoritmo de modo a permitir o desenvolvimento de sistemas que além de guardar uma coerência estilística, se adaptem ao que está sendo tocado pelos outros músicos, características básicas do acompanhamento.*

## **1. Introdução e Problemática**

A análise estatística de um corpus de material musical indica possibilidades de recombinação que se adequam às restrições e redundâncias típicas de um determinado modelo. Foi comprovado que a construção de cadeias de Markov [Dubnov et al. 1998] a partir de uma base de exemplos é um tipo de aprendizagem bastante eficaz para modelar o comportamento dinâmico de melodias. Este paradigma foi utilizado tanto na classificação de estilos musicais [Lartillot et al. 2001] quanto em sistemas interativos [Pachet 2002]. Estes últimos são capazes, por exemplo, de continuar frases tocadas por um músico, coerentemente ao estilo destas. Para implementar eficientemente as cadeias de Markov, é utilizado o algoritmo de *parsing* incremental (PI) [Ziv and Lempel 1977], projetado inicialmente como método de compressão.

O presente trabalho toma como ponto de partida o *Continuator*, o estado da arte de tais sistemas. O projeto explorou diversos modos de interação possíveis, como o de questão-resposta, mas mostrou-se particularmente deficiente no modo de acompanhamento. De fato, a dificuldade encontra-se em ser capaz ao mesmo tempo de gerar frases musicais coerentes a um determinado estilo, e de adaptar-se ao que está sendo tocado pelos outros músicos. A Figura 1 ilustra esse problema no caso de um

sistema destinado a acompanhar uma melodia cantada. Os acordes escolhidos para realizar o acompanhamento devem manter uma continuidade, mas também se encaixarem à melodia que está sendo tocada. No caso de um sistema em tempo real, uma dificuldade a mais é encontrada: não se sabe à priori o que vai ser cantado. Neste caso, o algoritmo deve ter a capacidade, além de adaptação e continuidade, de predição.



**Figura 1 – relação de dependência no acompanhamento. Os acordes dependem não só dos acordes anteriores mas também da melodia que está sendo tocada.**

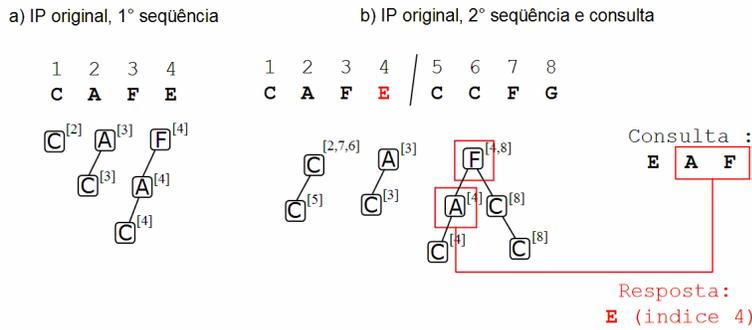
Este trabalho propõe uma alteração no algoritmo de PI de forma que ele seja capaz de também levar em consideração a adaptação aos demais instrumentos. Com isso, acreditamos que o método será apropriado para ser utilizado em sistemas de acompanhamento musical. A próxima seção descreve o PI tradicional. A seção 3 apresenta os diversos compromissos possíveis entre adaptação, continuidade e predição apresentados por músicos no momento do acompanhamento. A seção 4 descreve as alterações possíveis no *parsing* incremental.

## 2. *Parsing* Incremental

Este algoritmo provém da fase de análise das técnicas de compressão Lempel-Ziv [Ziv and Lempel 1977]. Desde que a música seja interpretada como uma seqüência de notas, a técnica é aplicável. O algoritmo original é dividido em duas partes: primeiro, ele lê a seqüência de entrada e gera um modelo que captura a redundância. Em seguida, ele gera o código comprimido desta seqüência com relação ao modelo. Em um sistema interativo, a segunda parte é substituída por uma simulação estocástica do modelo a fim de produzir novas seqüências.

O PI lê a seqüência incrementalmente. A cada ciclo, ele escolhe o padrão mais curto que ainda não existe no dicionário de sub-padrões, e o adiciona. Uma representação otimizada é uma árvore de sufixos onde os contextos são invertidos (i.e. da folha à raiz), e as continuações são armazenadas como índices associados a cada nó. Para pesquisar uma seqüência, basta navegar na árvore de sufixos. A Figura 2 ilustra o funcionamento do algoritmo.

Suponhamos que queiramos construir o modelo relativo às seqüências [C,A,F,E] seguida por [C,C,F,G]. Primeiro, o algoritmo lê a subseqüência [C,A,F], cuja continuação tem índice 4. O ramo [C,A,F], onde cada elemento possui o valor 4 como continuação. Em seguida, é lida a subseqüência [C,A], cuja continuação tem índice 3. Finalmente a subseqüência [C] é lida, criando o último ramo (a árvore completa é a Figura 2a). Em seguida, uma nova seqüência, [C,C,F,G], é observada. O mesmo processo é feito. O ramo [C,C,F], por exemplo, é anexado ao ramo [C,A,F], que tem a mesma raiz. A árvore final é mostrada na Figura 2b. Este mecanismo faz com que apenas uma nova informação seja adicionada. Para procurar uma continuação, basta navegar na árvore, procurando a maior subseqüência. Por exemplo, para a seqüência [E,A,F], a resposta é a continuação de índice 4 (E), referente à subseqüência [A,F].



**Figura 2 – árvores de sufixos geradas pelo IP para as seqüências [C,A,F,E] e [C,C,F,G], e consulta à mesma. Em vermelho, a resposta.**

### 3. Acompanhamento Musical

É extremamente difícil criar um sistema de acompanhamento musical interativo, em tempo real, sobretudo se a música não é conhecida à priori. Nós pretendemos modelar e comparar 3 comportamentos diferentes do acompanhador que nós julgamos particularmente pertinentes, combinando de maneiras diferentes predição, adaptação e continuidade.

1. Predição/Recuperação – de acordo com a melodia que foi tocada, prevê-se uma continuação. Em seguida, procura-se um acompanhamento para esta continuação. A continuidade é mantida à medida que a melodia segue o caminho previsto.
2. Recuperação/Predição – de acordo com a melodia que foi tocada, procura-se um acompanhamento. Em seguida, procura-se uma continuação para este acompanhamento. A continuidade do acompanhamento é naturalmente respeitada, mas a adaptação à melodia não é mais garantida.
3. Conjunta – a melodia e o acompanhamento são vistos como uma única entidade, onde a predição, a adaptação e a continuidade são pensadas simultaneamente.

### 4. Parsing Incremental Alterado

Para cada um dos comportamentos acima, nós previmos um algoritmo alterado. Para o comportamento 1, nossa proposição é alterar a estrutura das árvores de sufixos (Figura 3). Ao invés de armazenar as possíveis continuações, seriam armazenados os possíveis acompanhamentos. Para o comportamento 2, nossa proposição é criar duas árvores de sufixos separadas, uma para a melodia, outra para o acompanhamento (Figura 4). Cada folha da árvore referente à melodia apontaria para um nó na árvore relativa aos acordes. Para o comportamento 3, nossa proposição é mixar os estados. Cada elemento da seqüência não seria mais uma única nota (da melodia), ou um único acorde (do acompanhamento), mas uma tupla <nota, acorde> (Figura 5).

Suponhamos que as seqüências [C,A,F,E] e [C,C,F,G] são acompanhadas pelos acordes [Am,%F,E7] e [Am,F,E7,%], onde “%” indica que o acorde é mantido. Neste momento é observada a seqüência [E,A,F], para a qual será procurado um acompanhamento.



## References

O. Lartillot, S. Dubnov, G. Assayag and G. Bejerano. (2001) Automatic Modeling of Musical Style. In International Computer Music Conference, La Havana.

S. Dubnov, G. Assayag, and R. El-Yaniv. (1998) "Universal Classification Applied to Musical Sequences". In Proceedings of International Computer Music Conference, pp. 332-340.

Pachet. P. (2002) "The Continuator: Musical Interaction with Style". In ICMA, editor, Proceedings of ICMC, pp. 211-218.

Ziv J., Lempel A. (1977) "A Universal Algorithm for Sequential Data Compression", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 23, No. 3, pp. 337-343.